نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۸، ص. ۷۳۷-۷۲۳

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 5, Nov.-Dec. 2019, p. 723-737

تأثیرات زغال زیستی و زئوپلانت برروی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک‌های فرسایش‌پذیر (مطالعه موردی: بستان)

حدیت لهراسبی[۱]- عطاله خادم الرسول[۲*]- احمد فرخیان فیروزی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۲۲

چکیده

فرسایش بادی یکی از مهترین معضلات زیست محیطی در مناطق خشک و نیمه خشک است که سبب هدررفت خاک و تولید گرد و غبار می‌گردد. در این پژوهش تأثیرات زغال زیستی باگاس نیشکر، کنوکارپوس و تیمار آلی-معدنی زئوپلانت در سه سطح (۰، ۲ و ۴ درصد وزنی)، دو سطح رطوبتی (۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و در ۳ تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک به عنوان شاخص‌هایی از فرسایش‌پذیری، بررسی شد. نمونه خاک از محدوده تالاب هورالعظیم به عنوان یکی از کانون‌های گردوغبار جمع‌آوری و پس از اعمال تیمارها، به مدت ۹۰ روز در سینی‌هایی به ابعاد (۱۰ × ۳۰ × ۷۰ سانتی‌متر) انکوباسیون گردید. پس از اتمام انکوباسیون سینی‌ها درون تونل باد قرار داده شد و تحت تأثیر وزش باد با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه در ارتفاع ۲ متری از سطح خاک قرار گرفتند. مهمترین پارامترهای فیزیکی و مکانیکی اندازه‌گیری شده شامل پایداری خاکدانه، مقاومت فروروی، مقاومت کششی، شاخص تردی خاکدانه، مقاومت برشی، شاخص سله، شاخص بافت خاک و درصد ماده آلی بودند. نتایج نشان داد که هر سه تیمار در دو سطح رطوبتی، به طور معنی‌داری سبب افزایش تخلخل، مقاومت کششی و کاهش شاخص سله در مقایسه با نمونه بدون تیمار شدند ($P<0.01$). همچنین زغال زیستی باگاس نیشکر و زئوپلانت (سطح ۲ درصد) به طور معنی‌داری مقاومت برشی را افزایش، در حالی‌که زغال زیستی کنوکارپوس اثر معنی‌داری بر مقاومت برشی نداشت. در مجموع تیمارهای مورد استفاده با ایجاد لایه محافظ (Armoring effect) در سطح خاک و نیز افزایش پایداری خاکدانه‌ها، منجر به کاهش فرسایش شدند.

واژه‌های کلیدی: تونل باد، خاکپوش، زغال زیستی، زئوپلانت، کانون بحرانی

مقدمه

فرسایش خاک اعم از بادی و آبی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اشکال و مشخصه‌های تخریب خاک و تهدیدی جدی برای حیات انسان و سایر موجودات زنده محسوب می‌شود که سالانه حجم زیادی از رسوبات را تولید و حمل می‌نماید (۱). اصولاً مقوله تخریب خاک یک موضوع بسیار مهم است که با توجه به اهمیت و جایگاه ویژه آن به عنوان بستر اصلی کشت در سطح جهان، شناسایی نوع تخریب خاک و تلاش جهت کاهش اثرات مخرب آن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر اساس آمار ارائه شده از سوی سازمان خوار و بار جهانی سالانه بیش از ۷۵ میلیارد تن خاک از سطح کره زمین دچار فرسایش می‌شود (۲۵). در کشور ایران نیز سالانه نزدیک به ۲ میلیارد تن از خاک حاصلخیز سطحی با عامل فرسایش از بین رفته و وارد رودخانه‌ها و سایر مخازن طبیعی و یا مصنوعی ذخیره آب می‌گردد که البته با توجه به پویایی فرایند فرسایش خاک، از تغییرپذیری بالایی برخوردار است (۱۰). بدین ترتیب فرسایش خاک دارای دو دسته تأثیرات شامل درون حوضه‌ای و برون حوضه‌ای می‌باشد که ماحصل آن تخریب خاک و نیز کاهش کیفیت آب و کاهش عمر مفید سازه های حفاظتی است. فرسایش بادی در تولید گرد و غبار مؤثر است که علاوه بر تخریب و هدررفت خاک، تأثیرات زیست محیطی زیانباری را به دنبال دارد. چنانچه در منطقه‌ای سرعت باد از ۱۵ متر بر ثانیه و در ارتفاع ۲ متر از سطح خاک تجاوز کند و دید افقی به کمتر از یک کیلومتر برسد طوفان ریزگرد نامیده می‌شود که قادر است ذرات بسیار ریز با قطر ۰/۰۵ تا ۰/۱ میلی‌متر و یا ریزتر را در ارتفاع بسیار بالاتری از سطح زمین جابجا کرده و مسافت‌های بسیار طولانی حمل نماید که از قدرت تخریبی بالایی برخوردار است (۱۸ و ۴).

با توجه به اثرات مخربی که فرسایش بر جای می‌گذارد می‌بایست علاوه بر شناسایی کانون‌های فرسایشی، اقداماتی در راستای تثبیت

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسول: Email: a.khademalrasoul@scu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jsw.v33i5.78710

www.SID.ir

Archive of SID

این کانون‌ها به وسیله خاکپوش‌ها انجام شود. خاکپوش‌ها موادی هستند که سطح خاک را پوشانده و آن را در مقابل عوامل فرساینده[1] حفظ می‌نمایند. در این ارتباط مواد آلی با بهبود ویژگی‌های ساختمانی خاک، نقشی مهم و کلیدی در بالابردن سرعت آستانه فرسایش ایفاء می‌نمایند و لذا در مقوله‌های حفاظتی، همواره تاکید ویژه‌ای به بهره گیری از مواد آلی در خاک می‌گردد. مقاومت کششی خاکدانه‌ها یکی از مهمترین معیارهای سنجش استحکام خاکدانه‌ها است که می‌تواند شاخصی از میزان مقاومت خاکدانه‌ها در مقابل عوامل فرساینده باشد (۶). مقاومت کششی خاکدانه‌ها، به ویژگی‌های ساختمانی خاک بستگی دارد و متأثر از چگونگی آرایش درز و ترک‌های موجود در یک خاکدانه، مقاومت کششی خاکدانه تغییر می‌نماید (۱۱).

از جمله مواد و ترکیبات آلی، زغال زیستی (بیوچار) می‌باشد که ماده‌ای متخلخل و تیره رنگ است که طی فرایند بی‌هوازی گرماکافت و از زیتوده‌های آلی، تولید می‌شود و از پایداری بالایی در برابر تجزیه برخوردار است (۱۷). زغال زیستی، ماده‌ای اصلاح‌کننده است که سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری، افزایش تخلخل، افزایش هدایت هیدرولیکی، افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، همچنین کاهش هدررفت خاک می‌گردد. میانگین وزنی قطر خاکدانه ها (MWD)[2] شاخصی برای نشان دادن پایداری خاکدانه‌ها در برابر تنش‌های آبی و لذا میزان فرسایش‌پذیری خاک است (۱۲ و ۲۱). خادم الرسول و همکاران (۱۵) طی پژوهشی در کشور دانمارک و در مقیاس مزرعه‌ای نشان دادند که استفاده از زغال زیستی در افزایش میزان پایداری خاکدانه‌ها، بهبود ویژگی‌های تهویه‌ای و در نتیجه کاهش میزان فرسایش‌پذیری خاکدانه‌ها مؤثر می‌باشد. استفاده از زغال زیستی در افزایش تخلخل خاک، بهبود ساختمان خاک، بالا بردن ظرفیت نگهداشت آب در خاک از دیدگاه خاکدانه‌سازی و در نتیجه کاهش پتانسیل فرسایش‌پذیری و بادبردگی خاک‌ها مؤثر است (۸).

اویانگ و همکاران (۲۰۱۳) طی پژوهشی نشان دادند که افزودن زغال زیستی به عنوان یک تیمار آلی، ضمن بهبود فرایند خاکدانه‌سازی و در نتیجه افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به عنوان شاخصی کلیدی برای نشان دادن کیفیت و پایداری خاکدانه، منجر به افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک می‌گردد (۲۱). نوواک و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که زغال زیستی به دلیل دارا بودن ساختار منفذگونه و متخلخل دارای ظرفیت بالایی در نگهداشت آب و همچنین بهبود خاکدانه‌سازی می‌باشد که این ویژگی منجر به کاهش پتانسیل فرسایش در خاک‌ها می‌گردد (۲۰). بایامونت و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با بررسی اثر زغال زیستی حاصل از زیتوده‌های شاخه‌های درختان جنگلی در خاک‌های سبک بافت شنی مشاهده کردند که زغال زیستی در بهبود خاکدانه‌سازی، افزایش سطح ویژه، تخلخل و رطوبت قابل استفاده در خاک مؤثر است (۳). شهنواز و همکاران (۱۳۹۴) با به کار بردن نوعی خاکپوش پلیمری (Mulch) در خاک‌های با بافت سبک و متوسط نشان دادند که خاکپوش پلیمری از طریق ایجاد پیوند بین خاکدانه‌ها و لذا افزایش پایداری خاکدانه‌ای در کاهش فرسایش بادی اندازه‌گیری شده توسط دستگاه تونل باد مؤثر است (۲۴). جعفری شالکوهی و همکاران (۱۳۹۴) با ارزیابی عوامل مؤثر برتثبیت خاک‌های ریزدانه در برابر باد با استفاده از دستگاه تونل باد مدار باز بیان کردند که با افزایش ارتفاع ریزش پلیمرها به خاک، میزان فرسایش‌پذیری خاک کاهش می‌یابد (۱۳). نتایج بررسی اثر پلیمر پلی وینیل استات بر میزان فرسایش بادی در خاک با دستگاه تونل باد توسط موحدان و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که وقوع فرسایش بادی در تیمارهای پلیمری نسبت به شاهد که فاقد تیمار حفاظتی است، ۹۰ درصد کاهش دارد (۱۹).

از دیگر ترکیبات آلی-معدنی که از ظرفیت بالایی در نگهداری آب برخوردار است و به عنوان یک سوپر جاذب محسوب می‌شود زئوپلانت است که در تثبیت کانون‌های تولید ریزگرد و لذا کاهش فرسایش خاک مؤثر می‌باشد. زئوپلانت نام تجاری نوعی زئولیت غنی شده با مواد آلی است. این ماده در بهبود نگهداری آب در خاک نقش مؤثری دارد و از ترکیب مواد معدنی و آلی طبیعی تشکیل شده است. زئوپلانت از گروه سوپر جاذب‌ها بوده و ماده صد در صد طبیعی است. با توجه به اهمیت بسیار زیاد تهیه و ارزیابی خاکپوش های مختلف بر روی بهبود ویژگی‌های خاک‌های فرسایش‌پذیری و نیز مدیریت پایدار پسماندهای آلی در راستای تولید ترکیباتی که ضمن بهبود ویژگی‌های خاک در تثبیت کربن نیز مؤثرند این پژوهش کاربردی انجام شد. همچنین بررسی منابع نشان می‌دهد در ارتباط با تأثیرگذاری این پارامترها بر روی ویژگی‌های خاک و فرسایش‌پذیری آنها پژوهش‌های محدودی انجام شده است که این امر ضرورت انجام این پژوهش کاربردی را نمایان‌تر می‌سازد. بدین ترتیب هدف این مقاله بررسی تأثیرات سه ماده اصلاح کننده شامل زغال زیستی باگاس، زغال زیستی کنوکارپوس و زئوپلانت بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک مورد مطالعه است.

مواد و روش‌ها

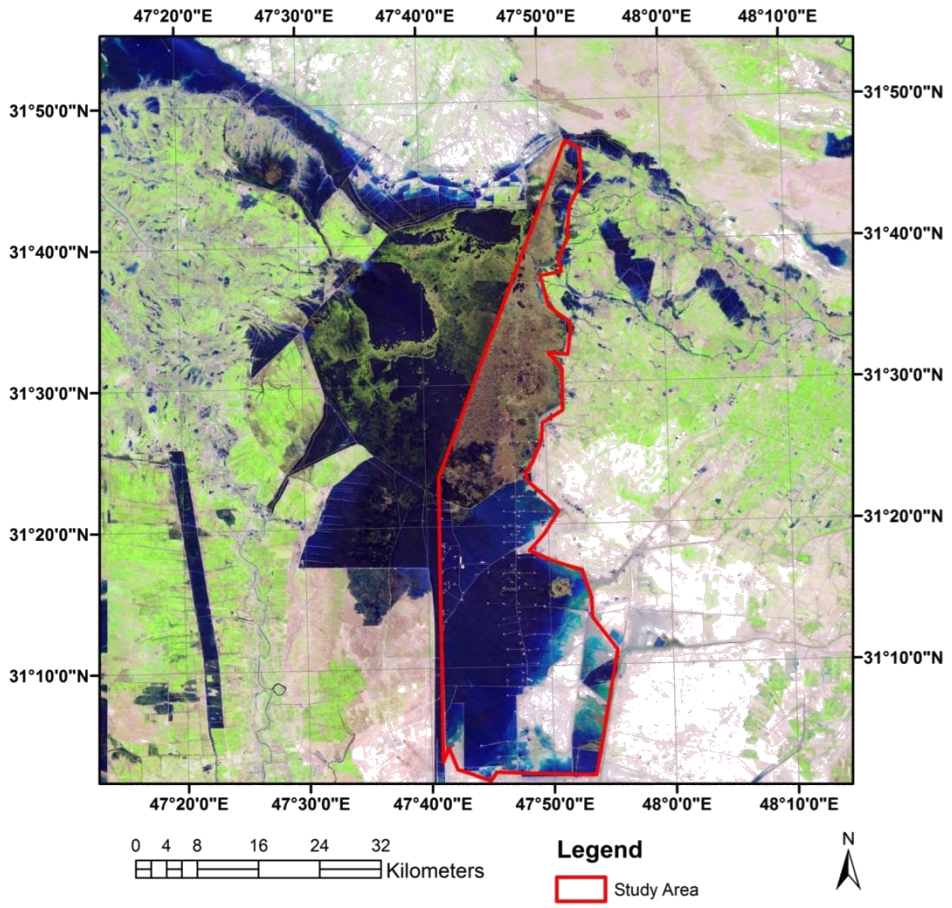
موقعیت منطقه مطالعاتی

به منظور انجام این پژوهش عملیات نمونه‌برداری به روش نمونه برداری تصادفی در بلوک‌های تعریف شده در مجاورت تالاب هورالعظیم در محدوده طول جغرافیایی ۴۷ درجه و۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی، واقع در شمال غربی شهر بستان از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری انجام شد (شکل ۱).

1- Erosion agents
2- Mean weight diameter

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی مستخرج از تصویر لندست ۸ ETM^+ (مارس ۲۰۱۸) با ترکیب رنگ واقعی

Figure 1- The location of the study area on true color composite of Landsat8 ETM^+ image acquired in March 2018

تهیه تیمارها و اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک

جهت تهیه زغال زیستی به عنوان تیمار آلی از دو نوع زی‌توده حاصل از بقایای آلی شامل باگاس نیشکر و کنوکارپوس (*Conocarpus erectus*) استفاده گردید. پس از هوا خشک کردن زیتوده‌ها، به منظور تهیه زغال زیستی نمونه‌ها درون جعبه‌ای فلزی از جنس آهن گالوانیزه با آستر ورقه نازک آلومینیومی قابل تعویض و با ابعاد متناسب با محفظه کوره قرار داده شد. نمونه‌ها توسط وزنه ۱۰ کیلوگرمی جهت تخلیه هوا، کاملا فشرده شدند و بعد از پوشاندن کامل مواد درون جعبه توسط ورقه آلومینیومی، درب جعبه محکم بسته شده و درون کوره الکتریکی Muffle Furnace مدل SEF-101 ساخت شرکت FINE TECH قرار داده شد. فرایند گرماکافت نمونه‌ها درون کوره الکتریکی در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و با نرخ افزایش دمای ۷ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و به مدت ۲ ساعت انجام شد. همچنین زئوپلانت به عنوان یک اصلاح کننده آلی-معدنی از شرکت تولید کننده آن در جمیره امارات متحده عربی تهیه و به خاک اعمال گردید. زغال‌های زیستی و زئوپلانت در سه سطح صفر به عنوان شاهد، ۲ و ۴ درصد وزنی به خاک افزوده شدند. پس از تعیین حد ظرفیت زراعی خاک مورد مطالعه به وسیله صفحات فشاری، سطوح رطوبتی به صورت ۲۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به خاک اعمال گردیدند. پس از تهیه تیمارها و افزودن آنها به سینی‌های محتوی نمونه خاک، نمونه‌ها برای یک دوره زمانی ۹۰ روزه انکوباسیون شدند و در طول زمان انکوباسیون، رطوبت خاک‌های موجود در سینی‌ها تامین گردید. ضمنا خاک مورد مطالعه در این پژوهش دارای بافت سیلتی لوم (Silty Loam) می‌باشد که پس از نمونه‌برداری به روش سیستماتیک تصادفی درون بلوک از منطقه مطالعاتی، جهت انجام برخی از آنالیزها از الک با قطر ۲ میلی‌متر عبور داده شد. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار انجام شد. پایداری خاکدانه ها به روش سری الک خشک اندازه‌گیری و به کمک شاخص میانگین وزنی قطر

www.SID.ir

Archive of SID

خاکدانه‌ها (MWD)[1] بیان و ارزیابی گردید (۱۴). برای تعیین مقاومت به فروروی (PR)[2] و تغییرات آن از پنترومتر نوک مخروطی با زاویه ۳۰ درجه و سطح یک سانتی‌متر استفاده شد که این پنترومتر در دستگاه دیجیتال با سرعت ۳۰ میلی‌متر بر دقیقه نصب شد و نمونه های دست نخورده خشک شده در شرایط طبیعی و زیر نور آفتاب، به قطر ۵۸ میلی‌متر و ارتفاع ۴۰ میلی‌متر در دستگاه مقاومت به فروروی مدل DBP-100 قرار داده شد و میزان مقاومت آنها به فروروی ثبت شد. برای تعیین مقاومت برشی خاک لایه رویین (۱۰-۰ سانتی‌متری) از پره برشی (CL 100) استفاده شد. برای اندازه‌گیری مقاومت کششی خاکدانه‌ها از روش غیرمستقیم برزیلی (IBT)[3] استفاده شد (۶) و سپس به کمک رابطه (۱) مقاومت کششی خاکدانه (Y) محاسبه گردید.

$$Y = \frac{0.576\ F}{d_{eff}^2} \quad (۱)$$

که در این رابطه F نیروی فشاری مورد نیاز برای شکستن خاکدانه با قطر مؤثر d_{eff} و Y مقاومت کششی خاکدانه می‌باشد. قطر مؤثر هر خاکدانه با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$d_{eff} = d_0 \frac{M_a}{M_0}^{0.33} \quad (۲)$$

در رابطه (۲) d_0، قطر متوسط خاکدانه، M_0، میانگین جرم متوسط ۳۰ عدد خاکدانه و M_a، جرم خاکدانه مورد نظر می‌باشد (۶).

شاخص تردی[4] به عنوان انحراف نسبی مقاومت کششی خاکدانه‌ها در قطرهای مشخصی از خاکدانه‌ها اندازه‌گیری و تعیین شد (۷). شاخص بافت خاک (STI°) به صورت نسبت درصد کربن آلی به مجموع درصد شن، سیلت و رس (۴) و شاخص سله خاک به کمک روش پاگلیای (۲۲) محاسبه گردید (رابطه ۳).

$$CI = \frac{1.5(\%\ fine\ silt) + 0.75(\%\ coarse\ silt)}{Clay + 10(\%\ organic\ matter)} \quad (۳)$$

همچنین به‌منظور بررسی میزان فرسایش‌پذیری نمونه‌ها، از آزمایش تونل باد[6] استفاده شد. دستگاه تونل باد دانشگاه شهید چمران اهواز مشابه با تونل باد ساخته شده توسط اختصاصی (۹) می‌باشد. اجزاء دستگاه تونل باد به عنوان شبیه‌ساز فرسایش بادی مشتمل بر جت فن، یکنواخت کننده توزیع هوا، بدنه و کیسه‌ای در انتها برای جمع‌آوری خاک برداشته شده از سطح است. ابعاد بدنه دستگاه ۷۰×۷۰×۹۰۰ سانتی‌متر می‌باشد و قادر است جریان باد با سرعت ۱۰ تا ۱۱۰ کیلومتر در ساعت را تولید نماید. موتور دستگاه با توان ۱۸/۵ کیلووات، دارای چرخش ۲۹۰۰ دور در دقیقه است. این دستگاه حامل هواکش توربوجت کانالی ۷۰ سانتی‌متری است. همچنین یک پروانه ۱۰ پره‌ای با زاویه ۴۵ درجه به همراه شافت خنک کننده‌ی ۶ پره‌ای موتور، در یک محفظه قرار داده شده‌اند. سرعت حداکثر در محور مرکزی تونل (۱۵ سانتی‌متر بالای سطح خاک) به ۱۵ متر بر ثانیه می رسد. در این پژوهش سرعت ۱۵ متر بر ثانیه در ارتفاع ۲ متر از سطح خاک، متناسب با سرعت باد منطقه در نظر گرفته شد. در این آزمایش سینی‌های محتوی نمونه خاک‌های تیمار شده قبل از قرار داده شدن در تونل باد وزن شده و بعد از قرار دادن در تونل باد و اعمال باد به مدت ۱۰ دقیقه از تونل باد خارج شده و مجدداً توزین شدند. از اختلاف وزن اولیه و ثانویه‌ی سینی‌های نمونه، وزن خاک برداشت شده از سطح خاک به عنوان میزان فرسایش بادی تعیین و اندازه گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک توسط نرم‌افزار آماری SAS 9.2 انجام شد. ترسیم نمودارها توسط نرم‌افزار Origin 2017 صورت پذیرفت. همچنین مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح معنی‌داری ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تأثیرات نوع، سطوح و نیز اثرات متقابل تیمارها بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک در جدول ۱ ارائه شده است. همانگونه که نتایج موجود در جدول نشان می‌دهد تأثیر این تیمارها برای ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی اندازه‌گیری شده خاک، معنی‌دار شده است که حاکی از تأثیرات مثبت و بهبودبخش تیمارهای مورد استفاده به عنوان اصلاح کننده‌های آلی و یا آلی-معدنی جهت کاهش پتانسیل بادبردگی ذرات خاک در اثر فرسایش بادی می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که نوع ماده اصلاح کننده، مقدار کاربرد و سطح رطوبت در سطح ۱ درصد بر میزان پایداری خاکدانه دارای تأثیر معنی‌داری می‌باشند (جدول ۱). زغال زیستی کنوکارپوس و زئوپلانت در سطح کاربردی ۴ درصد منجر به افزایش میزان پایداری خاکدانه‌ها شده‌اند در حالی‌که برای زغال زیستی باگاس این روند مشاهده نمی‌شود (شکل ۲) که دلیل آن به ویژگی‌های ساختمانی این تیمارها مربوط می‌شود که بررسی‌های انجام شده به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)[7] مؤید این اختلاف ساختاری و تأثیرگذار می‌باشد به گونه‌ای که زغال زیستی حاصل از باگاس نیشکر دارای ساختار شبکه مانند بوده و سطح ناهمواری دارد در حالی که زغال زیستی کنوکارپوس سطح کاملا متفاوتی داشته (شکل ۳) و از واکنش‌پذیری به مراتب بالاتری برخوردار است (۲).

1- Mean weight diameter (MWD)
2- Penetration resistance (PR)
3- Indirect Brazilian test
4- Friability index (FI)
5- Soil texture index (STI)
6- Wind tunnel
7- Scanning electron microscope

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیرات زغال زیستی و زئوپلانت بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک

Table 1- Analysis variance of biochar and Zeoplant effects on physical and mechanical properties of soil

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	Mean square: میانگین وزنی قطر خاکدانه MWD	شکنندگی Friability index	شاخص بافت خاک Soil texture index	شاخص سله Crust index	تنش برشی Shear strength	مقاومت کششی Tensile strength	مقاومت فروروی Penetration resistance	فرسایش خاک Soil loss
نوع تیمار Type	1	0.08^{ns}	0.231**	20.26**	137**	1.417**	869**	183934**	0.015**
سطح تیمار Rate	2	0.68**	0.134**	50.39**	342**	1.678**	522**	366748**	0.048**
سطح رطوبت Moisture level	2	0.88**	0.061^{ns}	15.19**	103**	0.425**	702**	127085**	0.003**
نوع تیمار×سطح تیمار Treatment×Treatment level	2	0.17**	0.070**	7.2**	49**	0.495**	489**	27526**	0.002**
سطح رطوبت×نوع تیمار Moisture level×Type	2	0.24**	0.104**	7.6**	51**	0.565**	759**	67006**	0.011**
سطح تیمار×سطح رطوبت Ratet×Moisture level	4	0.77**	0.067**	18.9**	128**	0.581**	440**	142713**	0.031**
سطح رطوبت×سطح تیمار×نوع تیمار Moisture level×Rate×Type	4	0.54**	0.103**	1.3**	9**	0.109^{ns}	277**	43031**	0.007**
خطا Error	36	0.130	0.019	1.060	7.199	0.075	95.258	8691.967	0.001
ضریب تغییرات CV		12.42	23.89	0.016	7.979	30.98	116.21	27.716	32.81

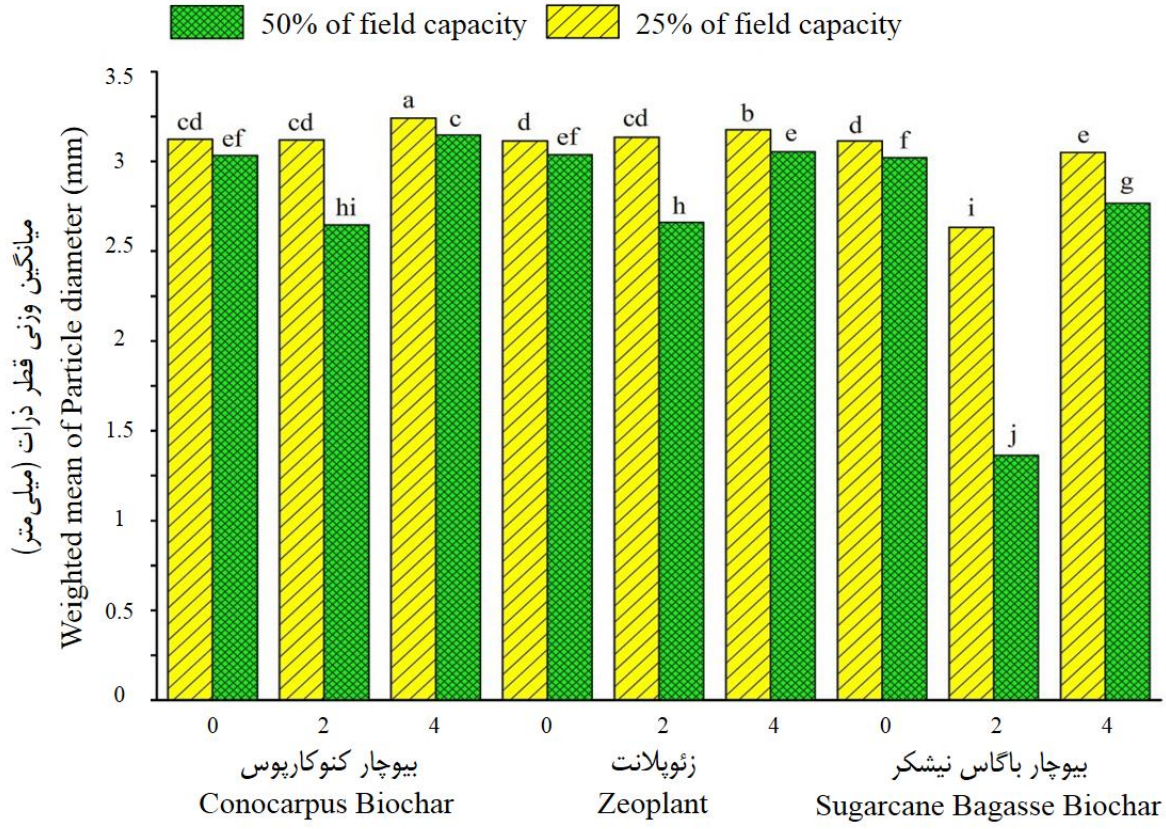
ns: عدم معنی‌داری **: معنی‌داری در سطح ۱ درصد

ویژگی زغال‌های زیستی، منبعث از زی‌توده آنها است و با تغییر در نوع زی‌توده، ویژگی‌های زغال زیستی حاصله و لذا رفتار و واکنش پذیری آن نیز تغییر معنی‌داری پیدا می‌کند. به گونه‌ای که زغال زیستی حاصل از گیاه کنوکارپوس به دلیل واکنش‌پذیری بیشتر و ایجاد پیوند با بخش معدنی خاک، ویژگی‌های فیزیکی خاک را بهبود بخشیده و منجر به افزایش پایداری خاکدانه‌ها شده است. در این ارتباط لیو و همکاران (۱۶) در پژوهشی نشان دادند که کاربرد زغال زیستی کاه و کلش گندم در خاک، منجر به افزایش پایداری خاکدانه ها می‌گردد که بیانگر تأثیرات مثبت مواد آلی در ایجاد پیوند با بخش معدنی خاک و لذا افزایش پایداری خاکدانه‌ها است. البته شایان ذکر است که این پژوهش تأثیرات کوتاه مدت این تیمارها را ارزیابی نموده است و در درازمدت انتظار می‌رود دامنه تأثیرگذاری تیمارها و چگونگی آن تغییر نماید. به هر حال تیمارهای آلی بر اساس نرخ تجزیه بر روی ویژگی‌های خاک تأثیر می‌گذارند.

همانگونه که شکل ۳ به وضوح نشان می‌دهد تصاویر مربوط به SEM زغال زیستی حاصل از کنوکارپوس (الف) و باگاس نیشکر (ب) دارای ساختار و ویژگی‌های تخلخلی متفاوتی با یکدیگر می‌باشند که با توجه به هدایت بسیاری از فعل و انفعالات و واکنش‌پذیری‌ها در خاک توسط سطوح جذبی، در نتیجه تفاوت‌های رفتاری زغال‌های زیستی، از این اختلافات ساختاری تأثیر می‌پذیرند. طی پژوهشی توسط بابادی و همکاران (۱۳۹۷) این اختلاف ساختاری بیان گردید بدین ترتیب که زغال زیستی باگاس نیشکر دارای ساختار شبکه مانند بوده و سطح ناهمواری دارد و همین ویژگی منشاء اختلاف در واکنش پذیری آنها در خاک معرفی شده است (۲). توجه به جوانب گوناگون استفاده از یک تیمار به عنوان خاکپوش، بالاخص در راستای اهداف زیست محیطی کنوانسیون‌های بین‌المللی، ضرورت استفاده از تیمارهایی را که از پایه و ترکیبات آلی برخوردارند را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

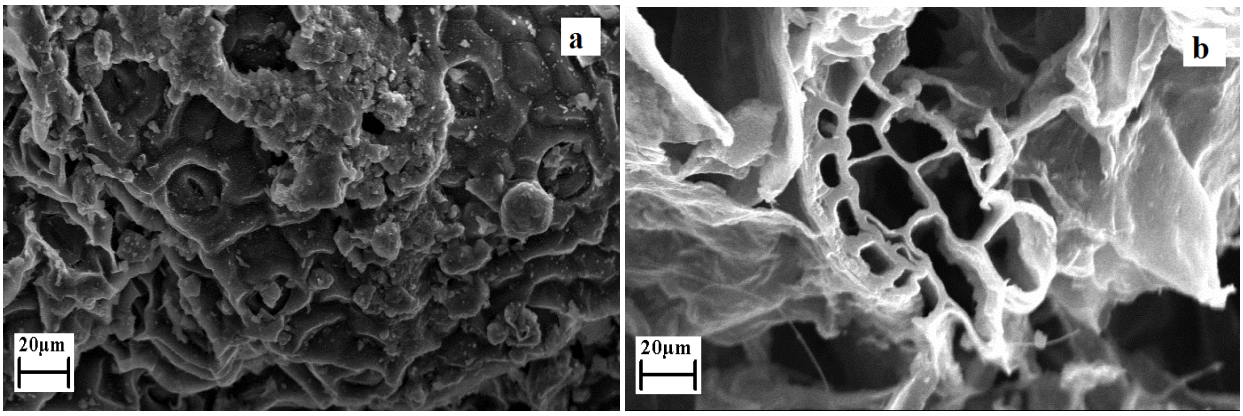


شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تیمارها بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)

اعداد یا حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند (P<0.05)

Figure 2- Mean comparison of effect of different levels of treatments on mean weight diameter (MWD)

Numbers or letters followed by the same letter are not significantly difference based on Duncan test (P<0.05).



شکل ۳- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) زغال زیستی کنوکارپوس (الف) و زغال زیستی باگاس نیشکر (ب)

Figure 3- Scanning Electron Microscopy (SEM) images of Conocarpus (a) and sugar cane (Co) bagasse (B)

بیشترین مقاومت به فروروی مربوط به سطح صفر زغال زیستی کنوکارپوس و سطح رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و در حدود ۵۰۰ کیلوپاسکال است و کمترین مقاومت به فروروی در سطح ۴ درصد زغال زیستی باگاس نیشکر حاصل گردیده است (شکل ۴). تیمارهای مورد استفاده در بالاترین سطح افزایش به خاک (۴ درصد)، منجر به کاهش مقاومت به فروروی در خاک شده است و به ترتیب زغال زیستی باگاس نیشکر، زغال زیستی کنوکارپوس و زئوپلانت بیشترین اثر را در کاهش مقاومت به فروروی خاک داشته است. کاهش مقاومت به فروروی در خاک را می‌توان به دلیل افزایش درصد ماده آلی خاک، کاهش جرم مخصوص ظاهری و لذا افزایش مقدار تخلخل

www.SID.ir

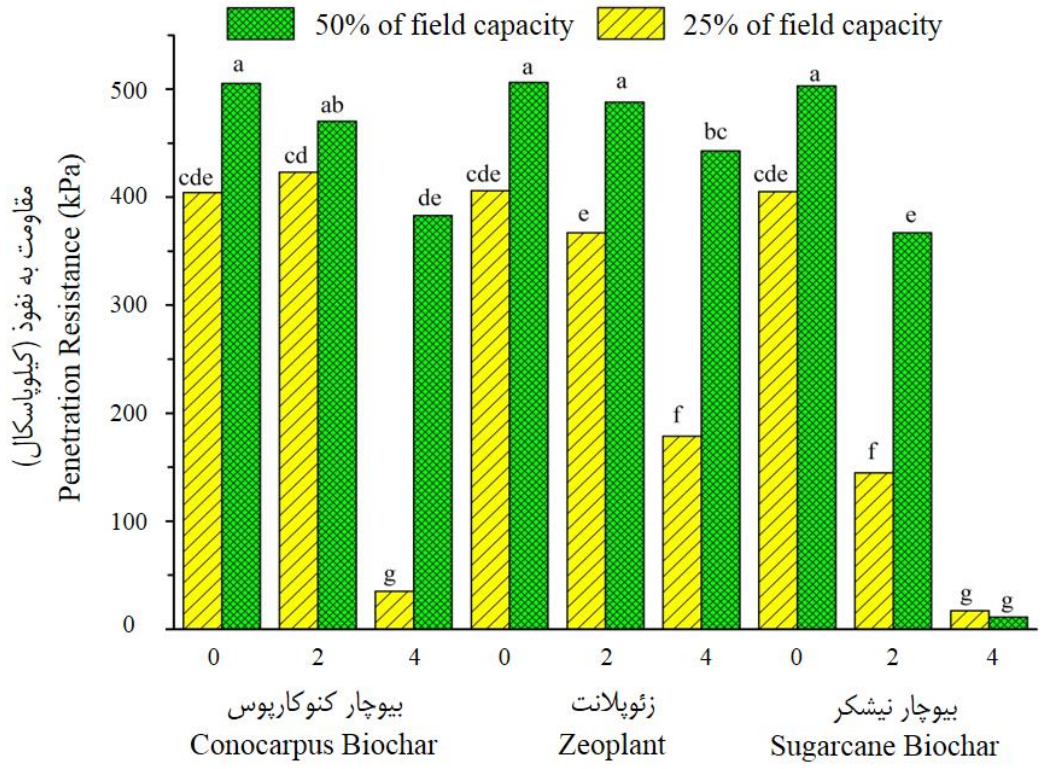
Archive of SID

خاک تیمار شده با اصلاح کننده‌های مورد استفاده دانست.

در همین راستا وارن و همکاران (۲۰۱۰) نیز مشاهده نمودند که با افزودن زغال زیستی به خاک‌های سبک بافت شنی، میزان مقاومت به فروروی کاهش می‌یابد که این رخداد می‌تواند نقش بهبودبخش مواد آلی را بالاخص در بستر زمان جهت پیاده نمودن اهداف مدیریت پایدار خاک و منابع طبیعی نمایان سازد (۲۶). همچنین نتایج نشان داد که در تمامی تیمارها و سطوح اعمال شده مقدار مقاومت به فروروی در سطح رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشتر از ۲۵ درصد ظرفیت زراعی است که مهمترین دلیل آن می‌تواند رفتارهای رطوبت خاک از طریق نیروهای همچسبی و دگرچسبی باشد که در ساختار خاکدانه‌ها و لذا رفتارهای آنها در قالب خصوصیات مقاومتی مؤثر می‌باشد.

باسچر و همکاران (۵) با افزودن ۲ درصد زغال زیستی به خاک، کاهش مقاومت به فروروی خاک تیمار شده در مقایسه با خاک شاهد را گزارش کردند که با نتایج پژوهش ما تطابق دارد. پارامتر مقاومت به فروروی به گونه‌ای است که خاک‌های دارای بالاترین مقاومت به فروروی دارای بالاترین کلاس فرسایش ولیکن خاک‌های با کمترین مقاومت به فروروی دارای پایین ترین کلاس فرسایشی می‌باشند.

همانگونه که در شکل ۵ الف نشان داده شده است هر ۳ تیمار افزوده شده به خاک یعنی زغال زیستی کنوکارپوس، زغال زیستی باگاس نیشکر و زئوپلانت در هر دو سطح ۲ و ۴ درصد، میزان مقاومت برشی خاک را کاهش داده است. کاهش مقاومت برشی خاک ها به معنی سهولت در انجام عملیات‌های کشاورزی در آنها است و تیمارهای مورد استفاده منجر به بهبود این ویژگی شده است. لازم به ذکر است که نتیجه حاصله همراستا با تأثیرات مثبت مواد آلی در فرایندهای خاکدانه‌سازی و نیز کاهش مقاومت به فروروی می‌باشد که این موضوع ضرورت استفاده هر چه بیشتر از تیمارهای آلی را در قالب خاکپوش نمایان می‌سازد. در اثر افزودن زغال زیستی به خاک بخش زیادی از سطوح کلوییدها توسط این ماده پوشیده شده است که در نتیجه سبب جلوگیری از تماس سطوح کلوییدی شده و در نتیجه موجب کاهش مقاومت برشی خاک گردیده است. از طرفی با افزودن زغال زیستی به خاک مقدار زیادی از ذرات کربن تشکیل کمپلکس کربن- رس می‌دهند و برخی به صورت ذرات کربن جداگانه باقی می‌مانند.



شکل ٤- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تیمارها بر میانگین مقاومت به فروروی خاک

اعداد یا حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند ($P<0.05$).

Figure 4- Mean comparison of effect of different levels of treatments on penetration resistance (PR)

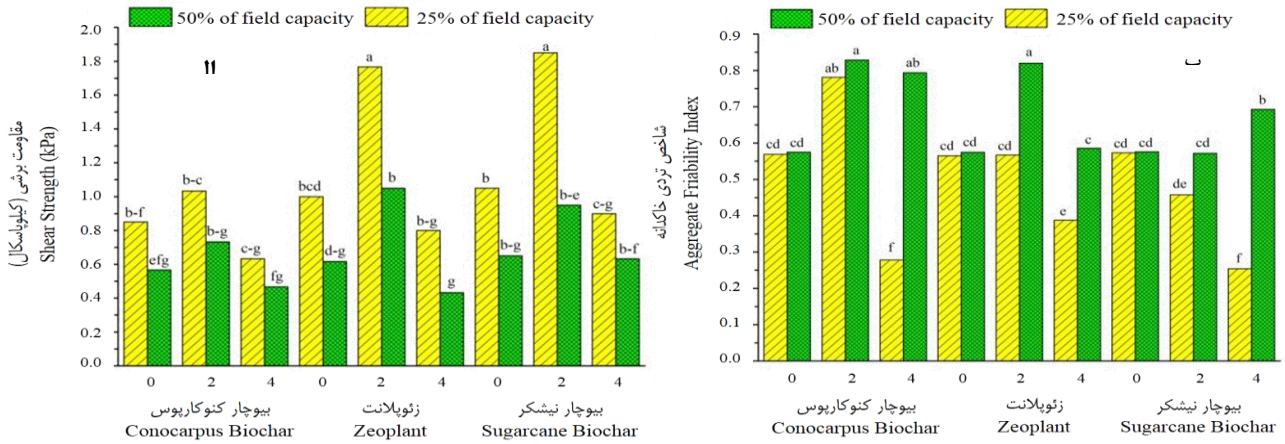
Numbers or letters followed by the same letter are not significantly difference based on Duncan test ($P<0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین بخشی از سطوح مواد کانی با کربن با انرژی کم، پوشیده می‌شوند. این پوشش کربنی موجب کاهش چسبندگی بین فاز جامد و مایع می‌شود، در نتیجه کاهش مقاومت برشی خاک می‌شود و با توجه به اینکه هم زغال‌های زیستی و هم زئوپلانت افزوده شده به خاک دارای بخش آلی کربن دار می‌سازد لذا کاهش در مقاوت برشی خاک رخ داده است (۲۷). بیشترین میزان کاهش معنی‌دار در مقاومت برشی خاک مربوط به زغال زیستی کنوکارپوس می‌باشد (در حدود ۰/۵ کیلوپاسکال) که به دلیل سطح ویژه و واکنش‌پذیری بالاتر این تیمار آلی (۲) در مقایسه با سایر تیمارها است که زمینه را جهت تأثیرگذاری بهتر و بیشتر ماده آلی فراهم می‌سازد. نتایج پژوهش های ردی و همکاران ۲۰۱۵ بیانگر این مطلب است که افزایش مقاومت برشی در برخی تیمارها را می‌توان به تشکیل سله در سطح خاک به دلیل تجمع املاح نسبت داد (۲۳). همچنین عامل رطوبت بر روی مقاومت برشی تأثیرگذار بوده است و در تمامی تیمارها در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مقاومت برشی کمتری نسبت به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردیده است که البته در ارتباط با برخی از تیمارها و سطوح تیماری این تأثیر کاملا معنی‌دار بوده است. رفتارهایی که رطوبت در خاک انجام می‌دهد از پیچیدگی‌هایی برخوردار است ولیکن در یک حدی از رطوبت که در این پژوهش مشاهده شده است توانسته است خاکدانه‌ها را سست تر نموده و لذا مقاومت برشی آنها را کاهش دهد. با توجه به وضعیت حاکم بر خاک‌های این کانون فرسایشی و بالا بودن درصد سیلت در خاک در نتیجه این سست تر شدن ساختمانی و کاهش مقاومت برشی در اثر افزایش سطح رطوبتی منطقی می‌باشد.

همانگونه که شکل ۵ ب نشان می‌دهد زغال زیستی کنوکارپوس در رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در هر دو سطح ۲ و ۴ درصد سبب افزایش تردی خاکدانه‌ها شده است و این تأثیر در حد رطوبتی نزدیک به ظرفیت زراعی (FC) که امکان انجام فعل و انفعالات میکروارگانیسم‌های خاک و نیز تجزیه مواد آلی بیشتر است، به شکل معنی‌دارتری مشاهده می‌گردد. برای زغال زیستی باگاس نیشکر روند کاهشی مشهود است که طبیعتا مؤید همان اختلافات ساختمانی، سطح ویژه و نیز واکنش‌پذیری زغال‌های زیستی تولید شده از زی‌توده های متفاوت می‌باشد. کاهش در تردی خاکدانه‌ها را می‌توان به نوعی متأثر از افزایش میزان مقاومت کششی خاکدانه‌ها نیز دانست که تمامی این روابط و کنش‌ها و واکنش‌ها می‌تواند بر روی فرسایش پذیری و لذا پتانسیل تولید گردوغبار در منطقه تأثیرگذار باشد. آنالیزهای انجام شده بر روی زغال‌های زیستی مورد استفاده در این پژوهش حاکی از ساختار غیرشبکه‌ای و سطوح هموار در زغال زیستی کنوکارپوس می‌باشد (۲) که این ویژگی زمینه را جهت تقویت وقوع پدیده‌های تر و خشک شدن و در نتیجه افزایش میزان تردی خاکدانه ها فراهم می‌نماید. با افزایش میزان پایداری خاکدانه‌ها صرف‌نظر از اندازه خاکدانه‌ها، میزان مقاومت آنها در برابر عوامل فرساینده افزایش می‌یابد که این امر مانع از تبدیل توده‌های دارای ساختمان خاک به گرد و غبار می‌گردد. در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاکدانه‌ها و تأثیرات مواد آلی شرایط خاص و بعضا پیچیده‌ای حاکم است و ضرورت دارد تمامی این ویژگی‌ها ارزیابی گردد تا بتوان بر اساس مجموع آنها اظهارنظرهای صحیح و قابل قبولی انجام داد. از یک سو وجود مواد آلی پوسیده شده زمینه‌ای برای ایجاد پیوند بین اجزاء متشکله کانی‌ها و تشکیل کمپلکس‌های آلی-معدنی است که برآیند آن می‌تواند تشکیل خاکدانه‌های پایدار و افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها باشد و از طرفی می‌تواند منجر به کاهش میزان تردی خاکدانه‌ها گردد که خود بیانگر مقاومت کششی بالاتر می‌باشد.



شکل ۵- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تیمارها بر مقاومت برشی (الف) و شاخص تردی خاکدانه‌ها (ب)

اعداد یا حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی باشند ($P<0.05$).

Figure 5- Mean comparison of effect of different levels of treatments on shear strength (a) and friability index (b)

Numbers or letters followed by the same letter are not significantly difference based on Duncan test ($P<0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID

مقاومت کششی خاکدانه‌ها با کاربرد هر سه تیمار در هر دو سطح ۲ درصد و ۴ درصد وزنی افزایش یافته است و سطح ۴ درصد اصلاح کننده تأثیر بیشتری در افزایش مقاومت کششی خاکدانه‌ها در مقایسه با سطح ۲ درصد اصلاح کننده داشته است و در بین این تیمارها، زغال زیستی باگاس نیشکر دارای بیشترین تأثیرگذاری بر روی افزایش مقاومت کششی خاکدانه می‌باشد (شکل ۶). انتظار بر آن است که با بالا رفتن سطح افزودن یک ماده آلی به عنوان اصلاح کننده به خاک سطح اثربخشی و تأثیرگذاری آن نیز بیشتر باشد که این امر در مورد تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش تحقق یافت و سطح افزایشی ۴ درصد دارای تأثیرات معنی‌دار و مؤثرتری در مقایسه با سطح ۲ درصد می‌باشد. اصلاح کننده‌ها در هر دو سطح ۲ و ۴ درصد در رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی اثر بیشتری در افزایش مقاومت کششی خاکدانه در مقایسه با رطوبت ۵۰ درصد داشته‌اند، زیرا همواره درصد رطوبت خاک و تر و خشک شدن‌های متناوب به عنوان عاملی تأثیرگذار بر روی ویژگی‌های مقاومتی یک خاک محسوب می‌شود و قادر است هم به صورت مستقیم و هم غیرمستقیم، مقاومت کششی خاکدانه را تحت تأثیر قرار دهد. بیشترین مقاومت کششی ایجاد شده در خاکدانه‌ها مربوط به زغال زیستی باگاس نیشکر در هر دو سطح ۲ و ۴ درصد و در هر دو سطح رطوبتی و کمترین تأثیر مربوط به زغال زیستی کنوکارپوس در سطح ۲ درصد با رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد. افزایش مقاومت کششی خاکدانه‌ها را می‌توان به افزایش درصد ماده آلی خاک تیمار شده و نیز ویژگی‌های ساختاری زغال زیستی باگاس نیشکر نسبت داد (شکل ۳). سهم متفاوت ماده آلی در تیمارهای مورد استفاده و نیز میزان واکنش‌پذیری آنها تعیین کننده میزان تأثیرگذاری متفاوت آنها می‌باشد که این تأثیر در ارتباط با زئوپلانت نیز به عنوان تیماری آلی–معدنی مشهود است. دکستر و کروسبرگن (۶) بیان کردند که مقاومت مناطق گسیختگی[1] به منافذ پر از هوا، درز و ترک‌های کوچک و پیوند بین ذرات داخل یا بین درز و ترک‌ها بستگی دارد و به نوعی مهمترین شاخص مقاومت خاکدانه های یک خاک محسوب می‌شود. مقاومت کششی خاک به مقدار آب و فرایندهای تغییر توزیع منافذ و پیوند بین خاکدانه‌ها بستگی دارد. مقاومت کششی به‌طور ویژه به ساختمان خاک حساس می‌باشد زیرا مقدار آن متأثر از ترک‌های ریز خاکدانه‌ها یا ترک‌های خاک متغیر است که تمامی این موارد به نوعی به وضعیت مواد آلی خاک وابسته است. خادم‌الرسول و همکاران (۱۵) در مطالعه‌ای با افزودن زغال زیستی و کود حیوانی به یک خاک سبک بافت بیان کردند که این تیمارهای آلی با بهبود ویژگی‌های ساختمانی خاک سبب افزایش مقاومت کششی خاکدانه‌ها می‌شوند.

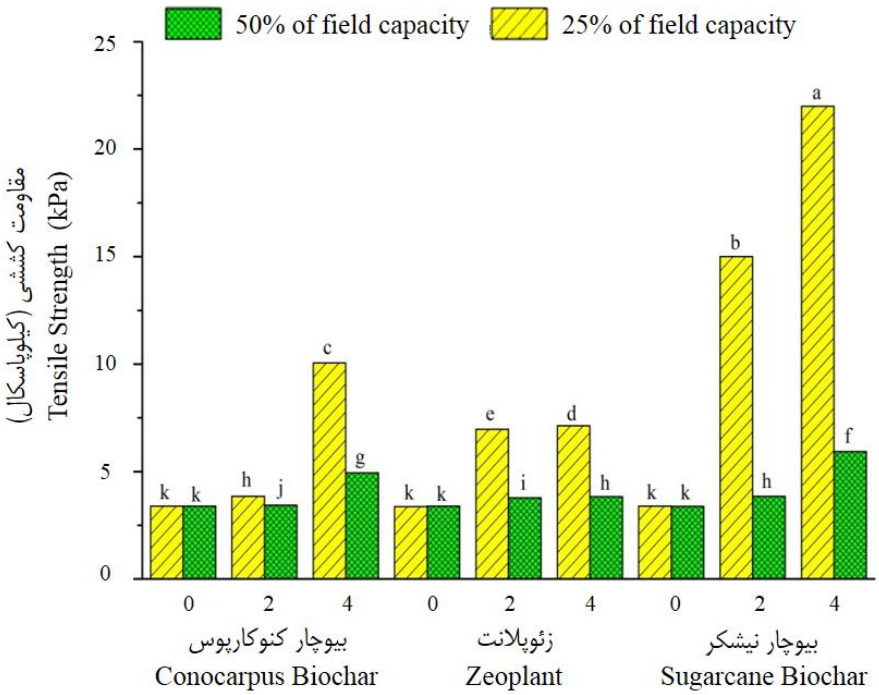
همچنین افزودن تیمارها در هر دو سطح ۲ و۴ درصد و در هر دو سطح رطوبتی ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، سبب کاهش شاخص سله شده است. سله به عنوان یکی از شاخصه‌های تخریب خاک است که در اثر تشکیل آن خصوصیات ساختمانی خاک تخریب شده و لذا خاک در معرض فرسایش و بادبردگی قرار می‌گیرد. همان گونه که نتایج به دست آمده از این پژوهش نیز نشان می‌دهد، افزودن مواد آلی به خاک، به شکل معنی‌داری سبب کاهش شاخص سله شده است. اصولا در مقوله‌های مدیریت پایدار منابع خاک تاکیدی ویژه‌ای به بالا بردن درصد ماده آلی در خاک می‌شود که قادر است با ایجاد باند و یا کمپلکس های آلی–معدنی زمینه را جهت بهبود ساختمان خاک فراهم نموده و در نهایت میزان فرسایش‌پذیری خاک را کاهش دهد. وجود این مواد آلی از طریق بهبود بخش معدنی یا ماتریکس خاک منجر به کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک نیز می‌شود که این کاهش به مفهوم پایین آمدن شاخص تشکیل سله در خاک است. در مقایسه تأثیر سه تیمار بر شاخص سله، بیشترین اثر در کاهش شاخص سله مربوط به زغال زیستی باگاس نیشکر و کمترین تأثیر مربوط به زئوپلانت در هر دو سطح کاربردی و هر دو سطح رطوبتی در مقایسه با دو اصلاح کننده دیگر می‌باشد که دلیل آن ماهیت زئوپلانت مورد استفاده است که به دلیل برخورداری از دو بخش آلی و معدنی لذا سهم کمتری در افزایش درصد و میزان ماده آلی در خاک ایفاء می نماید ولیکن قادر است ظرفیت نگهداری آب در خاک را افزایش دهد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که افزودن ماده آلی به عنوان یک تیمار اصلاحی می‌تواند در کاهش ضریب سله‌بندی خاک و لذا کاهش میزان تخریب آن مؤثر باشد. در راستای اجرای سناریوهای حفاظتی و کاهش هدررفت خاک به طور معمول مواد آلی پوسیده به خاک افزوده می‌شود که ضمن بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک، از تشکیل سله جلوگیری نموده و میزان نگهداشت خاک در برابر عوامل فرساینده را افزایش می‌دهد.

برای زغال زیستی کنوکارپوس و زئوپلانت در هر دو سطح رطوبتی، کاربرد ۲ درصد بیشتر از ۴ درصد بر افزایش شاخص بافت خاک مؤثر بوده است در صورتی‌که برای زغال زیستی باگاس نیشکر کاربرد ۲ و ۴ درصد در رطوبت ۲۵ درصد اختلاف معنی‌داری نداشته ولی در رطوبت ۵۰ درصد اختلاف معنی‌دار بوده است. شکل ۸ نشان می‌دهد که بیشترین STI برای زغال زیستی باگاس نیشکر در ۲ و ۴ درصد کاربردی در رطوبت ۲۵ درصد و کمترین STI برای زئوپلانت در سطح ۴ درصد ورطوبت ۵۰ درصد در مقایسه با سطح صفر می باشد. با توجه به جزء آلی موجود در زئوپلانت که کمتر از دو زغال زیستی ارزیابی شده در این پژوهش می‌باشد، در نتیجه دارای کمترین STI بین تیمارهای بررسی شده است.

1- Failure zones

www.SID.ir

Archive of SID

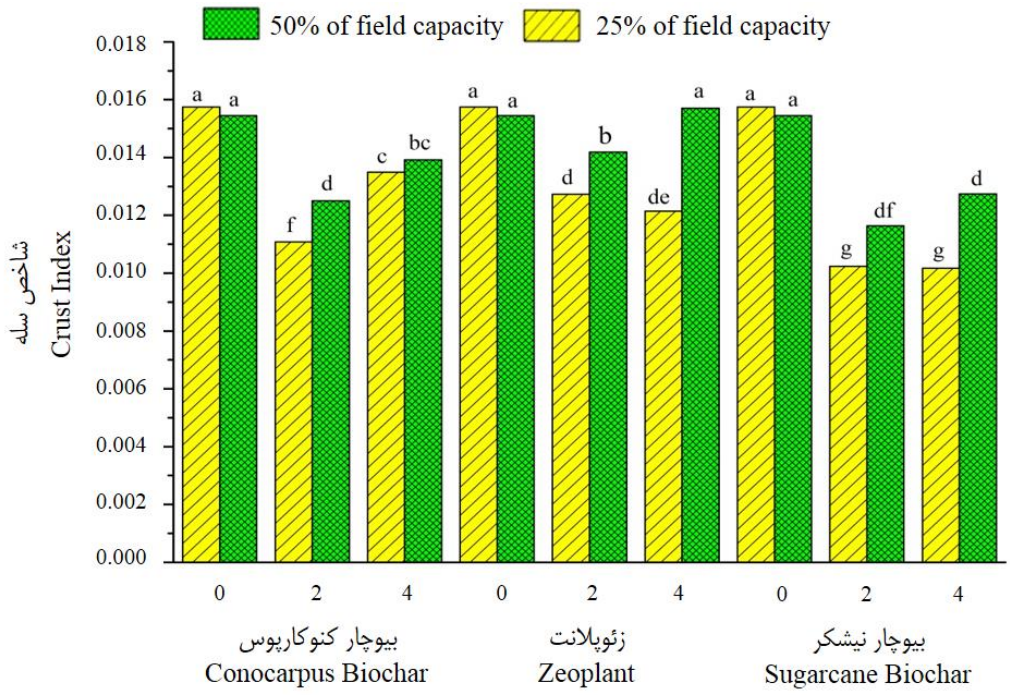


شکل ٦- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تیمارها بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها

اعداد یا حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی باشند (P<0.05).

Figure 6- Mean comparison of effect of different levels of treatments on tensile strength (TS)

Numbers or letters followed by the same letter are not significantly difference based on Duncan test (P<0.05).



شکل ۷- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تیمارها بر شاخص سله (CI)

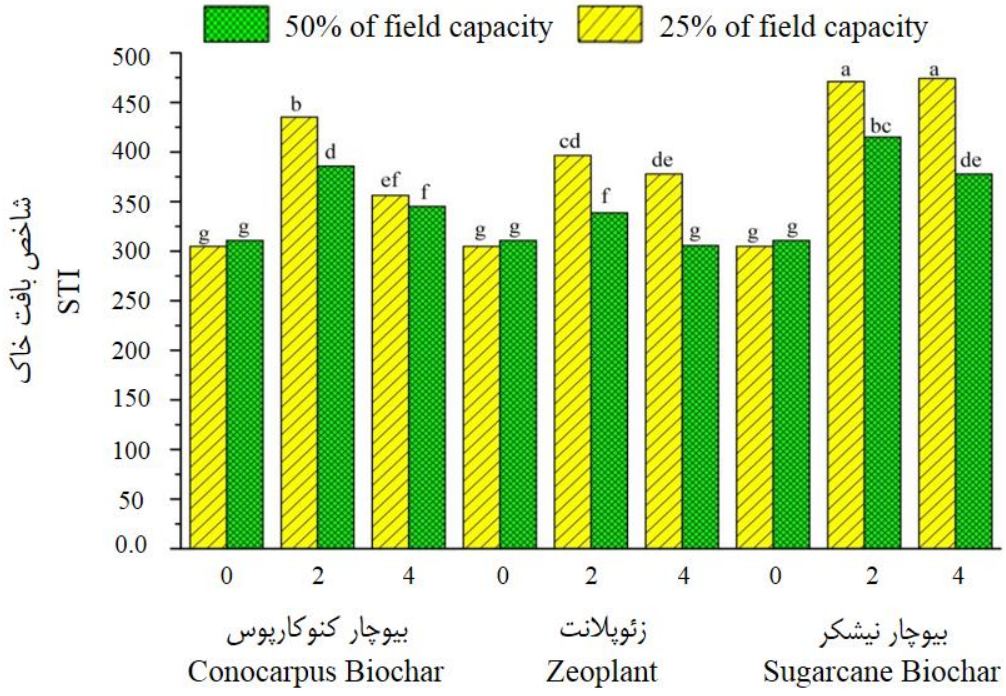
اعداد یا حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی باشند (P<0.05).

Figure 7- Mean comparison of effect of different levels of treatments on crusting index (CI)

Numbers or letters followed by the same letter are not significantly difference based on Duncan test (P<0.05).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تیمارها بر شاخص بافت خاک (STI)

اعداد یا حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی باشند ($P<0.05$).

Figure 8- Mean comparison of effect of different levels of treatments on soil textural index

Numbers or letters followed by the same letter are not significantly difference based on Duncan test ($P<0.05$).

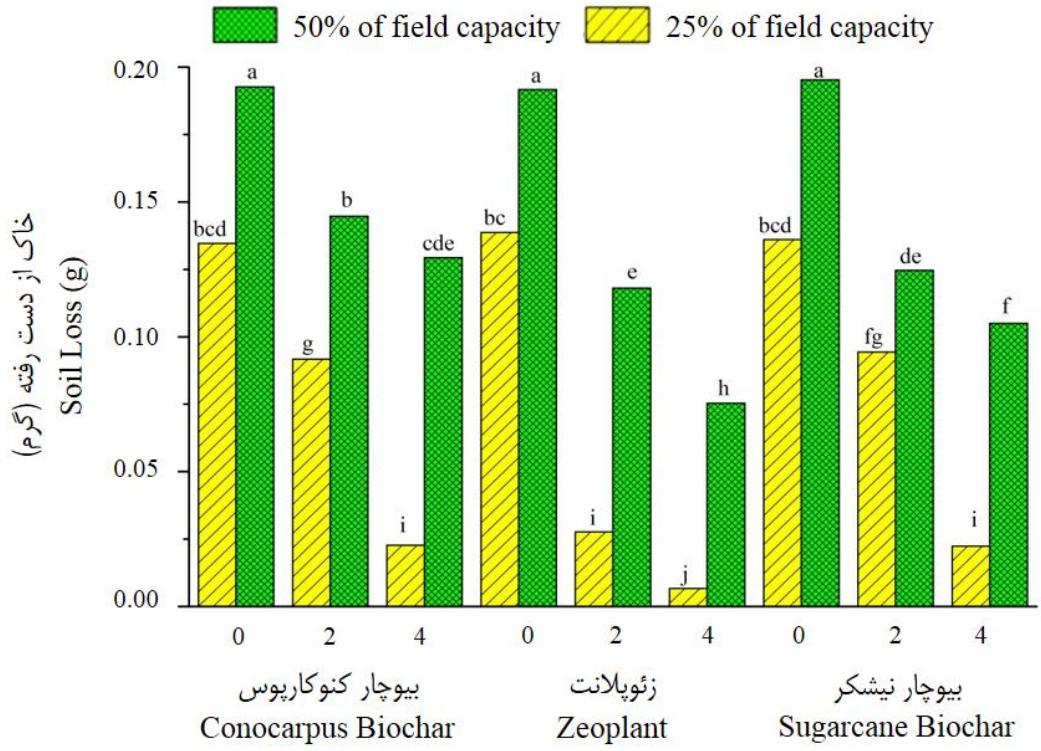
افزایش شاخص بافت خاک را می‌توان به میزان تأثیرات منابع محتوی کربن آلی افزوده شده به خاک نسبت داد، همان طور که در رابطه شاخص بافت نیز بیان شده است هر چه میزان ماده آلی بیشتر شود شاخص بافت خاک نیز افزایش می‌یابد. به بیانی بهتر افزودن تیمارهای ارزیابی شده در این پژوهش به دلیل دارا بودن کربن آلی، تأثیر معنی‌داری در افزایش شاخص بافت خاک داشته‌اند. اندازه‌گیری‌ها نشان داد که کربن آلی زغال زیستی کنوکارپوس ۴۱/۱ درصد و زغال زیستی باگاس نیشکر ۶۸/۳ درصد می‌باشد که مقادیر قابل توجهی می‌باشند (۲).

نتایج حاصل از پارامترهای فیزیکی و مکانیکی اندازه‌گیری شده در این پژوهش نشان داد که افزودن زغال‌های زیستی و زئوپلانت قادر به بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک می‌باشند. همان گونه که در شکل ۹ نشان داده شده است تمامی تیمارهای مورد استفاده با بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی مؤثر بر هدررفت خاک (Soil loss)، منجر به کاهش معنی‌دار فرسایش خاک شده‌اند. البته لازم به ذکر است که بررسی هدررفت خاک در این پژوهش متأثر از باد به عنوان عامل فرساینده بوده است لذا تفسیر تأثیرات پارامترهای فیزیکی و مکانیکی ارزیابی شده در قالب بادبردگی ذرات خاک می‌باشد. کاهش میزان خاک از دست رفته (بر حسب گرم) با سطح کاربرد ۲ و ۴ درصد و رطوبت ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در شکل ۹ مشهود است. با افزایش میزان اصلاح کننده‌ها از ۲ به ۴ درصد، میزان خاک از دست رفته در اثر وزش باد کاهش بیشتری داشته است که در بخش‌های پیشین نیز تشریح شد و دلیل اصلی آن افزایش درصد مواد آلی در خاک است که نقش مؤثری را هم در ایجاد پیوند بین بخش‌های معدنی ایفاء می‌نماید و هم اینکه سبب استحکام ساختمانی خاک می‌گردد و خاکدانه‌سازی را بهبود می‌بخشد. اثر متقابل سطوح رطوبتی و سطوح اصلاح کننده نشان می‌دهد که با کاربرد ۴ درصد برای هر سه اصلاح کننده و رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، کمترین میزان خاک در اثر فرسایش بادی از دست رفته است. در مقایسه با خاک شاهد، کمترین میزان خاک از دست رفته مربوط به زئوپلانت در سطح ۴ درصد و رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و بیشترین خاک از دست رفته مربوط به زغال زیستی کنوکارپوس در سطح ۲ درصد و رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد.

کاهش خاک از دست رفته در این مطالعه را می‌توان به بهبود ساختمان خاک که نتیجه افزایش ماده آلی، تخلخل، مقاومت کششی، مقاومت برشی و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت داد. هر چه میزان ماده آلی خاک افزایش یابد تخلخل افزایش یافته در نتیجه جرم مخصوص ظاهری کاهش می‌یابد، بدین ترتیب خاک با وجود پیوندهای درون ساختمانی، در مقابل فرسایش مقاوم می‌شود و لذا آستانه فرسایش‌پذیری آن افزایش می‌یابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- مقایسه میانگین تاثیر سطوح مختلف خاک از دست رفته (Soil loss)

اعداد یا حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نمی باشند ($P<0.05$).

Figure 9- Mean comparison of effect of different levels of treatments on soil loss

Numbers or letters followed by the same letter are not significantly difference based on Duncan test ($P<0.05$).

نتیجه‌گیری

در راستای تحقق اهداف توسعه و مدیریت پایدار در عرصه‌های منابع طبیعی و نیز مدیریت پسماندهای آلی با استفاده بهینه آنها در این پژوهش تأثیرات دو نوع زغال زیستی و زئوپلانت بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک‌های حساس به فرسایش بادی در استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری و لذا افزایش تخلخل خاک گردیده است. همچنین هرسه اصلاح کننده سبب کاهش مقاومت به فروروی خاک (PR) شده و به ترتیب زغال زیستی باگاس نیشکر، زغال زیستی کنوکارپوس و زئوپلانت بیشترین اثر را در کاهش مقاومت به فروروی داشته است. به طور کلی با افزودن اصلاح کننده‌ها به خاک، میزان خاک از دست رفته در اثر عامل فرساینده باد کاهش یافته است که دلیل اصلی آن نیز افزایش درصد ماده آلی موجود در خاک و لذا بهبود ویژگی‌های ساختمانی خاک می‌باشد. کاهش خاک از دست رفته در این مطالعه را می‌توان به بهبود ساختمان خاک که نتیجه افزایش ماده آلی (از ۱/۹۳ درصد به ۳/۷۸ درصد) و تخلخل خاک و در نهایت کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت داد. تمامی این پارامترهای فیزیکی و مکانیکی ضمن ارتباط با همدیگر، از میزان و چگونگی مواد آلی خاک تأثیر می‌پذیرند به گونه‌ای که وجود مواد آلی در خاک که مستخرج از تیمارهای آلی افزوده شده به خاک می‌باشد، تعیین کننده مقدار این پارامترها است. در مجموع تأثیرگذاری این مواد آلی را می‌توان به دو بخش کلی تقسیم نمود که بخش اول مربوط به بهبود ویژگی‌های ساختمانی، افزایش خاکدانه‌سازی و نیز ایجاد کمپلکس‌های آلی-معدنی می‌باشد که ماحصل آن افزایش در اندازه خاکدانه‌ها و نیز بالارفتن میزان مقاومت آنها در برابر فرسایش‌پذیری است. بخش دوم تأثیرات مثبت این مواد بر اساس قرار گرفتن آنها به صورت اجسامی فیزیکی در سطح خاک و لذا بالابردن مقاومت سطح خاک در برابر عوامل فرساینده است که در قالب ایجاد لایه محافظ در سطح خاک بیان گردید. این رخداد به طور خاص در ارتباط با زغال زیستی رخ می‌دهد که تکه‌های باقی مانده در سطح خاک به نام Biochar lumps نامیده می‌شوند و وجود آنها مانع از بادبردگی ذرات خاک می گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1- Ahmadi H. 2009.Applied Geomorphology (water erosion). Tehran University Press.
2- Alipour Babadi M., Moezzi A.A. Nouruzi Masir M., and Khademalrasoul A. 2018. Effects of feedstock and temperature of pyrolysis on some chemical and physical properties of biochar. Iran J Soil Water Research 49(3): 537-547.
3- Baiamonte G., Crescimanno B., Parrino F., and De Pasquale C. 2019. Effect of biochar on the physical and structural properties of a sandy soil. Catena 175: 294–303.
4- Be´langer N. 2000. Investigating the long-term influence of atmospheric acid deposition and forest disturbance on soil chemistry and cation nutrient supplies in a forested ecosystem of southern Quebec. Ph.D. thesis, McGill University, Montreal.
5- Busscher W.J., Novak J.M., Evans D.E., Watts D.W., Niandou M.A.S., and Ahmedna M. 2010. Influence of pecan biochar on physical properties of a Norfolk loamy Sand. Soil Science 175: 10-14.
6- Dexter A.R., and Kroesbergen B. 1985. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. Journal of Agricultural Engineering Research 31(2): 139-147.
7- Dexter A.R., and Watts C.W. 2000. Tensile strength and friability. Soil and environmental analysis: Physical Methods 2: 405-433.
8- Downie A., Crosky A., and Munroe P. 2009. Physical properties of biochar. In: Biochar for Environmental Management: Science and Technology (Eds. Lehmann, J. & Joseph, S.), Earthscan.
9- Ekhtesasi M.R. 1994. Mapping and sensivity of lands in Ardakan to wind erosion. Msc thesis, Faculty of Natural Resources, Yazd University.
10- Gholami S.H. 2003. The simulation of daily sediment yield by using distributed SWAT model in mountainous catchment (Amameh catchments). Journal of Research and Construction 16: 28-33.
11- Hallett P.D., Dexter A.R., and Seville J.P.K. 1995. Identification of pre-existing cracks on soil fracture surfaces using dye. Soil and Tillage Research 33: 163-184.
12- Herath H.M.S.K., Camps-Arbestain M., and Hedley M. 2013. Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: an Alfisol and an Andisol. Geoderma 209: 188–197.
13- Jaafari Shalkuhi A., Vafaian,M., Roshan Zamir M.A., and Mir Mohammad Sadeghi M. 2015. Evaluation of effective factors on fixation of fine textured soils against wind to prevent dust storm. Water and Soil Journal 19(73): 273-285.
14- Kemper W.D., and Rosenau R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution.
15- Khademalrasoul A., Naveed M., Heckrath G., Kumari K.G.I.D., Jonge L.W., and Elsgaard L. 2014. Biochar effects on soil aggregate properties under no-till maize. Soil Science 179: 273–283.
16- Liu X., Zhang A., Ji C., Joseph S., Bian R., Li L., Pan G., and Paz-Ferreiro J. 2013. Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions a meta-analysis of literature data. Plant Soil 373: 583–594.
17- Lehmann J., Gaunt J., and Rondon M. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems- A review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 11: 403–427.
18- Mehrabi Sh. 2013. Mapping of dust storms using Satellite Images (Case study: Khuzestan Province). Msc thesis, Isfahan Industrial University. 123pp.
19- Movahedan M., Abbasi N., and Keramati M. 2011. Laboratory evaluation of PVC effect on wind erosion control. Water and Soil Journal 25(3): 606-616.
20- Novak J.M., Busscher W.J., Laird D.L., Ahmedna M., Watts D.W., and Niandou M.A.S. 2009. Impact of Biochar Amendment on Fertility of a Southeastern Coastal Plain Soil, Soil Science 174(2): 105–112.
21- 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 Plant Nutrient 13(4): 991–1002.
22- Pagliai M. 1987. Effects of different management practices on soil structure and 10 surface crusting. In: N. Fedoroff, L.M. Bresson and M.A. Courty (eds.), Soil 11 Micromorphology. Paris: AFES, pp. 415-421. 12.
23- Reddy K.R., Yaghoubi P., and Yukselen-Aksoy Y. 2015. Effects of biochar amendment on geotechnical properties of landfill cover soil. Waste Manage Research 33: 524–532.
24- Shahnavaz M., Gholami A., Noorzadeh Haddad M., and Panahpour A. 2015. Study of efficiency of polymeric mulch on soil loss against wind erosion using wind tunnel. The first international conference of dust storm, Shahid Chamran University of Ahvaz.
25- Sobhani B. 2002. Comparison of FAO and MPSIAC methods for estimating sediment and erosion using GIS. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 8: 15-28.
26- 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.
27- Zong Y., Chen D., and Lu S. 2014. Impact of biochars on swell–shrinkage behavior, mechanical strength, and surface cracking of clayey soil. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 177(6): 920-926.

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 5, Nov.-Dec. 2019, p. 723-737

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۸، ص. ۷۳۷-۷۲۳

Effects of Biochar and Zeoplant on Physical and Mechanical Properties of Erodible Soils (Case Study: Bostan)

H. Lohrasbi[1]– A. Khademalrasoul[2]*– A. Farrokhian Firuzi[3]

Received: 28-01-2019
Accepted: 14-10-2019

Introduction: Wind erosion is one of the most important environmental challenges in arid and semiarid regions which cause soil loss and dust storm. In recent decades, the potential of soil erosion has been recognized as serious threat against soil sustainability. In addition, accelerated soil erosion has led to harmful environmental effects. Therefore, focus on soil erosion outcomes is necessary in order to mitigate its environmental impacts. Understanding interactions between land use management and topographical properties of landscape are important in order to effectively control soil erosion through implementing best management practices (BMPs). Application of mulch is one of the most prevailing scenarios to prevent the erosive soil against wind as an erosive factor in the hotspots. In this regard the type of much is really important because the environmental aspects and the mulch consistency are important factors for production and selection of mulch between several options. Nowadays, sustainable management is one of the most important scopes in order to achieve the aims of human healthy. In this regards the Bagasse of sugarcane and Conocarpus were selected as feedstocks to produce biochars. Biochar is the by-product of anaerobic process which called pyrolysis. The biogases, energy and so on are other outputs of pyrolysis. Another treatment which evaluated in this study was Zeoplant. Zeoplant is a super absorptive material which is able to hold the water in the soil therefore is capable to enhance the water holding capacity of the soil.

Materials and Methods: In this study the effects of biochar of Bagasse from sugarcane, biochar of *Conocarpus* and Zeoplant in three levels (0, 2 and 4 percentage) and two moisture levels (25 and 50 percentage of FC) and 3 replications in randomized completely design with factorial on physical and mechanical properties of soil as indices of soil erodibility was studied. Soil sampling accomplished from Horalazim marshes and after application of treatment, incubated in tray with the size of 70×30×10 cm for 90 days. After incubations the trays located in wind tunnel in order to simulate wind erosion process under a wind with 15 m/sec speed and 2 m from soil surface. The main measured soil physical and mechanical parameters include mean weight diameter (MWD), penetration resistance (PR), tensile strength (TS), friability index (FI), shear strength, crusting index (CI), soil textural index and organic matter. The statistical analysis was performed using SAS 9.2 software and the mean comparison was accomplished with Duncan test (5 %). In order to draw the graphs Origin 2017 software was used.

Results and Discussion: The soil texture was silty loam (SiL) including 62% silt, 26% clay and 12% sand, therefore the soil was sensitive to wind erosion. Soil organic matter before application of biochars and Zeoplant was around 1.93% and after application increased to 3.78%. Application of these treatments and the period of incubation, enhanced the soil porosity. Generally increasing soil organic matter and soil porosity and decreasing of bulk density are the main factors to increase the soil aggregation. Our results showed that all three treatments in two moisture levels significantly increased soil porosity, tensile strength and field capacity and decrease soil crusting index ($P<0.01$). Biochar of bagasse and Zeoplant (2%) also significantly increased shear strength whereas biochar of *Conocarpus* has no significant effect on shear strength. Overall the applied treatments with armoring effect (AE) and increase the soil aggregate stability, diminished the wind erosion.

Conclusion: Our study illustrated that application of biochar is able to improve soil physical and mechanical properties. The main aspect of this positive effect is the specific characteristics and the structure of biochar which showed with SEM (Scanning electronic microscope) images. Moreover, Zeoplant is organic-inorganic treatment and including high potential to absorb the water in the soil. Indeed, the mulching is an effective management strategy to maintain and preserve the soil against wind (as erosive agent) however afterwards a vegetation cover must be grow on the surface. Therefore some treatments such as Zeoplant are essential to hold the water in the soils of arid and semiarid regions because in those areas the water scarcity is one of the main challenges. Based on our results and evaluation of these treatments we found two main processes which are effective to mitigate wind erosion. The first is aggregation process because of organic carbon and organic matter in the soil and the binding between organic and inorganic

1, 2 and 3- Former M.Sc. Student, Assistan Professor and Associate Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email :a.khademalrasoul@scu.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

components. The second one is an armoring effect which is originating from amendments especially biochar lumps on the surface. Finally our results confirmed the application of evaluated treatments to preserve the erosive soil against wind.

Keywords: Biochar, Hotspot, Mulch, Wind tunnel, Zeoplant

www.SID.ir