بررسی نقش بیوچار حاصل از پسماند بوته‌های بادمجان و ضایعات میگو بر برخی از ویژگی‌های پایداری خاک

رضوان مشتاق: *دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد مدیریت کنترل بیابان، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس*

نوازاله مرادی*: *استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران*

حمید غلامی: *دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران*

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱۸)

20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6

چکیده

تخریب و فرسایش، از چالش‌های جدی تهدیدکنندهٔ منابع آب و خاک است و یکی از مسائل به‌روز و قابل‌تأمل زیست‌محیطی در سطح جهان به شمار می‌رود. بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، یکی از روش‌های نوین کنترل فرسایش و تخریب مرسوم است که استفاده از اصلاحگرهای آلی نقش مهمی در این زمینه دارد. در این تحقیق با توجه به فراوانی ضایعات میگو و بادمجان در استان هرمزگان، استفاده از بیوچار این مواد برای اصلاح خاک قابل‌توجه قرار گرفت. نمونه‌های خاک مورد آزمایش، از اراضی کشاورزی اطراف بندرعباس به‌صورت دست‌نخورده با لوله‌های فشار قوی با ارتفاع ۲۵ و قطر ۲۰ سانتی‌متر تهیه شد. بیوچارهای تهیه‌شده نیز به‌صورت سوسپانسیون در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه غلظت (۰، ۴ و ۸ گرم در لیتر) در سه تکرار به نمونه‌های خاک اضافه شد و به مدت صد روز در رطوبت بین ظرفیت زراعی تا حدود پنجاه درصد آن در نهالستان نگهداری شد. سپس شاخص‌های MWD_{wet}، MWD_{dry}، PAD، BD و Ks اندازه‌گیری شد. تحلیل آماری و مقایسهٔ میانگین‌ها در سطح پنج درصد بین تیمارها، بر اساس تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار به افزایش MWD_{wet} و MWD_{dry} و کاهش BD، PAD و Ks معنی‌دار در سطح پنج درصد نسبت به شاهد در خاک موردنظر منجر شد. در غلظت‌های ۸ و ۴ گرم در لیتر بیوچار بادمجان، بیشترین مقدار MWD_{wet} و MWD_{dry} مشاهده شد و کمترین مقدار PAD مربوط به غلظت ۸ گرم در لیتر بیوچار بادمجان بود. کمترین مقدار BD نیز مربوط به غلظت ۸ گرم در لیتر هر دو نوع بیوچار (۱/۳۳) بود و مقدار Ks هم در غلظت ۴ گرم در لیتر میگو کمترین مقدار بود.

واژگان کلیدی: بادمجان، بیوچار، پایداری خاک، سوسپانسیون، ضایعات میگو.

* نویسنده مسئول: nvz.moradi@hormozgan.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

۱ـ مقدمه

امروزه اراضی کشاورزی و منابع طبیعی در اغلب مناطق خشک جهان، به دلیل عوامل مختلف در معرض تخریب و فرسایش است. کمبود پوشش گیاهی و به دنبال آن کاهش ماده آلی خاک در این مناطق، از عوامل تسریع فرایند تخریب است که با مدیریت درست ماده آلی خاک به‌عنوان پایه و اساس توسعهٔ پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، می‌توان از اثرات منفی وارد شده بر محیط پیرامون به‌طور قابل‌توجهی جلوگیری کرد. از اثرات نامطلوب ضایعات آلی کشاورزی و دریایی، مسئله تخریب محیط زیست است که پوسیدگی ناقص آن هر سه بخش محیط پیرامونی آب، خاک و هوا را در معرض تخریب قرار می‌دهد؛ در حالی‌که استفاده از فناوری‌های بیوشیمیایی مناسب به بازیابی این مواد غذایی برای استفاده در اراضی کشاورزی و منابع طبیعی منجر می‌شود (Soobhany et al, 2019). به همین منظور، در سال‌های اخیر استفاده از مواد زائد به‌عنوان اصلاح‌کننده‌های خاک، در کاربردهای زراعی و پروژه‌های احیای خاک بیشتر قابل‌توجه بوده‌است. افزودن این مواد به خاک با اهداف دفع زبالهٔ شهری و کشاورزی و از طرفی به‌عنوان وسیله‌ای برای بهبود خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک ـــ که به‌نوبهٔ خود به بهبود عملکرد محصول منجر می‌شود ـــ صورت می‌گیرد. مطالعات محققان نشان داده که استفاده از پیرولیز ضایعات ترکیبات آلی در شرایط فقدان اکسیژن یا محدودیت آن و تبدیل شدنش به بیوچار به‌عنوان یک راهکار، در بهبود شرایط مطلوب ویژگی‌های زیست‌محیطی محیط رشد گیاه یا خاک مؤثر است. بیوچار یک مادهٔ متخلخل، غنی از کربن و ریزدانه است که از گرمادهی بقایای آلی مانند ضایعات گیاهی، کودهای دامی و سایر ضایعات در دماهای دویست تا نهصد درجهٔ سانتی‌گراد، در محیطی فاقد اکسیژن یا با محدودیت اکسیژن به دست می‌آید (Lehmann et al, 2009) که عمدتاً از انواع آروماتیک کربن آلی تشکیل شده‌است و در مقایسه با کربن موجود در مواد اولیه در شرایط مساعد مانند آنچه در خاک وجود دارد، به‌راحتی به‌صورت دی‌اکسید کربن به اتمسفر برنمی‌گردد (Yang and Sheng, 2012) و به علت ویژگی‌های منحصربه‌فردی که دارد، از آن به‌عنوان اصلاح‌کنندهٔ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (Behnam et al, 2017) و بهبود دهندهٔ رشد گیاه (Abbasnasab et al, 2021) استفاده می‌شود.

نتایج مطالعات محققان نشان می‌دهد که مصرف بیوچار در خاک به بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند وزن مخصوص ظاهری، هدایت هیدرولیکی، پایداری خاکدانه‌ها، ساختمان خاک و سطح ویژه (Ouyang et al, 2013 & Mukherjee et al, 2014 & Herath et al, 2013 & Ibrahim et al, 2017 & Liang et al, 2006) ویژگی‌های شیمیایی خاک از قبیل قابلیت هدایت الکتریکی، pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و عناصر قابل‌جذب خاک (Liang et al, 2006 & Karami et al, 2011 & Farrell et al, 2013) و ویژگی‌های زیستی آن مانند فعالیت آنزیمی، فعالیت میکروبی، معدنی شدن عناصر، خروج گازهای گلخانه‌ای (Dempster et al, 2012 & Paz-Ferreiro et al, 2012) منجر می‌شود. مصرف بیوچار به افزایش سطح مواد آلی خاک به مدت طولانی منجر می‌شود و درنتیجه ویژگی‌های خاک را به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک بهبود می‌بخشد. بیوچار به دلیل سطح ویژهٔ زیاد و تراکم بار سطحی بالا، توانایی خاک را در نگهداری عناصر غذایی و آب قابل استفادهٔ گیاه افزایش و شستشوی عناصر غذایی و کودها را کاهش می‌دهد (Laird et al, 2010).

* نویسنده مسئول: nvz.moradi@hormozgan.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

Abrishamkesh و همکاران (۲۰۲۰) با هدف بررسی تأثیر بیوچار چوب زبان‌گنجشک و شلتوک برنج بر برخی از ویژگی‌های خاک در دو بافت لوم سیلتی و لوم نشان دادند که افزودن بیوچار، به کاهش ضریب آب‌گذری در بافت لوم سیلت و افزایش این ضریب در بافت لوم شده منجر می‌شود و پارامترهای پایداری خاک را در هر دو بافت لوم سیلت و لوم افزایش می‌دهد. مطالعهٔ مشابه دیگری در بررسی اثر بیوچار تولیدشده از خرده چوب با غلظت سه درصد، بر چگالی ظاهری و آب قابل‌دسترس در سه نوع خاک با بافت‌های لوم شنی، سیلتی لوم و لوم رسی انجام شد. نتایج نشان داد که افزودن بیوچار به خاک‌های لوم شنی، سیلتی لوم و لوم به ترتیب به افزایش ۹/۶، ۴/۲ و ۱/۹ درصدی آب قابل‌دسترس و کاهش ۱۳/۳، ۱۰/۳ و ۹/۹ درصدی چگالی ظاهری شد (Burrell et al, 2016). تأثیر بیوچار حاصل از برگ خرما بر ویژگی‌های فیزیکی خاک با بافت لوم شنی توسط Nowroozi و همکاران (۲۰۱۷) بررسی شد و نشان داد که بیوچار علاوه بر تأثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب، می‌تواند منافذ ذخیره و انتقال خاک را با تشکیل منافذ ثانویه، تغییر اندازه و تراکم خاکدانه‌های خاک افزایش دهد.

وزن مخصوص ظاهری نیز یک پارامتر فیزیکی خاک است که بیان کمی آن در بسیاری از مطالعات آب و خاک اهمیت زیادی دارد. افزودن بیوچار به کاهش چگالی ظاهری می‌انجامد (Chen et al, 2011 & Liang et al, 2006 & Obia et al, 2016 & Laird et al, 2010)؛ چراکه بیوچار با کاهش جرم خاک در واحد حجم خاک، علاوه بر آن به افزایش حجم منافذ خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری منجر شده‌است. بررسی Somerville و همکاران (۲۰۲۰) نشان می‌دهد که کاربرد بیوچار در خاک می‌تولندبه‌طور معنی‌داری‌به افزایش ضریب آب گذری و کاهش جرم مخصوص ظاهری در دو خاک با بافت‌های لوم رس شنی و شن لومی منجر شود. هر چند افزودن بیوچار، بر پایداری خاکدانه‌ها در هر دو خاک لوم رسی شنی و شنی لوم تأثیر معنی‌داری نداشت (Someville et al, 2020).

مطالعات زیادی روی تأثیر بیوچار بر ویژگی‌های هیدرولیکی انجام شده‌است؛ از جمله می‌توان به بررسی Lim و همکاران (۲۰۱۶) دربارهٔ اثر بیوچار حاصل از تراشهٔ چوب درخت کاج در چهار نوع بافت خاک شن درشت، شن ریز، لومی و رسی در سطوح ۱، ۲ و ۵ درصد وزنی بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک اشاره کرد که در آن، افزودن بیوچار به خاک شنی به کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع منجر شد، اما در خاک لومی و رسی، بیوچار به افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع منجر شد؛ به نحوی که افزودن پنج درصد بیوچار به خاک لومی و رسی به ترتیب افزایش ۱/۶ و ۲۲ درصدی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را در پی داشت؛ در حالی که در خاک‌های سبک و شنی با قرار گرفتن بیوچار بین منافذ ماکرو در مسیر مستقیم آب، پیچ‌خوردگی ایجاد شد واین امر به کندتر شدن حرکت آب و درنتیجه کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌های درشت‌دانه منجر شد (Lim et al, 2016 & Githinji, 2014 & Uzoma et al, 2011). در بررسی‌های دیگر، افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع در اثر افزودن بیوچار در خاک‌های رسی (اندازهٔ منافذ کوچک‌تر) مشاهده شد (Moutier et al, 2000 & Herath, 2012) که دلیل آن، افزایش تخلخل و افزایش حجم منافذ درشت و کاهش چگالی ظاهری در این خاک‌ها گزارش شده‌است (Laird et al, 2010). از طرفی، بیوچارها به دلیل داشتن سطح ویژهٔ بالا به تغییر توزیع اندازه ذرات و تخلخل خاک منجر می‌شود و میزان آب قابل‌دسترس گیاه را افزایش می‌دهد (Andrenelli et al, 2016).

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

ضایعات پوستهٔ میگو یکی از منابع اصلی مورداستفاده برای تهیهٔ کیتین است که محتوای آن تقریباً ۱۵-۴۰٪ از وزن خشک پوستهٔ میگو است (Kannan et al, 2018 & Yan et al, 2015). با این حال، فرایندهای شیمیایی متداول برای استخراج کیتین مضر و پرهزینه است و برای تولید سطح بالایی از آلودگی (Mao et al, 2017) برای حذف کربنات کلسیم و پروتئین موجود در پوستهٔ میگو، معمولاً از غلظت‌های زیاد اسیدکلریدریک (HCl) و هیدروکسید سدیم (NaOH) استفاده می‌شود. ترکیبات دارای پوسته‌های میگو، دارای غلظت بالای مواد غذایی است که می‌تواند به‌عنوان کود بسیار مطلوب باشد. مادهٔ کیتین بر روی سلامت گیاه اثر می‌گذارد و می‌تواند شرایط رشد قارچ را مختل و مکانیسم‌های دفاع طبیعی را در گیاهان فعال کند. از آنجا که سالانه مقدار زیادی از پوسته‌های میگو به‌عنوان ضایعات در استان‌های ساحلی تولید می‌شود، می‌توان از این ضایعات به بهترین نحو در زمینه‌های مختلف استفاده کرد.

سطح وسیعی از کشورهای آسیایی در مناطق گرمسیر و معتدل، زیر کشت بادمجان است (Bagheri, 2008)؛ به طوری که سطح زیر کشت این محصول در جهان، ۱/۸ میلیون هکتار و کل تولید آن ۳۲ میلیون تن است. سطح زیر کشت بادمجان در ایران، ۲۵ هزار هکتار با مجموع ۷۷۴ تن و متوسط عملکرد ۳۱/۶ تن در هکتار است (Bagheri, 2008). در ایران نیز در استان هرمزگان، بیش از ده هزار هکتار از اراضی زیر کشت بادمجان بود و میزان تولید سالانهٔ این محصول در این استان، ۴۷۶ هزار و ۲۵۰ تن است. بندرعباس، میناب و رودان، مهم‌ترین مناطق کشت بادمجان در استان به شمار می‌رود. شهرستان بندرعباس با سطح زیر کشت ۴ هزار و ۲۰۰ هکتار و میناب با سطح زیر کشت ۳ هزار و ۸۶۵ هکتار، بیشترین میزان کشت بادمجان را به خود اختصاص داده‌است (آمار منتشرشدهٔ سازمان جهاد کشاورزی استان هرمزگان ۹۹-۹۸) است؛ این در حالی است که پس‌مانده‌های حاصل از بوته‌های بادمجان سوزانده می‌شود و خطرات محیط زیستی را در پی دارد. بنابراین، اهمیت استفادهٔ بهینه از این پسماندها به‌عنوان اصلاح‌کنندهٔ خاک بیشتر مطرح می‌شود. بر این اساس، در این پژوهش به بررسی اثر سطوح مختلف بیوچار تولید شده از ضایعات میگو و بوته‌های بادمجان پس از برداشت محصول بر برخی خواص فیزیکی خاک پرداخته می‌شود.

۲ـ مواد و روش

۲ـ۱ـ نمونه‌های مورد آزمایش

مطالعهٔ انجام‌شده بر روی نمونه‌های دست‌نخوردهٔ خاک با بافت شنی ــ که از اطراف بندرعباس جمع‌آوری شده‌است ـــــ با ویژگی‌های ارائه شده در جدول ۱ انجام شد. برای نمونه‌برداری خاک، از لوله‌های پلیکای فشار قوی به ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و قطر ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد؛ به طوری که استوانه‌ها تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری از خاک پر شد و خاک اطراف لوله‌های پلیکا به‌وسیلهٔ بیلچه تخلیه و با احتیاط از زمین بیرون آورده شد. سپس زیر هرکدام از این لوله‌ها با پارچه‌ای محکم بسته شد تا خاک بیرون نریزد؛ بدین‌صورت، نمونه‌های خاک دست‌نخورده تهیه و به محل اجرای آزمایش (نهالستان باغو) منتقل شد. سپس هرکدام از لوله‌ها وزن شد و وزن خالص خاک به‌دست‌آمد و یادداشت شد. قبل از اعمال، ویژگی‌های خاک نیز بررسی شد که در جدول ۱ بیان شده‌است.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

جدول ۱: نتایج تجزیهٔ ویژگی‌های خاک نمونه شاهد

Texture	Na (meq/l)	Mg (meq/l)	Ca (meq/l)	K (mg/kg)	N (٪)	pH	EC (ds/m)
sand	۴/۵۳۳	۵/۵۳۳	۳۲/۰۳۳	۱۳۰	۰/۰۱۴	۸/۰۲۳	۳/۹۱۷

۲ـ۲ـ تهیهٔ بیوچارهای مورد استفاده

برای تهیهٔ بیوچار، ضـایعات میگو از بازار ماهی‌فروشـان بندرعباس جمع‌آوری شـد و برای از بین بردن نمک‌های موجود در آن، چندین بار با آب معمولی و درنهایت با آب مقطر شستشو داده شد. تفاله‌های بادمجان جمع‌آوری‌شده از مزارع اطراف بندرعباس نیز به قطعات ریز تبدیل شـد. سـپس نمونه‌های میگو و بادمجان هوا خشـک شـد و برای تهیهٔ بیوچار تحت شـرایط با محدودیت اکسـیژن در فویل‌های آلومینیمی دولایه ضـخیم پیچیده شـد و در کورهٔ الکتریکی در دمای ۴۵۰ درجه به مدت سه ساعت قرار گرفت (Kim et al, 2012).

۲ـ۳ـ اعمال تیمارها

بیوچار تولیدی به‌وسیلهٔ آسیاب برقی، آسیاب و از الک ۰/۲۵ میلی‌متری عبور داده شد. سپس سوسپانسیون‌هایی با غلظت چهار و هشت گرم در لیتر با آب مقطر تهیه شد. سوسپانسیون تهیه‌شده برحسب وزن مخصوص ظاهری و مقدار تخلخل خاک به هر ستون خاک بیوچارهای تهیه‌شده نیز به‌صورت سوسپانسیون در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه غلظت (۰، ۴ و ۸ گرم در لیتر) در سه تکرار به نمونه‌های خاک اضافه شد و به مدت صد روز در رطوبت بین ظرفیت زراعی تا حدود پنجاه درصد آن در نهالستان نگهداری شد. برای جلوگیری از خشک شدن و اثرگذاری بیشتر بیوچار، ذرات خاک با پلاستیک پوشانده و در محدودهٔ ظرفیت زراعی نگهداری شد و هر دو هفته یک‌بار در حدود شرایط ظرفیت زراعی آبیاری شد.

بعد از پایان دورهٔ صد روزهٔ استراحت به‌منظور اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی موردمطالعه، نمونه‌برداری خاک با کمترین دست‌خوردگی انجام و در زیر سایه هوا خشک شد. به‌منظور ارزیابی تأثیر بیوچارهای میگو و بادمجان بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی مؤثر بر پایداری خاکدانه‌ها شامل میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک خشک

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

(MWD_{dry})، میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک تر (MWD_{wet}) با استفاده از الک با قطرهای مختلف در تر و خشک (Kemper and Rosenau, 1986 & Yoder, 1936)، درصد تخریب خاکدانه (PAD) (wang et al, 2013 & Moradi et al, 2016)، وزن مخصوص ظاهری خاک (BD) به روش کلوخه (Grossman and Reinsch, 2002) و هدایت هیدرولیکی اشباع (KS) به روش هد ثابت، در آزمایشگاه آب‌وخاک دانشگاه هرمزگان اندازه‌گیری شد که توزیع اندازهٔ خاکدانه‌ها به دو روش الک تر و خشک (با استفاده از سری الک به ترتیب از بالا به پایین ۴/۷۵، ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر) تعیین شد (Yoder, 1936). برای محاسبهٔ میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از فرمول زیر استفاده شد:

$$MWD = \sum_{i=1}^{k} W(i)\bar{x}_i$$

k تعداد کلاس‌های اندازهٔ خاکدانه، X_i میانگین قطر دو الک متوالی (mm) و W(i) نسبت جرم خشک خاکدانه‌های روی هر الک i به جرم خشک کل خاکدانه‌های خاک است (Kemper and Rosenau, 1986).

درصد تخریب خاکدانه‌ها (PAD) نیز یکی دیگر از شاخص‌های مناسب برای ارزیابی ساختمان فیزیکی خاک است که بر اساس اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر و خشک (Kemper and Rosenau, 1986) به دست می‌آید که برای تعیین آن، جرم خاکدانه‌های بزرگ‌تر از اندازهٔ ۰/۲۵ میلی‌متر در دو حالت الک خشک (md) و تر (mw) تعیین و بر اساس رابطهٔ زیر مقدار PAD محاسبه شد (Wang et al, 2013 & Moradi et al, 2016) و هر چه میزان آن کمتر باشد، بیانگر پایدار بودن بیشتر خاکدانه‌ها است.

$$\mathrm{PAD} = \frac{\mathrm{md} - \mathrm{mw}}{\mathrm{md}} \times 100$$

۳ـ یافته‌ها (نتایج)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، حاکی از اختلاف آماری معنی‌دار بین همهٔ صفات مورد ارزیابی‌شده تحت‌تأثیر تیمارهای مختلف بیوچار بر ویژگی‌های فیزیکی اندازه‌گیری شدهٔ خاک از قبیل درصد تخریب خاکدانه (PAD)، هدایت هیدرولیکی (KS)، میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک خشک (MWD_{dry})، میانگین وزنی قطر خاکدانه به روش الک تر (MWD_{wet}) و وزن مخصوص ظاهری خاک (BD) در سطح احتمال آماری یک درصد، اختلاف آماری نشان دادند (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس میانگین برخی ویژگی‌های فیزیکی تحت‌تأثیر بیوچار

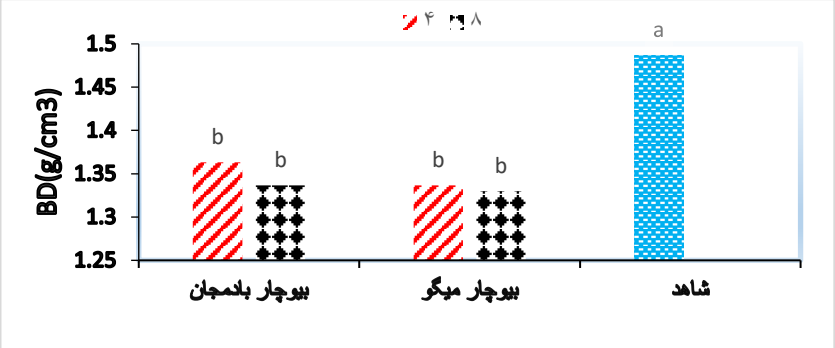
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		MWD_{dry}	MWD_{wet}	BD	KS	PAD
تیمار	۴	۰/۸۶۴**	۱/..۴**	۰/۰۱۳**	۸۹/۵۴۵**	۶۵۱/۸۳۷**
خطا	۱۰	۰/۰۲۹	۰/۱۲۱	۰/۰۰۱	۲/۶۷	۴۲/۳۹۸
ضریب تغییرات (٪)		۸/۱۸	۲۹/۲	۲/۳	۱۴/۸	۱۶/۱۹۹

**,*,ns به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

۳-۱- تأثیر سطوح مختلف بیوچار بر میزان وزن مخصوص ظاهری خاک

نتایج مقایسهٔ میانگین حاصل از آزمون دانکن نشان داد که کاربرد غلظت‌های مختلف بیوچار در همهٔ تیمارها، به کاهش وزن مخصوص ظاهری منجر شد (شکل ۱) و بیشترین مقدار این وزن، مربوط به تیمار شاهد (۱/۴۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بود که تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) با تمامی تیمارهای مورداستفاده داشت. از بین غلظت‌های مختلف مواد اصلاحی، کمترین مقدار وزن مخصوص ظاهری مربوط به سوسپانسیون هشت گرم در لیتر بیوچار میگو (۱/۳۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بود (شکل ۱). هر چند افزایش غلظت هر دو نوع بیوچار بادمجان و میگو، روند کاهشی مقدار وزن مخصوص ظاهری را نشان داده‌است؛ با این حال، بین تمامی تیمارهای مختلف بیوچار اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار وزن مخصوص ظاهری مشاهده نشد.



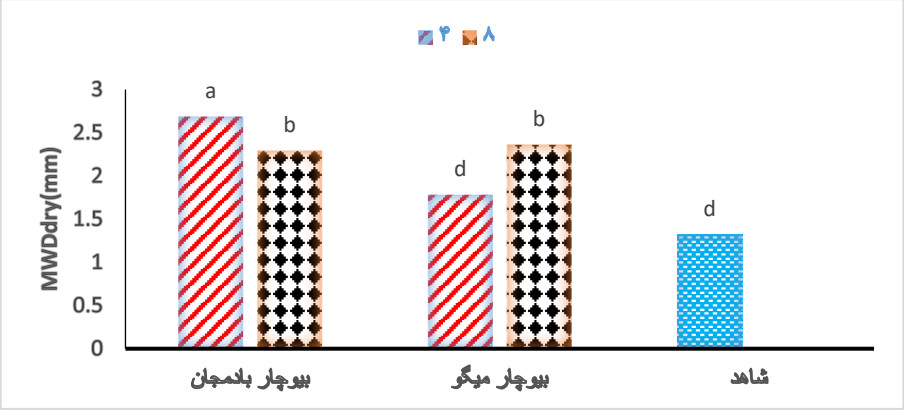
شکل ۱: اثر غلظت‌های مختلف ۴ و ۸ گرم در لیتر بیوچار بر وزن مخصوص ظاهری خاک

* میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه‌اند، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۳-۲- تأثیر سطوح مختلف بیوچار بر میزان میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک

کاربرد غلظت‌های مختلف بیوچار در همهٔ تیمارها، با بهبود خاکدانه‌سازی به افزایش MWD_{dry} خاک نسبت به تیمار شاهد بدون هرگونه مادهٔ اصلاحی منجر شد (شکل ۲) و کمترین مقدار MWD_{dry} خاک، مربوط به تیمار شاهد (۱/۳۲ میلی‌متر) بود که تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) با تمامی تیمارهای مورد استفاده داشت. از بین غلظت‌های مختلف مواد اصلاحی، بیشترین مقدار MWD_{dry} مربوط به سوسپانسیون با غلظت چهار گرم در لیتر بیوچار بادمجان (۲/۶۹ میلی‌متر) بود که مقدار MWD_{dry} خاک را به میزان دو برابر افزایش داد (شکل ۲). بین غلظت‌های مشابه چهار و هشت گرم در لیتر، بیوچار میگو و بادمجان تفاوت معنی‌داری را از نظر مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه در حالت خشک نشان داده‌است. از طرفی، افزایش غلظت سوسپانسیون بیوچار میگو و بادمجان از چهار به هشت گرم در لیتر، روند یکسانی را در مقدار MWD_{dry} نشان نداد؛ به طوری که افزایش غلظت بیوچار در بادمجان به کاهش معنی‌دار مقدار MWD_{dry} و در بیوچار میگو به افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۵) مقدار MWD_{dry} در خاک موردمطالعه منجر شد.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

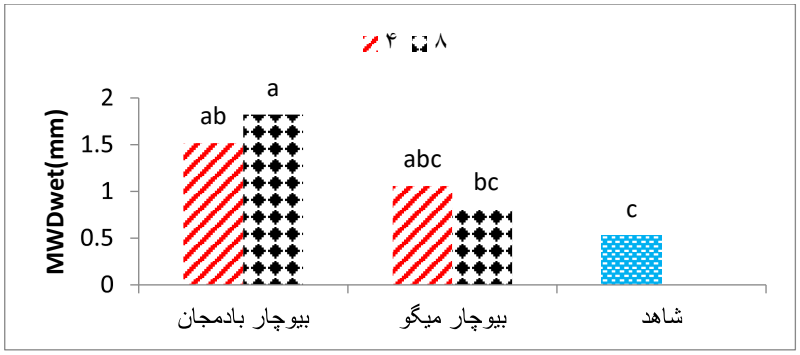


شکل ۲: اثر غلظت‌های مختلف ۴ و ۸ گرم در لیتر بیوچار بر مقدار MWD_{dry}

* میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه‌اند، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۳-۳- تأثیر سطوح مختلف بیوچار بر میزان میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر خاک

کاربرد غلظت‌های مختلف بیوچار در همهٔ تیمارها،به افزایش MWD_{wet} منجر شد (شکل ۳) و کمترین مقدار MWD_{wet} خاک، مربوط به تیمار شاهد (0/527 میلی‌متر) بود که تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) با تمامی تیمارهای مورداستفاده داشت. از بین غلظت‌های مختلف مواد اصلاحی، بیشترین مقدار MWD_{wet} مربوط به سوسپانسیون با غلظت هشت گرم در لیتر بیوچار بادمجان (1/82 میلی‌متر) بود که نسبت به تیمار شاهد بدون هرگونه مادهٔ اصلاحی، مقدار MWD_{wet} را ۳.۴۵ برابر افزایش داده‌است (شکل ۳). مقایسهٔ میانگین به‌دست‌آمده از آزمون دانکن در زمینهٔ تأثیر دو نوع بیوچار بادمجان و میگو بر میانگین وزنی قطر خاکدانه نشان داد که بین غلظت‌های چهار و هشت گرم در لیتر، بیوچار میگو و بادمجان به‌صورت جداگانه اختلاف معنی‌داری نداشت. از طرفی، افزایش غلظت سوسپانسیون بیوچار بادمجان به افزایش MWD_{wet} منجر شد؛ در حالی که بیوچار میگو، در مقدار MWD_{wet} روند کاهشی را نشان داده‌است؛ با این حال، هر چند افزودن بیوچار میگو به خاک به افزایش مقدار MWD_{wet} منجر شده، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد بدون مادهٔ اصلاحی نشان نداده‌است (شکل ۳).



شکل ۳: اثر غلظت‌های مختلف ۴ و ۸ گرم در لیتر بیوچار بر مقدار MWD_{wet}

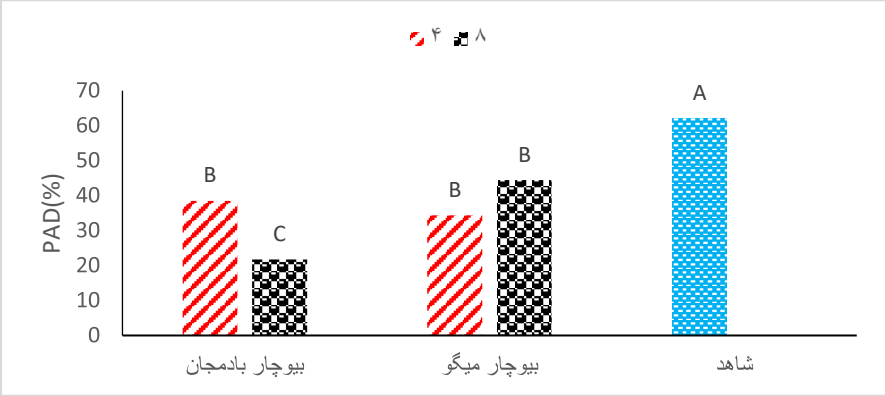
* میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه‌اند، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۳-۴- تأثیر سطوح مختلف بیوچار بر میزان درصد تخریب خاکدانه (PAD) خاک

نتایج مقایسهٔ میانگین کاربرد غلظت‌های مختلف سوسپانسیون بیوچار میگو و بادمجان بر مقدار درصد تخریب

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

خاکدانه در همهٔ تیمارها، به کاهش PAD منجر شد (شکل ۴) و بیشترین مقدار PAD خاک، مربوط به تیمار شاهد (۶۱.۹۳ درصد) بود که با تمامی تیمارهای بیوچار مورداستفاده تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) داشت. از بین غلظت‌های مختلف مواد اصلاحی، کمترین مقدار PAD مربوط به سوسپانسیون با غلظت هشت گرم در لیتر بیوچار بادمجان (۲۱/۷۳ درصد) بود که مقدار PAD را ۶۵ درصد کاهش داد (شکل ۴). تغییرات PAD با افزایش غلظت در بیوچار میگو و بادمجان روند یکسانی ندارد؛ به طوری که در بیوچار بادمجان با افزایش غلظت، درصد تخریب با روند کاهشی معنی‌دار روبرو شده؛ در حالی که در بیوچار میگو روند افزایشی نشان داده‌است؛ هر چند که این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نیست. از طرفی، بین غلظت‌های مشابه چهار و هشت گرم در لیتر بیوچار، فقط در غلظت هشت گرم در لیتر بیوچار میگو و بادمجان تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. به نظر می‌رسد افزودن بیوچار با بهبود خصوصیات خاک و افزایش پارامترهای پایداری خاک MWD_{wet} و MWD_{dry} به کاهش تخریب خاکدانه‌ها منجر شده‌است که با نتایج Moradi و همکاران (2016) ـــــ که افزودن مواد اصلاحی نانو و اسید هیومیک به کاهش درصد تخریب منجر شده‌است ـ هماهنگی دارد.



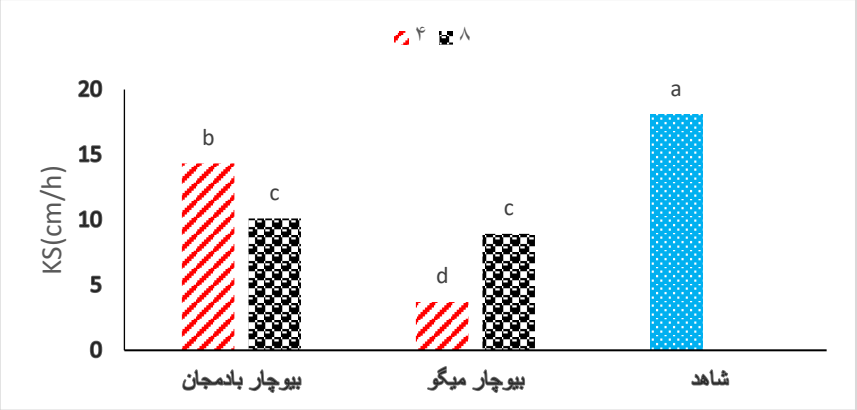
شکل ۴: اثر غلظت‌های مختلف بیوچار بر وزن درصد تخریب خاکدانه (PAD)

* میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه‌اند، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۳ـ۵ـ تأثیر سطوح مختلف بیوچار بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع

مقایسهٔ میانگین به‌دست‌آمده از آزمون دانکن نشان داد که کاربرد غلظت‌های مختلف بیوچار در همهٔ تیمارها، به کاهش هدایت هیدرولیکی خاک منجر شد (شکل ۵). بیشترین مقدار هدایت هیدرولیکی خاک مربوط به تیمار شاهد (۱۸/۰۷ سانتیمتر بر ساعت) بود که با تمامی تیمارهای مورد استفاده تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) داشت. از بین غلظت‌های مختلف مواد اصلاحی، کمترین مقدار هیدرولیکی مربوط به سوسپانسیون با غلظت چهار گرم در لیتر بیوچار میگو (۳/۷ سانتیمتر بر ساعت) بود که مقدار هدایت هیدرولیکی آن نسبت به تیمار شاهد، ۷۹/۵ درصد کاهش یافت (شکل ۵). از طرفی افزایش غلظت دو نوع بیوچار بادمجان و میگو، در تغییرات هدلیت هیدرولیکی روند یکسانی نداشت؛ به طوری که افزایش غلظت بیوچار بادمجان روند کاهشی را در هدایت هیدرولیکی نشان داد؛ در حالی که بیوچار میگو روند افزایشی داشت. با این حال، بین غلظت‌های متفاوت هر دو تیمار اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده شد. نتایج بین غلظت‌های مشابه بیوچار بادمجان و میگو بیانگر این است که بیوچار بادمجان در هر دو غلظت، هدایت هیدرولیکی بیشتری نشان داده‌است؛ اما فقط بین غلظت مشابه چهار گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده شد.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]



شکل ۵: اثر غلظت‌های مختلف ۴ و ۸ گرم در لیتر بیوچار بر مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع

* میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه‌اند، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۶ـ بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، اثر سطوح مختلف مادهٔ اصلاحی سوسپانسیون بیوچار ضایعات میگو و بادمجان بر برخی از شاخص‌های پایداری خاک بررسی شد. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف بیوچار میگو و بادمجان، به افزایش MWD_{wet} منجر می‌شود که به نظر می‌رسد دلیل این افزایش، وجود هسته‌های آلی موجود در بیوچار است که از طریق آن، ذرات معدنی موجود در خاک از طریق فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی به‌عنوان ملات، به چسبیده شدن ذرات ریزتر و تشکیل خاکدانه‌های پایدار و درشت‌تر منجر می‌شود. در این رابطه Nasimi و همکاران (2020) بر اثر لیگلندهای آلی موجود در بیوچار و پیوند آنها با کاتیون‌های چند ظرفیتی در سطح خاک و نقش آنها در تشکیل خاکدانه‌های درشت پایدار تأکید کردند. بررسی‌های دیگر محققان بیانگر این است که MWD_{wet} شاخصی حساس از پایداری و مقاومت ساختمان خاک است که با افزایش مقدار مصرف بیوچار بدون در نظر گرفتن بافت و مقدار کربن آلی اولیهٔ خاک، مقدار MWD_{wet} افزایش می‌یابد (Blanco-Canqui, 2017). همچنین Burrell و همکاران (۲۰۱۶) ثابت کردند که بیوچار، میزان MWD_{wet} را در خاک با شن زیاد بیش از خاک رسی و سیلتی افزایش می‌دهد؛ به این دلیل که ذرات آلی بیوچار ممکن است پیوند بین ذرات درشت را بهبود و خاکدانه‌سازی را در خاک درشت‌بافت افزایش دهد. Le Bissonnais (۱۹۹۶)، پایداری خاکدانه‌ها را بر اساس MWD در پنج کلاس طبقه‌بندی کرد: ۱. خیلی پایدار MWD بیش از ۲ میلی‌متر؛ ۲. پایدار ۲> MWD>۱/۳ میلی‌متر؛ ۳. پایداری متوسط ۱/۳ > MWD> ۰/۸ میلی‌متر؛ ۴. ناپایدار ۰/۴ > MWD> ۰/۸ میلی‌متر و ۵. بسیار ناپایدار ۰/۴ > MWD میلی‌متر (Le Bissonnais,1996). بر اساس این طبقه‌بندی، تیمارهای غلظت‌های چهار و هشت گرم در لیتر بیوچار بادمجان در محدودهٔ طبقه‌بندی پایدار (۱/۳ تا ۲ میلی‌متر) و تیمارهای غلظتی بیوچار میگو در محدودهٔ متوسط (۰/۸ تا ۱/۳ میلی‌متر) قرارگرفت؛ با این حال، نسبت به تیمار شاهد پایداری بیشتری داشت.

از طرفی سطوح مختلف بیوچار ضایعات میگو و بادمجان، به افزایش مقدار MWD_{dry} در خاک مورد مطالعه منجر شد. می‌توان افزایش MWD_{dry} را به‌عنوان یکی از شاخص‌های بهبود ساختمان خاک در هر دو نوع بیوچار میگو و بادمجان، به ساختار ویژه این ترکیب آلی نسبت داد؛ به طوری که کربن آلی بیوچار موجود در خاک، با پیوندهای شیمیایی و تشکیل پل‌های ارتباطی بین ذرات خاک به‌عنوان عامل پیونددهنده، به افزایش پیوند پایدار بین ذرات خاک و افزایش خاکدانه‌سازی و تشکیل خاکدانه‌های پایدار منجر می‌شود. مطالعات انجام‌شده نشان داد که بیوچار به علت

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

کربن زیاد، به تشکیل خاکدانه‌ها و پایداری آن به میزان قابل‌توجهی منجر شده‌است. همچنین کاربرد بیوچار به علت داشتن ساختار متخلخل، شبکهٔ منافذ و ساختمان خاک را با گذشت مدت‌زمان تقویت می‌کند و بر جریان آب‌وهوا تأثیرگذار است (Schjønning et al, 2004). نتایج تحقیقات Major و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان داد که اتصال ذرات خاک به سبب اضافه کردن بیوچار، به افزایش جرم و حجم خاکدانه‌ها منجر می‌شود و میزان مقاومت برشی خاک را در مقابل تنش‌های برشی افزایش می‌دهد که با بررسی انجام‌شده در زمینهٔ اثر بیوچار میگو و بادمجان هماهنگی دارد.

تأثیر تیمارهای مختلف بیوچار میگو و بادمجان در کاهش مقدار درصد تخریب خاکدانه‌ها، وابسته به نقش عوامل مختلف شیمیایی و فیزیکی در تشکیل خاکدانه‌های پایدار است که به اتصال پایدار ذرات خاک در خاکدانه منجر شده و درنهایت، بر روی میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها اثرگذار است. تشکیل خاکدانه‌های پایدار، به کاهش درصد تخریب (PAD) خاکدانه‌ها تحت‌تأثیر نیروهای وارده به آن منجر شده که کمترین میزان تخریب نیز مربوط به غلظت هشت درصد بیوچار بادمجان است. این نتایج با بررسی Moradi و همکاران (2016) در زمینهٔ اثر مواد اصلاحی نانو اکسید آلومینیم و سیلیسیم بر کاهش درصد تخریب خاکدانه همخوانی دارد. از طرفی، Amiri Khaboushan و همکاران (۲۰۱۶) نیز کاهش درصد تخریب خاکدانه را با کاربرد پلی‌اکریل‌آمید و وتیور تأیید کرده‌اند.

علت کاهش وزن مخصوص ظاهری در اثر کاربرد تیمارهای مختلف بیوچار ضایعات میگو و بادمجان را در خاک شنی موردمطالعه، به این صورت نیز می‌توان بیان کرد که افزایش بیوچار به‌عنوان ترکیب آلی، میزان و توزیع اندازه منافذ خاک و تخلخل خاکِ با بافت شنی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد؛ به همین دلیل، به کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک منجر شده‌است (Devereux et al, 2013). از طرفی، بیوچار به‌عنوان یک ماده آلی می‌تواند به افزایش جرم و حجم خاکدانه‌ها منجر شود. درنتیجه با افزایش حجم کل خاکدانه به کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شنی منجر می‌شود. نتایج بررسی Soltani Mohammadi و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار بیوچار باگاس نیشکر به دو علت می‌تواند اتفاق افتد؛ یکی مخلوط شدن خاک با ماده‌ای با جرم مخصوص کمتر است و دیگری، اثر افزایش ماده آلی خاک در اثر کاربرد بیوچار (Soltani Mohammadi et al, 2019). ماده آلی به بهبود ساختمان خاک و تشکیل خاکدانه‌های پایداری منجر می‌شود و از این طریق، جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. Abel و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که دلیل اصلی کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در پی مصرف بیوچار، شکل‌گیری خاکدانه‌ها و افزایش منافذ خاک است. بر همین اساس، افزایش منافذ خاک تحت‌تأثیر مواد آلی موجود در بیوچار به کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک منجر می‌شود (Devereux et al, 2013). علاوه بر این، مطالعهٔ Obia و همکاران (2016) در زمینهٔ اثر بیوچار بلال ذرت در خاک لوم شنی، چگالی ظاهری را سه تا پنج درصد به ازای هر درصد بیوچار اضافه‌شده، کاهش و تخلخل خاک را دو درصد به ازای هر درصد بیوچار اضافه‌شده، افزایش داده‌است. مطالعهٔ Razzaghi, and Rezaie (۲۰۱۷) نیز نشان دادند که کاربرد بیوچار کاه کلش در بافت‌های مختلف، مقدار وزن مخصوص ظاهری را کاهش داده که اثر بیوچار میگو و بادمجان را بر کاهش وزن مخصوص ظاهری تأیید می‌کند.

در زمینهٔ هدایت هیدرولیکی، کاربرد تیمارهای غلظتی مختلف بیوچار ضایعات میگو و بادمجان به کاهش مقدار آن در خاک شنی منجر شده‌است.به نظر می‌رسد که افزودن هر دو نوع بیوچار-بادمجان و میگو از طریق افزایش

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

خاکدانه‌های پایدارتر در شـرایط خشـک و تر و کاهش وزن مخصـوص ظاهری، به تغییر توزیع منافذ و کاهش میزان منافذ درشـت و افزایش منافذ ریز در بافت شـنی منجر شـده‌اسـت. در نتیجه، به کاهش معنی‌دار هدایت هیدرولیکی اشـباع نسـبت به حالت شـاهد بدون هرگونه مادهٔ اصـلاحی منجر شـده‌اسـت. در همین زمینه، مطالعات Nowroozi و همکاران (۲۰۱۷) در زمینهٔ تأثیر بیوچار حاصـل از برگ خرما بر ویژگی‌های فیزیکی خاک با بافت لوم شـنی نشـان داد که بیوچار علاوه بر تأثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری، می‌تواند منافذ ذخیره و انتقال خاک را با تشـکیل منافذ ثانویه و تغییر اندازه و تراکم خاکدانه‌های خاک افزایش دهد؛ بنابراین، مؤید تغییر منافذ ذرات در مطالعه بوده که به کاهش هدایت هیدرولیکی منجر شـده‌اسـت. نتایج بررسـی Wang و همکاران (۲۰۲۱) بر تأثیر بیوچار بر یک خاک رسـی نشـان داد که بیوچار به کاهش وزن مخصـوص ظاهری منجر شـده و از طرفی با افزایش منافذ درشـت‌تر، هدایت هیدرولیکی را نیز افزایش داده‌اسـت. این امر با مطالعهٔ حاضـر که به کاهش هدایت هیدرولیکی منجر شـده‌اسـت، همخوانی ندارد و این مغایرت هم تأییدی اسـت بر اثر بیوچار بر ویژگی‌های خاک در بافت‌های متفاوت شـنی و رسـی. Lim و همکاران (2016) نیز در بررسـی اثر بیوچار حاصـل از تراشـهٔ چوب درخت کاج در چهار نوع بافت خاک شـن درشـت، شـن ریز، لومی و رسـی در سـطوح مختلف مشـاهده کردند که افزودن بیوچار به دو خاک شـن ریز و درشـت به کاهش هدایت هیدرولیکی اشـباع منجر شـده‌اسـت. اما در خاک لومی و رسـی، بیوچار به افزایش هدایت هیدرولیکی اشـباع منجر شد که در زمینهٔ خاک شنی با مطالعهٔ انجام‌شده همخوانی دارد.

به‌طورکلی، نتایج حاصـل از این پژوهش بیانگر اثر مثبت بیوچار حاصـل از ضـایعات میگو و بادمجان بر ویژگی‌های خاک شنی است که می‌توان از آن به‌عنوان اصلاح‌گر خاک‌های فقیر و در معرض فرسایش استفاده کرد. علاوه بر این، می‌توان از آن به‌عنوان یکی از روش‌های مدیریت و اصلاح خاک‌های زراعی، در جهت افزایش پایـدار مـاده آلـی خاک و بهبود ویژگی‌های شـیمیایی و فیزیکی برای رشـد هر چه بهتر گیاه اسـتفاده کرد و حاصـلخیزی خـاک را افـزایش داد. بنابراین، با توجه به وجود ضایعات فراوان پسماند میگو و بوته‌های بادمجان می‌توان از این مواد به‌صورت بیوچار فرآوری کرد و آن را در بهبود ویژگی‌های خاک به کار برد.

منابع

1. Abbasnasab, Z.; Abedi, M.; & S. E. Sadati, 2021. Effect of biochar on some morphological and physiological traits in Medicago sativa and Bromus tomentellus, *j.plant proc. func*, 10, (41),145-156. (in Persian).

2. Abel, S.; Peters, A.; Trinks, S.; Schonsky, H.; Facklam, M.; & g. Wessolek, 2013. Impact of Biochar and hydrochar Addition on Water Retention and Water Repellency of Sandy soil, *Geoderma*, 202(203), 183-191.

3. Abrishamkesh, S.; Fazeli Sangani, M.; Ramezanpour, H.; Nowroozi, M.; & A. Shaabani, 2020. Effect of biochar suspension application on physicochemical properties of two erosion-prone soils, *Environmental Erosion Research*, 10(1), 58-78. (in Persian).

4. Amiri Khaboushan, E.; Emami, H.; Astaraei, A. R.; & M. R. Mosaddeghi, 2016. Comparing the Effects of Vetiver and Polyacrylamide on Soil Structural Stability and Erosion Indices, *Environmental Erosion Research*, 6(3), 71-90. (in Persian).

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

5. Andrenelli, M. C.; Maienza, A.; Genesio, L.; Miglietta, F.; Pellegrini, S.; Vaccari, F. P.; & N. Vignozzi, 2016. Field application of pelletized biochar: Short-term effect on the hydrological properties of a silty clay loam soil, *Agricultural Water Management*, 163, 190-196.
6. Bagheri, M., 2008. Eggplant Technical Journal. (in Persian).

7. Behnam, H.; Farrokhian Firouz, A.; & A. Moezzi, 2017. Effect of biochar and compost sugarcane bagasse on some soil mechanical properties, *Journal of Water and Soil Conservation*, 23(4), 235-250.
8. Burrell, L. D.; Zehetner, F.; Rampazzo, N.; Wimmer, B.; & G. Soja, 2016. Long-term effects of biochar on soil physical properties, *Geoderma*, 282, 96-102.
9. Chen, H. X.; Du, Z. L.; Guo, W.; & Q. Z. Zhang, 2011. Effects of biochar amendment on cropland soil bulk density, cation exchange capacity, and particulate organic matter content in the North China Plain, *The Journal of Applied Ecology*, 22, 2930-2934.
10. Dempster, D. N.; Gleeson, D. B.; Solaiman, Z. M.; Jones, D. L.; & D. V. Murphy, 2012. Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralization with eucalyptus biochar addition to a coarse-textured soil, *Plant and Soil*, 354, 311-324.

11. Devereux, R. C.; Sturrock, C. J.; & S. J. Mooney, 2013. The Effects of Biochar on Soil Physical Properties and Winter Wheat Growth, *Journal of Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 103(1), 13-18.
12. Farrell, M.; Kuhn, T. K.; Macdonald, L. M.; Maddern, T. M.; Murphy, D. V.; Hall, P. A.; Singh, B. P.; Baumann, K.; Krull, E. S.; & J. A. Baldock, 2013. Microbial utilization of biochar derived carbon, *Science of the Total Environment*, 465, 288-297.
13. Fleming, D. A.; Karlen, P. D.; Wang, D. L.; & R. Horton, 2010. Biochar impact on nutrient leaching from Midwestern agricultural soil, *Geoderma*, 158, 436-442.
14. Githinji, L., 2014. Effect of biochar application rate on soil physical and hydraulic properties of a sandy loam, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60, 457-470.
15. Glab, T.; Palmowska, J.; Zaleski, T.; & K. Gondek, 2016. Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil, *Geoderma*, 281, 11-20.
16. Grossman, R. B., & T. G. Reinsch., (2002). Bulk density and linear extensibility. p. 202-228. In- J.H. Dane and G.C. Topp (eds.) Methods of soil analysis, Part 4. Physical methods. Soil Sci. Am. Book Series No. 5. ASA and SSSA, Madison, WI.
17. Herath, H. M.; Arbestain, M. C.; & M. Hedley, 2013. Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: an Alfisol and an Andisol, *Geoderma*, 209-210,188-197.
18. Ibrahim, A.; Usman, A. R. A.; Al-Wabel, M. I.; Nadeem, M.; Ok, Y. S.; & A. Al- Omran, 2017. Effects of Conocarpus biochar on hydraulic properties of calcareous sandy soil: influence of particle size and application depth, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(2), 185-197.
19. Kannan, S.; Gariepy, Y.; & G. S. V. Raghavan, 2018. Conventional Hydrothermal Carbonization of Shrimp Waste, *Energy Fuels*, 32, 3532-3542.
20. Karami, N.; Clemente, R.; Jimenez, E. M.; Lepp, N. W.; & L. Beesley, 2011. The efficiency of green waste compost and biochar soil amendments for reducing lead and copper mobility and uptake to ryegrass. Journal of Hazardous Materials 191:41–48
21. Kemper, W. D., & R. C. Rosenau., (1986). Size distribution of aggregates. In Klute, A. (Ed). Methods of Soil Analysis Part 1, second ed., Agron. Monogr. 9. ASA-SSSA. Madison, WI: 425-442.
22. Kim, K. H.; Kim, J.-Y.; Cho, T.-S.; & J. W. Choi, 2012. Influence of pyrolysis temperature on physicochemical properties of biochar obtained from the fast pyrolysis of pitch pine (Pinus rigida), *Bioresource technology*, 118, 158-162.
23. Laird, D. A.; Rogovska, N. P.; Garcia-Perez, M.; Collins, H. P.; Streubel, J. D.; & M. Smith, 2010. Pyrolysis and biochar opportunities for distributed production and soil quality enhancement. *In*: Braun R. Karlen D. and Johnson D. Sustainable alternative fuel feedstock

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

opportunities, challenges and roadmaps for six U. S. regions. Proceedings of the Sustainable Feedstocks for Advanced Biofuels Workshop, pp. 257-281.
24. Le Bissonnais, Y., 1996. Aggregate stability and assessment of soil crushability and erodibility: I. Theory and methodology, *European Journal of Soil Science*, 47, 425 - 435.
25. Lehmann, J., & S. Joseph., (2009). Biochar for environmental management- an introduction. In: Lehmann J. and Joseph S. (Eds). Biochar for environmental management: Science and Technology, Earthscan, London, pp. 1–11.
26. Liang, B.; Lehmann, J.; Solomon, D.; Kinyangi, J.; Grossman, J.; O'Neill, B.; Skjemstad J. O.; Theis, J.; Luizao, F. J.; Peterson, J.; & E. G. Neves, 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils, *Soil Science Society of America Journal*, 70,1719-1730.
27. Lim, T. J.; Spokas, K. A.; eyereisen, G. F.; & J. M. Novak, 2016. Predicting the impact of biochar additions on soil hydraulic properties, *Chemosphere*, 142,136-144.
28. Liu,WJ.; Jiang, H.; & H. Q. Yu, 2019. Emerging applications of biochar-based materials for energy storage and conversion, *Energy Environ. Sci*, 12, 1751.
29. Major, J.; Lehmann, J.; Rondon, M.; & C. Goodale, 2010. The fate of soil-applied black carbon: downward migration, leaching, and soil respiration, *Global Change Biology*, 16, 1366-1379.
30. Mao, X.; Guo, N.; Sun, J.; & C. Xue, 2017. Comprehensive utilization of shrimp waste based on biotechnological methods: A review. J, *CleanerProd*, 143, 814-823.
31. Moradi, N.; Emami, H.; Astaraei, A. R.; Fotvat, A.; & B. Ghahreman, 2016. The effect of nanoparticles of Aluminum oxide, Silicon oxide on soil structural stability indicators, *Journal of Water and Soil Conservation*, 23(5), 253-265. (in Persian)
32. Moutier, M.; Shainberg, I.; & G. J. Levy, 2000. Hydraulic gradient and wetting rate effects on the hydraulic conductivity of two calcium vertisols, *Soil Science Society of America Journal*, 64, 1211-1219.
33. Mukherjee, A.; Lal, R.; & A. R. Zimmerman, 2014. Effects of biochar and other amendments on the physical properties and greenhouse gas emissions of an artificially degraded soil, *Science of the Total Environment*, 487, 26-36.
34. Nasimi, P.; Karimi, A.; & Z. Gerami, 2020. Long-Term Effects of Palm Leaf Biochar on the Porosity and Structure Stability of a Sandy Clay Loam Soil, *Iranian Journal of Soil Research*, 34(2), 199-214. (in Persian)
35. Nowroozi, M.; Tabatabae, S. H.; a Nouri, M. R.; & H. Motaghian, 2017. Short-term effects of biochar produced from date palm's leaves on moisture retention in sandy loam soil, *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 6(2), 137-150. (in Persian)
36. Obia, A.; Mulder, J.; Martinsen, V.; Cornelissen, G.; & T. Børresen, 2016. In situ effects of biochar on aggregation, water retention, and porosity in light-textured tropical soils, *Soil and Tillage Research*, 155, 35-44.
37. Ouyang, L.; Wang, F.; Tang, J.; Yu, L.; & R. Zhang, 2013. Effects of biochar amendment on soil aggregates and hydraulic properties, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13, 991-1002.
38. Paz-Ferreiro, J.; Gasco, G.; Gutiérrez, B.; & A. Mendez, 2012. Soil biochemical activities and the geometric mean of enzyme activities after application of sewage sludge and sewage sludge biochar to soil, *Biology and Fertility of Soils*, 48, 511-517.
39. Razzaghi, F., & N. Rezaie., (2017). Effects of different levels of biochar on soil physical properties with different textures. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*. 7(1), 75-88.
40. Schjønning, P.; Munkholm, L. J.; & S. Elmholt, 2004. Soil quality in organic. Book of abstracts Euro soil. Farming effects of crop rotation animal manure and soil compaction.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

41. Soobhany, N., 2019. Insight into the recovery of nutrients from organic solid waste through biochemical conversion processes for fertilizer production: A review, *Journal of Cleaner Production*, 241, 118413.
42. Soltani Mohammadi, A.; khodarahmi, Y.; boroomand nasab, S.; & A. Nasseri, 2019. Evaluation of Modified biochar and Zeolite Effect on Some Physical and Chemical Properties of loamy Soil, *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 8(4), 87-102.
43. Somerville, P. D.; Farrell, C.; May, P. B.; & S. J. Livesley, 2020. Biochar and compost equally improve urban soil physical and biological properties and tree growth, with no added benefit in combination, *Science of The Total Environment*, 706, 135736.
44. Uzoma, K. C.; Inoue, M.; Andry, H.; Fujimaki, H.; Zahoor, A.; & E. Nishihara, 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil conditions, *Soil use and Management*, 27, 205-212.
45. Wang, k.; Zhang, X.; Sun, C.; Yang, k.; Zheng, J.; and J. Zhou, 2021. Biochar application alters soil structure but not soil hydraulic conductivity of an expansive clayey soil under field conditions, *Journal of Soils and Sediments*, 21, 73-82.
46. Wang, F.; Tang, Y. A.; Zhang, J. S.; Gao, P. C.; & J. N. Coffie, 2013. Effects of various organic materials on soil aggregate stability and soil microbiological properties on the Loess Plateau Of China, *Plant Soil Environment*, 59(4),162-168.
47. Yan, N., & X. Chen., (2015). Sustainability: Don’t waste seafood waste. 524, 155−157.
48. Yang, H., & K. Sheng., (2012). Characterization of biochar properties affected by different pyrolysis temperatures using visible near-infrared spectroscopy. International Scholarly Research Network Spectroscopy.
49. Yoder, R. E., 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses, *Journal of American Society Agronomy*, 28, 337-351.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

Investigation of the role of biochar from eggplant plant residues and shrimp waste on some soil stability characteristics

Rezvan Moshtag: *MSc Graduate of Desert Control Management, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Natural Resources and Agriculture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.*
Navazollah Moradi[1]: *Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Natural Resources and Agriculture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.*
Hamid Gholami: *Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Natural Resources and Agriculture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.*

Article History (Received: 2021/11/19 **Accepted:** 2021/12/9**)**

Extended abstract

1- Introduction

Physical properties are one of the most important soil properties that affect other aspects of soil such as erosion and water infiltration into the soil. One way to improve soil properties is to use modifiers. Biochar is one of the modifiers based on organic matter that can play an important role in soil properties and the results of research studies have shown the effect of biochar on the physical and chemical properties of soil. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of Shrimp and eggplant waste biochar suspension on some soil structure stability indices.

2- Methodology

In this study, the effect of Shrimp and eggplant waste biochar suspension on soil structure stability indices was investigated and for this purpose sandy soil was selected. The studied soil was sampled from agricultural lands around Bandar Abbas intact areas with polyethylene columns with a height of 25 and a diameter of 20 cm. The experiment was performed in a completely randomized design with 9 treatments and 3 replications. The studied treatments included biochar of eggplant and shrimp wastes suspension separately with concentrations of 0, 4, and 8 g/l which were added to the soil inside the columns according to the weight percentage. They were incubated for 100 days at moisture ranging from field capacity (FC) to 50 % FC in greenhouse conditions. Then some soil physical properties including mean weight diameter of wet sieving (MWD_{wet}), dry sieving (MWD_{dry}) aggregates, percentage of aggregate destruction (PAD), and saturated hydraulic conductivity (Ks) were measured. The analysis of variance for a completely randomized design was performed in order to evaluate the significance of shrimp and eggplant biochar rates on soil physical parameters by using the SPSS16 statistical software. The estimated Means were compared using Duncan's test with a $P<0.05$ level of significance.

3- Results

The results showed that the addition of shrimp and eggplant waste biochar suspension had a significant ($p<0.01$) effect on the measured parameters. In addition, the addition of both shrimp and eggplant waste biochar suspension to the soil increased MWD_{wet} and MWD_{dry} and decreased PAD, BD, and Ks, significantly. The maximum values of MWD_{wet} and MWD_{dry} were obtained by application of 8 and 4 g/l eggplant waste biochar suspension, respectively, which showed a significant difference ($p<0.05$) with the control treatment. The minimum percentage of aggregate destruction (PAD) was obtained by application of 8 g/l eggplant biochar suspension (21.7%), and the minimum of Ks was obtained by application of 4 g/l Shrimp waste biochar suspension (3.7 cm/h).

4- Discussion & Conclusions

The results showed that the addition of different levels of shrimp and eggplant biochar due to the presence of organic nuclei in it can act like cement, causing the mineral particles to stick to the soil and leading to

[1] Corresponding Author: **nvz.moradi@hormozgan.ac.ir**

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]

the formation of stable aggregates. Organic biochar carbon in the soil with chemical bonds and the formation of bridges between soil particles as a bonding agent increased the stable bond between soil particles, increased aggregation and the formation of stable aggregates and also increased MWD_{wet} and MWD_{dry}. Therefore, by improving the soil properties by biochar, the percentage of aggregate destruction (PAD) can be reduced. Furthermore, the application of different levels of Shrimp and eggplant waste biochar suspension has reduced bulk density (BD) of sandy soil. It seems that the increase in bio-waste of shrimp and eggplant waste biochar, as an organic compound, has affected the amount and distribution of micropores and soil porosity with a sandy texture, therefore, reducing the bulk density of the soil. The application of different concentration levels of shrimp and eggplant waste biochar has reduced the hydraulic conductivity in the studied sandy soil. It seems that the addition of both types of eggplant and shrimp biochar by increasing more stable aggregates in dry and wet conditions and bulk density changes the pore distribution, reduces the number of macropores and increases the micropores in the sandy textures. It can also significantly reduce the saturated hydraulic conductivity compared to the control treatment that lacked any modifiers.

According to the results of this research, the application of shrimp and eggplant waste biochar improved the physical properties of soil and reduced the percentage of soil degradation, hydraulic conductivity, and bulk density.

Key Words: Biochar, Eggplant, Shrimp waste, Soil stability, Suspension.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1401.12.1.11.6]