پژوهش های آبخیزداری شماره ۹۸، بهار ۱۳۹۲
(پژوهش و سازندگی)

اثر مواد اصلاح کننده آلی و معدنی بر میانگین وزن– قطر خاکدانه‌ها

• **محمد جواد روستا**
استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری
• **کوکب عنایتی** (نویسنده مسئول)
کارشناس ارشد خاک شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس
تاریخ دریافت: تیر ماه ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: مرداد ماه ۱۳۹۰
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۶۱۱۹۷۴۰
Email: Enayatik@yahoo.com

چکیده

با توجه به تاثیر ساختمان خاک و پایداری خاکدانه ها بر فرسایش پذیری خاک و لزوم افزایش پایداری و مقاومت خاکدانه ها در برابر عوامل فرساینده ای مانند باد و آب، این تحقیق روی نمونه خاک سطحی (عمق۲۰-۰ سانتی متر) جمع آوری شده از اراضی زراعی حساس به فرسایش آبی واقع در جنوب استان فارس انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۱۰ تیمار شاهد (بدون افزودن ماده اصلاح‌کننده)، گچ خالص، کاه و کلش خرد شده گندم، کود دامی، کاه و کلش همراه با گچ، کود دامی همراه با گچ هر کدام به میزان یک درصد وزنی، سیمان به میزان ۰/۳ ، ۰/۶ و ۰/۹ درصد وزنی و گچ همراه با سیمان به میزان ۰/۹ درصد وزنی و در ۳ تکرار اجرا گردید. یک، چهار و هفت ماه پس از اعمال تیمارها، میزان خاکدانه‌های با اندازه‌های ۵۳ تا ۴۰۰۰ میکرومتر به روش الک‌تر اندازه‌گیری و میانگین وزن- قطر آنها محاسبه گردید. هفت ماه بعد از اعمال تیمارها، تیمارهای کاه و کلش، کاه و کلش همراه با گچ و کود دامی همراه با گچ، به ترتیب ۲/۷، ۳/۵ و ۱/۴ برابر باعث افزایش میانگین وزن- قطر خاکدانه‌ها در مقایسه با شاهد شدند. در مجموع، براساس نتایج این تحقیق می توان کاربرد کاه و کلش همراه با گچ، کاه و کلش تنها و کود دامی همراه با گچ را برای افزایش مقاومت در برابر فرسایش در خاک های مشابه با خاک مورد مطالعه پیشنهاد نمود.

کلمات کلیدی: الک تر، پایداری خاکدانه‌ها، فرسایش، ماده اصلاح کننده، میانگین وزن- قطر خاکدانه ها

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 98 pp: 24-33

Effects of organic and mineral amendments on mean-weight diameter of soil aggregates

By: M.J. Rousta, Associate Prof. of National Salinity Research Center, K. Enayati, (Corresponding Author; Tel: +989176119740) MSc. Agriculture and Natural Resources Research Center of Fars Province.

Received: July 2010 **Accepted: August 2011**

Soil structure and aggregate stability affect soil erodibility. There is a necessity for increasing aggregate stability against erosive factors such as wind and water. This study conducted on surface soil samples (0-20cm) collected from agricultural land susceptible to erosion located in the south of Fars Province. The experimental design was CRD with 10 treatments of control plot (without addition of soil amendments), pure gypsum, chopped wheat straw, animal manure, wheat straw and gypsum, animal manure and gypsum (1% w/w), cement (0.3, 0.6 and 0.9% w/w), and gypsum and cement (0.9% w/w) in 3 replicates. Amounts of soil aggregates in 53-4000 µm sizes were determined by wet sieving and MWD was calculated after one, four and seven months. After seven months, the results showed that the wheat straw, wheat straw and gypsum, and animal manure and gypsum treatments 2.7, 3.5 and 1.4 times respectively increased the MWD compared to the control. Generally, based on the results of this study, application of wheat straw with gypsum, wheat straw and animal manure with gypsum for increasing the stability of similar soils is recommended.

Keywords: Aggregate stability, Amendment, Erosion, Mean-Weight Diameter, Wet sieving.

مقدمه

طبق گزارش های خاکشناسی موجود، مساحت خاک های متأثر از نمک در استان فارس حدود ۵۸ هزار هکتار برآورد شده است که ۴۳ درصد از این اراضی شور، ۱۰ درصد سدیمی و ۴۷ درصد شور و سدیمی می‌باشد. برای اصلاح اینگونه خاک ها در بسیاری موارد فقط اعمال آبشویی املاح خاک و در صورت لزوم، احداث شبکه زهکشی کافی است. ولی در مواردی، علاوه بر روش های مذکور نیاز به مصرف موادی می‌باشد که تحت عنوان اصلاح کننده‌های خاک نامیده می‌شوند.

مواد اصلاح‌کننده خاک[1] یا مواد بهساز[2] موادی هستند که در اصلاح خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک از آنها استفاده می‌شود. کاربرد اصلاح کننده‌ها در انواع خاک‌ها رفتار مشابه و یکسانی نخواهند داشت. زیرا خاک های مختلف دارای خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بسیار گوناگون هستند. تعدادی از خصوصیات فیزیکی مهم که تحت تأثیر استفاده از این مواد قرار می‌گیرند و در ارزیابی اثرات اصلاح‌کننده‌های خاک مفید هستند عبارت از ظرفیت نگهداری آب، سرعت نفوذ عمودی آب، تخلخل، ساختمان خاک، تهویه خاک، پایداری خاکدانه[3] و جرم مخصوص ظاهری می باشند (Hickman و Whitney، ۱۹۸۸). Castrofilho و همکاران (۲۰۰۲) معتقدند که پایداری خاکدانه یک فاکتور مهم برای ارزیابی کیفیت فیزیکی یک خاک است. Lado و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که افزایش ماده آلی در خاک از ۲/۳ به ۳/۵ درصد سبب افزایش اندازه خاکدانه‌های با قطر ۲ تا ۴ و ۴ تا ۶ میلی‌متری گردیده که کاهش فرسایش و هدرروی خاک و افزایش MWD و پایداری خاکدانه‌ها را به دنبال دارد. از طرف دیگر Emadodin و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که افزایش شاخص ناپایداری خاک های مورد مطالعه به علت کاهش اندازه خاکدانه‌ها بوده است. آنها همچنین گزارش کردند که خاکهایی که دارای مقدار ماده آلی بیشتری هستند دارای ساختمان بهتر و مقاومت بیشتر در برابر عوامل فرساینده‌ای مانند آب و باد هستند. Annabi و همکاران (۲۰۰۷) نیز نقش مؤثر مواد آلی در افزایش پایداری خاکدانه‌ها و به دنبال آن ایجاد خاکدانه‌های بزرگتر و افزایش مقدار MWD را با افزایش نیروی پیوستگی بین خاکدانه‌ها توسط ترکیبات موجود در مواد آلی مرتبط می‌دانند. Han و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تشکیل خاکدانه ها نتیجه فعل و انفعالات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی رخ داده در اکوسیستم خاک است و خاکدانه ها می توانند به شکل فیزیکی کربن آلی را در بین خود حفظ نموده و از تخریب و پوسیده شدن آن در خاک جلوگیری نمایند. Emadodin و همکاران (۲۰۰۹) نیز نتایج مشابهی در این زمینه گزارش کردند. خاکدانه های بزرگتر از ۲۵۰ میکرومتر دارای کربن آلی بیشتری نسبت به خاکدانه های کوچکتر از ۲۵۰ میکرومتر هستند بنابراین تشکیل و حضور این دسته از خاکدانه ها به عنوان منبعی از کربن آلی در خاک به شمار می روند (Han و همکاران، ۲۰۱۰). Bouajila و Gaallali (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که ارتباط بین پایداری خاکدانه‌ها و افزایش مقدار MWD با ماده آلی بستگی به عوامل پیوندی (هیف‌ها و ریشه‌ها) و ترشحات پلی‌ساکاریدی قارچ ها دارد که باعث بهبود خاکدانه‌سازی و ایجاد خاکدانه‌های بزرگتر خواهد شد. در ایران نیز نتایج مطالعات کریمی (۱۳۸۳) در منطقه چاهو (منطقه مورد مطالعه) نشان می‌دهد که ماده آلی و pH با درصد خاکدانه‌های ۲ تا ۴ میلی‌متری ارتباط دارد. او همچنین، گزارش کرد که ماده آلی از طریق کاهش pH نیز باعث افزایش درصد خاکدانه‌های ۲ تا ۴ میلی متری گردیده و در نتیجه MWD نیز افزایش یافته است. ماده آلی خاک می‌تواند باعث پایداری ساختمان خاک و کاهش خرد شدن[4] خاکدانه‌ها و پراکندگی رس ها شود و در نتیجه فرسایش پذیری را کاهش دهد (برزگر، ۱۳۸۳).

Archive of SID

از طـرف دیگر، برخی مـواد معدنی مانند ذرات رس، اکسـیدهای آهـن و آلومینیـوم، کربنات کلسـیم و کاتیون هـای چندظرفیتی، در پایداری خاکدانه‌ها از اهمیت بسـزایی برخوردار می‌باشند (Nearing و Braforrd، ۱۹۸۵). نظریه‌هـا و مراحـل خاکدانه‌سـازی در خاک هایـی وجود دارد که مـواد آلی به عنـوان عامل اصلـی پیوند دهنده ذرات می‌باشـد ولی متأسـفانه نقش مواد معدنی مثل اکسیدهای آهن و آلومینیوم بی‌شـکل و کربنات کلسـیم را در تشکیل خاکدانه‌ها نشان نمی‌دهنـد، در حالی که خاک های اکسی‌سـول و خـاک های کربناته نیـز دارای خاکدانه‌های پایدار می‌باشـند. در این رابطـه نیز تحقیقات Bouajila و Gallali (۲۰۱۰) نشـان داد کـه حضـور مـاده آلی در خاک های فاقد کربنات کلسـیم و با بافت شنی بر پایداری خاکدانه ها مؤثرتر از خاک هایی اسـت که دارای کربنات کلسیم و بافت ریزتر می باشـند. بنابراین، عواقب و مشکلات کمبود ماده آلی در خاک های غیر کربناته بر پایداری خاکدانه ها بسـیار چشـمگیرتر اسـت. Lebron و همکـاران (۲۰۰۲) در تحقیقی که اثر ماده اصلاح‌کننده گچ را بر اندازه و شکل هندسـی خاکدانه‌ها در ۳ خاک شور و سدیمی بررسی کردند، گـزارش نمودند که مصرف گچ ESP را کاهش داده و به دنبال کاهش SAR، ESP و pH، سـطح خاکدانه‌هـا و در نتیجه انـدازه خاکدانه‌ها بزرگتر می‌گردد. بنابراین، مصرف گچ باعث تشکیل خاکدانه‌های بزرگتر می‌گـردد. از طرف دیگر، حضور گچ در خاک از شکسـتگی خاکدانه‌ها در موقع مرطوب شـدن آنها، از طریق افزایش غلظت کلسیم در محلول خاک و خارج کردن سـدیم از مکان های تبادلی، جلوگیری می‌کند. با توجه به اینکه مطالعات انجام شـده در ارتباط با مکانیسم‌های تشکیل خاکدانه در خاکهای مناطق خشـک (که از نظر مواد آلی فقیرند) ناچیز و ناقص اسـت، انجام تحقیقاتی در این زمینه ضروری به نظر می‌رسـد. همچنین، تحقیقات انجام شده بر اثرات ناشی از مواد معدنی بر پایداری خاکدانه‌ها پراکنده و ناقص اسـت و جا دارد که بر این موضوع بررسـی و مطالعـه بیشـتری صورت گیرد. از طرف دیگر، بررسـی اثرات توأم و جداگانه مواد آلی و ترکیبات کلسـیم دار (گچ و سـیمان) در خاکهای مسـاله دار مانند خاک های شـور، سدیمی و یا شـور- سدیمی کمتر مطالعه شـده اسـت. در کشـور ما آب‌ها و خاک های شور و سدیمی، منابعی هسـتند که با اعمال شیوه‌های مدیریتی در استفاده از آنها قادر به بیش از دو برابر تولید فعلی می‌باشند. بنابراین، مدیریت بهره‌برداری از این اراضی نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش تولید ایفا می‌کند. کاربری اینگونه اراضی بدون مدیریـت صحیح و عدم مصرف مواد اصلاح‌کننده می‌تواند خطرات غیرقابـل جبرانی ایجاد نماید. بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسـی اثرات ترکیبی مواد آلی (مانند کاه وکلش گندم و کود دامی) و مواد معدنی کلسـیم دار (مانند گچ و سـیمان) بر تشـکیل و افزایش مقدار خاکدانه‌های پایدار در آب روی خاک های شور و سدیمی و بسـیار حساس به فرسـایش آبکندی منطقه دشـت چاهو در استان فارس اجرا گردید.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه (دشـت چاهو) واقع در شـمال روستای چاهو از در ۵ کیلو متری شهرسـتان مهر قرار دارد. این دشت دارای مساحت ۳۳۱۳ هکتـار بوده و در محـدوده جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی۲۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی واقع شده است. آبکندهای این منطقه از نوع فعال بوده و دارای متوسط عمق ۲ متر و عرض متوسط ۱/۵ متر می‌باشـند (کریمی، ۱۳۸۳). با توجه به نتایج تجزیه خاک های دشـت چاهو، در جنوب اسـتان فارس شور و سدیمی بوده و بسیار حساس به فرسـایش آبکندی هسـتند. نمونه‌های خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر برداشت شد و سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس، کاملاً با یکدیگر مخلوط شـده و یک نمونه مرکـب تهیه گردید. در جدول ۱ برخی از خصوصیات خاک مورد آزمایش آورده شده است.

تیمارهای آزمایشی مورد استفاده با بررسی پژوهش‌های انجام شده توسط سایر محققان (از جمله Chorom و Rengasamy (۱۹۹۷) و Shanmuganathan و Oades (۱۹۸۳) و ...) و بـا توجه به تجارب پژوهشـی گذشته نویسندگان (روسـتا و همکاران، ۱۳۸۰ و ...) انتخاب شـدند. کارهای پژوهشی نام برده شده در سطح مزرعه و با تعداد کمتر و تنـوع کمتـری از تیمارها انجام شـده بود لذا ایـن آزمایش با تعداد تیمارهای بیشتر و تنوع بیشتر و در مقیاس کوچکتر (به صورت آزمایش گلخانه‌ای) و در گلدان انجام شـد تا بعد از انتخاب تیمارهای شـاخص آزمایش دیگری در سـطح مزرعه صـورت گیرد تا هم در وقت و هزینه صرفه‌جویی گردد و هم از صحت نتایج اطمینان بیشتری حاصل گردد. تیمارهای اسـتفاده شده به راحتی قابل اعمال هستند و اصلاً به همین دلیـل انتخاب گردیدند و عملـی بودن آنها یکی از اهـداف اصلی این تحقیق بوده اسـت. شیوه و مراحل تهیه تیمارها پیچیده و مفصل نبود که البته نکات مهم در این رابطه آورده شـده اسـت. علاوه بر این، باید هزینـه اقتصادی تهیه مـواد اصلاح کننده و در دسـترس بودن آنها را نیـز باید همواره مد نظر قرار داد. در این تحقیق سـعی شـد که علاوه بـر مصرف مواد اصلاح کننده آلی و معدنی، این مواد ارزان قیمت و در دسـترس نیز باشـند. منابع مواد آلی اصلاح کننده مصرف شده در این تحقیق کود دامی و کاه و کلش گندم، و منابع مواد اصلاح کننده معدنی مصرف شـده نیز شامل گچ و سـیمان بودند که هم ارزان قیمت و هم به راحتی قابل تهیه و در دسـترس بودند. کاه کلش مورد استفاده پس از جمع آوری از مزرعه خشـک گردید و بـه صورت قطعات با میانگین طولی ۵ سـانتی‌متر خرد شد. کود دامی پوسیده گوسفندی نیز پس از خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. گچ مورد استفاده گچ خالص موجود در آزمایشـگاه با فرمول $CaSO_4,2H_2O$ بود و سیمان مورد استفاده در این تحقیق معروف به سیمان سبز بود که از فروشگاه مصالح سـاختمانی تهیه شد. در این تحقیق تیمار شاهد (بدون افزودن ماده اصلاح‌کننده)، تیمـار گچ خالص به میزان یک درصد وزنی، تیمار کاه و کلش خرد شده گندم به میزان یک درصد وزنی، تیمار کود دامی به میزان یک درصد وزنی، تیمار کاه و کلش و گچ هر کدام به میزان ۱ درصـد وزنی، تیمار کود دامی و گـچ هر کدام به میزان ۱ درصد وزنی، تیمار سـیمان در سه سطح ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ درصد وزنی و تیمار گچ به میزان ۱ درصد وزنی همراه با سـیمان ۰/۹ درصد وزنی بودند. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد اصلاح‌کننده آلی و معدنی استفاده شده در جدول ۲ آورده شده است. از هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته

Archive of SID

جدول۱- برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد مطالعه

ویژگی	واحد	مقدار	ویژگی	واحد	مقدار
عمق	سانتی‌متر	۰-۲۰	کربن آلی	درصد	۰/۶
هدایت الکتریکی عصاره اشباع	دسی‌زیمنس برمتر	۱۸/۲	گچ	درصد	۰/۷
اسیدیته گل اشباع	-	۷/۵	کربنات کلسیم معادل	درصد	۵۳/۵
نسبت جذب سدیم	-	۱۸/۳	رس	درصد	۱۸
درصد سدیم تبادلی	-	۲۲/۸	شن	درصد	۲۶
ظرفیت تبادل کاتیونی	سانتی مول برکیلوگرم	۷/۱	سیلت	درصد	۵۶
سدیم قابل تبادل	سانتی مول برکیلوگرم	۱/۶	بافت	-	سیلتی لوم

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد اصلاح‌کننده آلی و معدنی

نام ماده	خصوصیت			
کاه و کلش گندم	۳= درصد رطوبت	٪O.C=۹/۴۹	٪T.N=۰/۷	C:N=۷۵
کود دامی	۱۸= درصد رطوبت	٪O.C= ۴/۳۹	٪T.N=۲/۱	C:N=۱۹/۳
سیمان	*EC= ۹/۱۸ $dS.m^{-1}$	*pH=۳/۱۲	٪CaO=۴۷/۳	اندازه ذرات <$10^{6}\mu m$

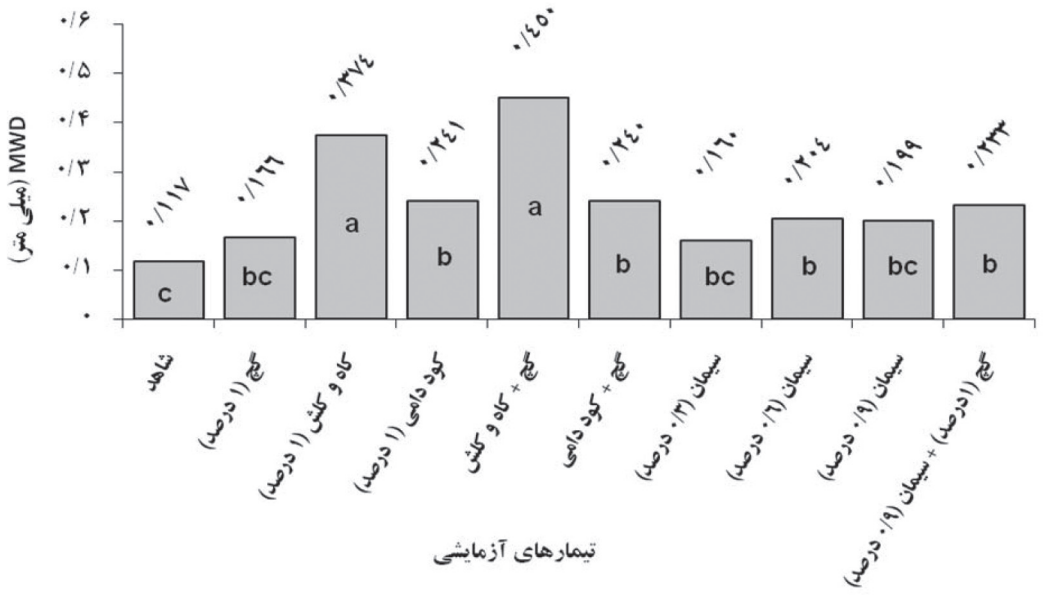
*خصوصیات فوق در سوسپانسیون ۱:۵ اندازه گیری گردید.

شد و سه کیلوگرم از خاک مورد آزمایش در گلدان های هر تیمار با مواد اصلاح‌کننده مربوطه کاملاً مخلوط گردیده و در گلدان ها ریخته شد. آزمایش در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. در طول مدت آزمایش رطوبت گلدان ها با آبیاری آنها به وسیله آب لوله در حد ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه نگهداری شد. نسبت N:C کاه وکلش با استفاده از کود اوره در حد ۵۰ تنظیم گردید.با توجه به تجارب محققین و تجارب نویسندگان در پژوهش‌های قبلی (روستا و همکاران، ۱۳۸۰) و با توجه به تأثیر تدریجی مواد معدنی مورد استفاده (گچ و سیمان) و تجزیه تدریجی مواد آلی بوسیله میکروارگانیسم ها و همچنین تأثیر مواد حاصل از تجزیه پلی‌ساکاریدهای میکروبی بصورت موقت و تاثیر طولانی مدت مواد مقاوم به تجزیه در اتصال ذرات کوچک و تشکیل و پایدار سازی خاکدانه های بزرگتر، زمانهای یک، چهار و هفت ماه برای انجام آزمایش در نظر گرفته شد. این آزمایش در طی سه مرحله یک، چهار و هفت ماه پس از اعمال تیمارها انجام و سپس در هر مرحله با برداشت نمونه‌های ۵۰ گرمی از هر تیمار، میزان خاکدانه‌ها با اندازه‌های۵۳ تا ۴۰۰۰ میلی‌متر به روش الک‌تر و با روش اصلاح شده Kamper و Rosenau (۱۹۸۶) اندازه‌گیری شد. الک‌های مورد استفاده در این آزمایش از کوچک به بزرگ به ترتیب شامل اندازه‌های ۵۳، ۱۰۶، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میکرو متر بودند. دستگاه با نوسان عمودی ۲/۵ سانتی‌متر و با سرعت ۳۰ دور در دقیقه به مدت ۳ دقیقه در سطل‌های پلاستیکی حاوی آب معمولی حرکت داده شد. سپس مقدار خاکدانه‌های باقیمانده روی هر الک در ظروف فلزی مربوطه شسته شده و در آون الکتریکی در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک می‌گردید. بعد از خشک و سرد شدن وزن خاکدانه‌ها بر روی هر الک محاسبه گردید. در مرحله بعد جهت اصلاح وزن شن به هر ظرف چند میلی‌لیتر کلگان ۸ درصد اضافه گردید و به مدت ۵ دقیقه نگه داشته شد. سپس محتویات هر ظرف را بر روی الک مربوطه ریخته و شستشو داده شد. مقدار باقیمانده روی هر الک را به ظرف مربوط به آن منتقل کرده و برای خشک شدن مجدد در آون قرار داده و بعد از خشک شدن آنها، از طریق توزین مجدد ظروف، مقدار شن مربوط به هر الک را محاسبه کرده و از وزن اولیه خاکدانه‌های مربوط به هر الک کسر نموده تا وزن خاکدانه‌های روی هر الک با تصحیح مقدار وزن شن به دست آید. سپس با استفاده از رابطه زیر، میانگین وزن-قطر خاکدانه‌ها[5] (MWD) که نشان دهنده مقدار پایداری خاکدانه برای هر نمونه است، محاسبه گردید.

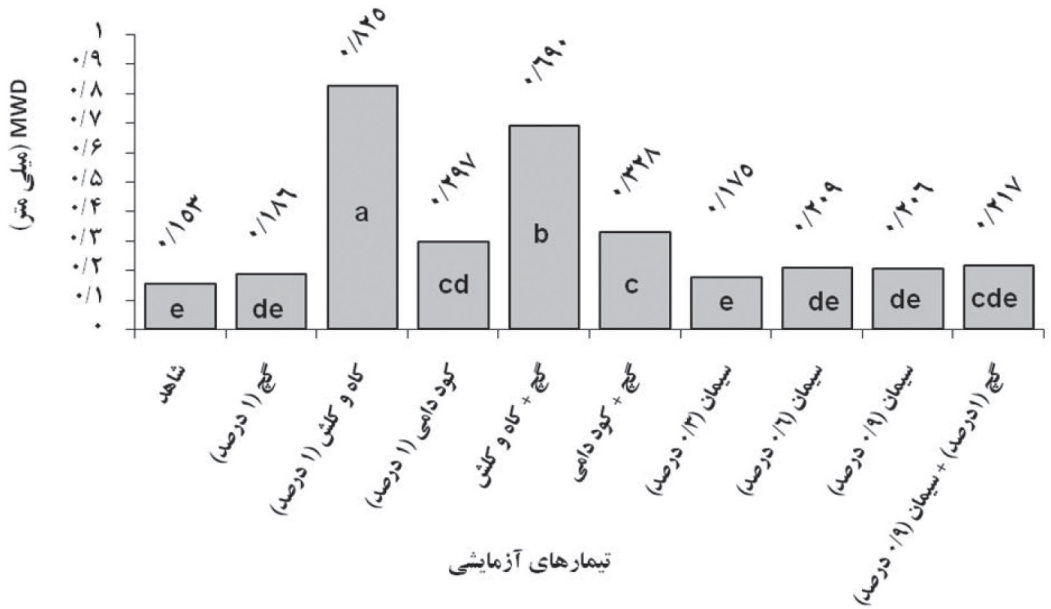
$$MWD = \sum_{i=1}^{n} \overline{X}_i . W_i$$

در این رابطه، $\overline{X}_i$ میانگین قطر خاکدانه‌های باقیمانده روی الک و Wi نسبت وزن خاکدانه های باقیمانده روی هر الک به وزن نمونه کل نمونه و n تعداد الک ها می باشد. میانگین وزن-قطر (MWD) محاسبه شده از هر مرحله در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار رایانه‌ای MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار

www.SID.ir
Archive of SID



شکل۱- تأثیر تیمارهای مختلف بر MWD یک ماه بعد از اعمال تیمارها

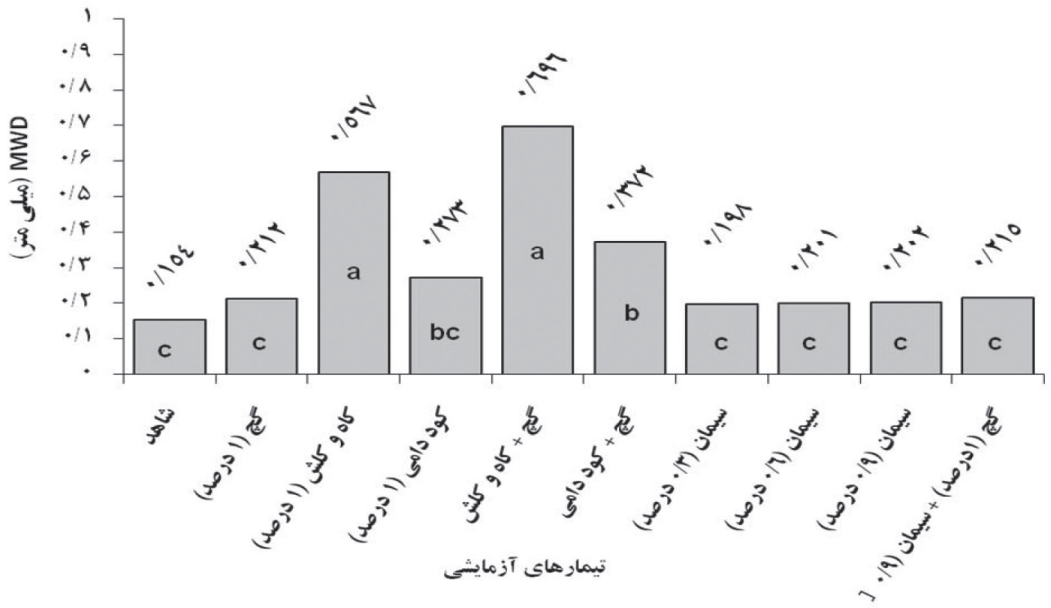


شکل۲- تأثیر تیمارهای مختلف بر MWD چهار ماه بعد از اعمال تیمارها

گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. نمودارها با کمک نرم افزار رایانه‌ای EXCEL ترسیم گردیدند.

نتایج

نتایج نشان داد، یک، چهار و هفت ماه بعد از کاربرد تیمارها، تیمار کاه و کلش تنها در مقایسه با شاهد باعث افزایش معنی دار MWD گردید و این افزایش ها به ترتیب حدود ۲/۲، ۴/۴ و ۲/۷ برابر بود (شکل های ۱، ۲ و ۳). با توجه به شکل ۲، چهار ماه بعد از مصرف کود دامی، این ماده باعث افزایش معنی دار MWD در مقایسه با شاهد گردید و این افزایش از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار شد. در حالی که همین تیمار بعد از گذشت هفت ماه از مصرف آن نتوانست



شکل۳- تأثیر تیمارهای مختلف بر MWD هفت ماه بعد از اعمال تیمارها

جدول۳- خلاصه تجزیه واریانس تأثیر تیمارها بر MWD یک، چهار و هفت ماه بعد از اعمال تیمارها

منبع تغییر	MWD (میلی متر)		
	یک ماه	چهارماه	هفت ماه
تیمار	**	**	**
CV٪	۱۶/۶۰	۱۸/۹۸	۱۱/۹۶
LSD در سطح ۵٪	۰/۰۷۶	۰/۱۰۶	۰/۱۴۶

** : معنی‌دار در سطح ۱ درصد

تأثیر معنی داری بر افزایش MWD در مقایسه با شاهد داشته باشد. با توجه به اشکال ۱ تا ۳، هفت ماه بعد از کاربرد تیمارها، تیمار کاه و کلش همراه با گچ در مقایسه با شاهد باعث افزایش معنی دار MWD گردید و این افزایش ها از یک ماه تا هفت ماه به ترتیب حدود ۲/۸۵، ۳/۵ و ۳/۵ برابر بود. با توجه به اشکال ۱ تا ۳ مشخص می‌گردد که یک، چهار و هفت ماه بعد از کاربرد تیمارها، تیمار کود دامی همراه با گچ در مقایسه با شاهد باعث افزایش معنی دار MWD گردید و این افزایش ها به ترتیب از یک ماه تا هفت ماه حدود ۱/۱، ۱/۱ و ۱/۴ برابر بود. یک ماه بعد از اعمال تیمارها، تیمار سیمان ۰/۶ درصد و تیمار گچ همراه با سیمان ۰/۹ درصد باعث افزایش معنی دار MWD در سطح ۵ درصد در مقایسه با شاهد گردید (شکل ۱). از طرف دیگر، با توجه به شکل ۳ و بعد از گذشت هفت ماه از کاربرد تیمارها، هیچکدام از تیمارهای سیمان نتوانستند تأثیر قابل توجهی بر افزایش میزان MWD داشته باشند. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر میانگین وزن- قطر خاکدانه‌ها (MWD) در جدول ۳ نشان داده شده است، با توجه به این جدول مشخص می‌شود که تأثیر تیمارها در هر سه مرحله آزمایش بر میانگین وزن- قطر خاکدانه‌ها از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردیده است.

بحث

با توجه به شکل های ۱، ۲ و ۳ مشخص می گردد که، هفت ماه بعد از اعمال تیمارها، تیمار گچ خالص در مقایسه با شاهد باعث افزایش میانگین وزن-قطر خاکدانه‌ها گردید، هر چند که این افزایش از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار نشد. تأثیر گچ در افزایش MWD بیشتر به دلیل نقش گچ در هماوری رسها از طریق جایگزینی کاتیون کلسیم به جای سدیم تبادلی و افزایش غلظت الکترولیت و

www.SID.ir

احتمالاً تشـکیل و پایداری ذرات رس و تشـکیل خاکدانه‌های کوچک می‌باشد. ولی از آنجا که تشکیل خاکدانه‌های کوچک تأثیر مشهودی بر افزایش MWD ندارند، بنابراین، این تیمار نتوانسـته تأثیر معنی‌داری بر افزایش MWD در مقایسه با شاهد داشته باشد.

تأثیـر تیمار کاه و کلش تنها در افزایش میزان MWD ناشـی از افزایش بیشـتر خاکدانه‌هـای با قطر بزرگتـر از ۱۰۰۰ میکرومتر بوده اسـت. نتایج تحقیقات رضایی و اسـدی (۱۳۸۲) نشان داد که استفاده از بقایـای گیاهی تازه (کاه جو) در مقایسـه با سـایر تیمارها بر مقدار خاکدانه‌های با قطر ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ میکرو متر موثرتر بوده‌اند. بقایای گیاهی تازه قادرند همانند یک ماده سیمان کننده باعث نگهداری ذرات و در کنار هم قرار دادن آنها و در نتیجه تشـکیل خاکدانه گردیده و با اتصـال خاکدانه‌های کوچک بهم، باعث تشـکیل خاکدانه‌های بزرگ و پایـدار گردند و آنهـا را در برابر نیروهای پراکنده کننده در طی مراحل مرطوب شدن محافظت کنند. به این شکل ماده آلی سبب بزرگتر شدن اندازه خاکدانه‌ها و افزایش مقدار MWD می‌گردد. این نقش مواد آلی توسـط محققین دیگر نیـز مورد تأکید قرار گرفته اسـت (Tisdall و Oades ۱۹۸۲؛ Oades و Waters، ۱۹۹۱؛ Roldan و همکـاران، ۱۹۹۴؛ Lado و همکـاران، ۲۰۰۴). Wagner و همکـاران (۲۰۰۷) با بررسـی اثرات مواد آلی تازه (کاه جو) بر پایداری خاکدانه‌ها، گزارش کردند که مهم‌ترین نقش کاه این اسـت کـه اولاً به صورت یک حصار یا مانع فیزیکی خاکدانه‌ها را در برابر فشـار ناشـی از جریانات رطوبت حفظ نموده و ثانیاً به عنوان هسـته ای برای تشـکیل پیوندهای آلی-معدنی عمل می نماید. این محققان، دلیل بالا بودن مقدار MWD در خاکهای تیمار شده با بقایای آلی تازه را به افزایش مقدار خاکدانه‌های با قطر ۱۰۰۰< میکرومتر نسبت دادند و اظهار کردند که با گذشت زمان و با متصل شـدن ذرات کوچک رس و سیلت و تشکیل خاکدانه‌های با قطـر ۲۰۰۰< میکرومتر مقدار MWD هـم افزایش می یابد. Liu و همکـاران (۲۰۰۵) گـزارش کردند که مواد پلی‌سـاکاریدی همراه با ترکیبات ترشـح شـده از ریشـه گیاهان در خاک تولید موسیلاژهای پلی‌سـاکاریدی کرده کـه این مواد در پایدار سـازی خاکدانه‌ها مؤثر و مهم هستند. همچنین، اورن‌دلیکس و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که مواد آلی نقش مهمی در افزایش پایداری خاک در برابر خرد شـدن و ضربـه قطـرات بـاران دارد. Bouajila و Gallali (۲۰۱۰) نیز بر تأثیر این جزء از مواد آلی (ترکیبات پلی‌سـاکاریدی) نسـبت به سـایر ترکیبـات موجـود در مواد آلی بـر پایداری خاکدانه‌هـا و به دنبال آن افزایـش مقدار MWD تأکید کرده‌اند. Bidisha و همکاران (۲۰۱۰) نیز در گزارشـات خود به نقش فعالیت های بیولوژیکی ناشـی از اضافه شـدن بقایای تازه آلی به خاک در تکرار و ادامه فرآیند خاکدانه سازی اشاره کرده اند.

تأثیـر کود دامی در افزایش میزان MWD در مقایسـه با شـاهد به این دلیل اسـت که مواد آلی پوسـیده (کود دامی) دارای گروه های عاملـی و پلیمرهای آلی با بار منفی هسـتند که قادرند با کاتیون های چند ظرفیتی از قبیل کلسـیم کمپلکس ایجـاد نمایند، در نتیجه این کمپلکس هـای آلی-معدنـی در پایداری خاکدانه‌هـای کوچک نقش عمـده‌ای ایفا می کنند (Tisdall و Oades، ۱۹۸۲). بعد از گذشـت هفـت ماه علت عدم تأثیـر قابل توجه این تیمار بـر افزایش MWD در مقایسـه با شـاهد این است که مواد آلی پوسـیده مانند کود دامی می‌تواند با سـدیم زیـاد در این خاک، ترکیبـات محلولی ایجاد کند از قبیـل هیومات سـدیم، که این ترکیب محلـول در آب بوده و این امر موجب کم شـدن نقش مثبت مواد آلی به دلیل حل شـدن و خروج از محل اصلی می‌گردد (شکل ۳). علاوه بر این، مواد آلی پوسیده با ایجاد بار منفی خالص، به علت داشـتن آنیونهای آلـی، ضخامت لایه دوگانه پخشـیده را افزایش داده و در نهایـت موجب پایداری کمتر خاکدانه‌ها می‌گـردد (Rengasamy و Olsson، ۱۹۹۱). همچنیـن، ماده آلی می تواند با کمپلکس کردن کاتیون کلسـیم و دیگر کاتیون های چند ظرفیتـی ماننـد آلومینیوم و در نتیجه کاهش فعالیـت آنها در محلول خـاک، باعث افزایش پراکنـش رس ها گـردد (Nelson و همکاران، ۱۹۹۹). با توجه به شکل های ۱ تا ۳ مشخص می گردد که تأثیر تیمار کـاه و کلش همراه بـا گچ نیز همانند تیمار کاه و کلش تنها در افزایش میزان MWD ناشـی از افزایش بیشـتر خاکدانه‌های با قطر بزرگتر از ۱۰۰۰ میکرومتر بوده اسـت. از طرف دیگر کاربرد کاه و کلش همراه با گچ در مقایسـه با کاربرد هر کدام از این مواد به تنهایی مؤثرتر اسـت. مصـرف توأم مواد آلی با سـایر ترکیبات معدنی کلسـیم دار مانند گچ علاوه بر داشتن مزایای کاربرد گچ، این فایده را دارد که تجزیه مواد آلی باعث تولید ترکیباتی می‌گردد که با کاتیون کلسیم ترکیب شده و پیوند (Ca-Organic) را بـه وجود مـی‌آورد و این ترکیب عامل مؤثری در اتصال ذرات رس به یکدیگر و ایجاد خاکدانه می‌باشد، در نتیجه میزان MWD نیـز افزایش می یابد. در این رابطـه نیز Sadana و Bajwa (۱۹۸۵)، روسـتا و همکاران (۱۳۸۱) و Chorom و Rengasamy (۱۹۹۷) نیز نتایج مشـابهی را گزارش کردند. همچنین، Chorom و Rengasamy (۱۹۹۷) نیز دریافتند که مصرف کود سـبز و گچ مقدار MWD را بـه طور معنـی‌داری افزایـش داد. Munner و Oades (۱۹۸۹) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. مقایسه سه تیمار کود دامی به تنهایی، گچ به تنهایی و کود دامی همراه با گچ نشان داد که کاربرد کود دامی همراه با گچ اثر بیشتری داشته به طوری که توانست اختلاف معنی‌داری در مقایسه با شاهد در سطح ۵ درصد ایجاد نماید. در حالی کـه تیمارهای گچ به تنهایی و کود دامی به تنهایی نتوانسـتند چنین اختـلاف معنی‌داری را به وجـود آورند. این نتایج نشـان می دهد که اضافه نمودن گچ به کود دامی باعث بهبود روند خاکدانه سازی گردید. زیرا، گچ باعث تشدید تأثیر مواد آلی (کود دامی) بر پایداری خاکدانه‌ها می‌گـردد. Maharudrappa و همکاران (۱۹۷۲) و Mendiretta و همکاران (۱۹۷۲) گزارش کردند که حلالیت گچ بر اثر اختلاط آن با کود دامی و کود سـبز افزایش می یابد. بنابراین، اثرات مفید گچ و کود دامی نیز بیشتر خواهد شد.

مقایسه تأثیر دو تیمار کاه و کلش و کود دامی مشخص می‌کند که کاه و کلش در مقایسـه با کود دامی به مراتب دارای نقش مؤثرتری بر افزایش MWD و پایداری خاکدانه‌ها است. علاوه بر نکات ذکر شده در بـالا در ارتباط با اثرات منفی تیمار کود دامی می توان چند دلیل برای این امر بر شـمرد. اولاً مقدار ترکیبات پلی‌سـاکاریدی در مواد آلی تازه (کاه و کلش) نسـبت به مواد آلی پوسیده (کود دامی) بیشتر است، در

Archive of SID

نتیجه این مواد دارای قدرت بیشتری جهت پیوند شدن با ذرات خاک را دارند. دوماً، دارای پتانسیل بیشتر در افزایش جمعیت میکروبی خاک نیز می باشند. این نتایج با یافته‌های Roldan و همکاران (۱۹۹۴) نیز مطابقت دارد. Caravaca و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که ضایعات آلی تازه شهری در مقایسه با ترکیبات آلی پوسیده شده شهری پایداری خاکدانه در آب را به طور معنی‌داری افزایش دادند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که اثرات مواد آلی بر افزایش پایداری خاکدانه‌ها بستگی به مقدار، ترکیب و قابلیت پوسیدگی آنها دارد (Albiach و همکاران، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱)، و سوماً تأثیر بیشتر کاه و کلش در مقایسه با کود دامی بر میزان MWD، به علت وجود کربن بیشتر در کاه و کلش (۷۵ درصد در مقایسه با ۱۹/۳ درصد) و همچنین تجزیه پذیرتر بودن نوع کربن موجود در این ماده است. زیرا، کربن موجود در کاه و کلش بیشتر شامل کربن متصل به اکسیژن (کربن O-alkyl) است که در مقایسه با کربن موجود در کود دامی پوسیده که بیشتر شامل کربن حلقوی است سریع‌تر تجزیه می‌شود (روستا و همکاران، ۱۳۸۱). ولی از طرف دیگر، نتایج تحقیقات هان و همکاران (۲۰۱۰) با نتایج گزارش شده بالا و نتایج به دست آمده از این تحقیق متناقض است. زیرا آنها در بررسی پوشش های گیاهی درختان سوزنی برگ، پهن برگ، شالیزار و مرتع متوجه شدند که، مقدار خاکدانه های بزرگ و پایدار در آب در خاکهای تحت پوشش گیاهی درختان پهن برگ بیشتر از سایر خاکهایی است که تحت پوشش های گیاهی دیگرند. آنها دلیل این امر را نسبت C:N پایین تر در بقایای درختان پهن برگ دانستند که باعث می شود، سرعت تجزیه این بقایا بیشتر شده و شرایط مساعدتری جهت افزایش میزان کربن آلی خاک فراهم کند و به دنبال آن سرعت و مقدار تشکیل خاکدانه های مقاوم در آب نیز بیشتر شود. Brady و Weil (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که از بین فاکتورهای مختلف کیفی مواد آلی، نسبت C:N یکی از مهم ترین آنهاست که بر فرآیند خاکدانه سازی مؤثر و مهم می باشد. یکی از مهم ترین ترکیبات موجود در سیمان سیلیکات کلسیم می باشد. واکنش سیمان با آب یک واکنش فیزیکی و شیمیایی است. سیمان پس از تماس با آب تولید هیدروسیلیکات کلسیم می‌نماید و سپس حالت کلوئیدی پیدا کرده و ایجاد ژل سیلیکات کلسیم نموده که سبب اتصال ذرات سیلت و رس به یکدیگر می‌شود در نتیجه مقدار رس قابل پراکنش را کاهش داد و باعث ایجاد ذرات درشت‌تر می‌گردد به دنبال تشکیل ذرات بزرگتر میزان MWD نیز افزایش خواهد یافت. نتایج تحقیقات Shanmuganathan و Oades (۱۹۸۳) نیز در مورد سیمان با نتایج فوق مطابقت دارد. دلیل اینکه تیمارهای مصرفی سیمان در این آزمایش تأثیر کمی در مقایسه با سایر تیمارها داشتند می‌تواند این باشد که، افزودن سیمان به خاک نه تنها باعث افزایش EC می‌گردد، بلکه pH نیز افزایش میدهد که این امر موجب کاهش فعالیت یون های چند ظرفیتی از جمله کلسیم شده و حتی با وجود منابع کلسیم‌دار در خاک مانند کربنات کلسیم، انحلال آن کاهش یافته و با کمبود یون کلسیم امکان جا به جایی آن با سدیم به وجود نخواهد آمد. طبق یک رابطه رگرسیونی خطی چند متغیره که کریمی (۱۳۸۳) در مورد خاکهای همین منطقه (دشت چاهو) ارائه داد مشخص گردید که بین میانگین وزن- قطر خاکدانه‌ها با pH رابطه منفی وجود دارد، یعنی هر چه pH بیشتر باشد، میزان MWD کمتر خواهد بود و بر عکس. دلیل این امر، علاوه بر مطالب ذکر شده این است که افزایش pH با افزایش تراکم بار منفی رس ها و مواد آلی، موجب افزایش نیروی دافعه بین رسها و افزودن ضخامت لایه دوگانه پخشیده گردیده و باعث پراکنش رسها و کاهش پایداری می‌گردد. مشابه این نتایج توسط کرن و سینجر (۱۹۹۰) و Rengasamy و Olssen (۱۹۹۱) نیز گزارش شده است. کم بودن تأثیر سیمان شاید مربوط به تأثیر اندک این ماده بر خصوصیات شیمیایی خاک از جمله عدم کاهش قابل توجه SAR و ESP و همچنین افزایش pH خاک باشد (روستا و همکاران، ۱۳۸۰). در این زمینه Shanmuganathan و Oades (۱۹۸۳) نیز گزارش کردند که تأثیر گچ در کاهش ESP در مقایسه با سیمان مؤثرتر است.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، می‌توان نتیجه گرفت که بقایای آلی ارزان و در دسترس مانند کاه و کلش و کود دامی، همچنین، مواد معدنی ارزان قیمت چون گچ برای افزایش پایداری خاکدانه‌ها در برابر عوامل فرساینده مانند آب و باد و در نتیجه کاهش میزان فرسایش خاک مناسب می‌باشد. تأثیر تیمار کاه و کلش تنها و همراه با گچ در افزایش میزان MWD ناشی از افزایش بیشتر خاکدانه‌های با قطر بزرگتر از ۱۰۰۰ میکرومتر بوده است. مصرف توأم مواد آلی با سایر ترکیبات معدنی کلسیم دار مانند گچ علاوه بر داشتن مزایای کاربرد گچ، این فایده را دارد که تجزیه مواد آلی باعث تولید ترکیباتی می‌گردد که با کاتیون کلسیم ترکیب شده و پیوند (Ca-Organic) را به وجود می‌آورد و این ترکیب عامل مؤثری در اتصال ذرات رس به یکدیگر و ایجاد خاکدانه می‌باشد، در نتیجه میزان MWD نیز افزایش می یابد. کاه و کلش در مقایسه با کود دامی به مراتب دارای نقش مؤثرتری بر افزایش MWD و پایداری خاکدانه‌ها است. مقدار ترکیبات پلی‌ساکاریدی در مواد آلی تازه (کاه و کلش) نسبت به مواد آلی پوسیده (کود دامی) بیشتر است، در نتیجه این مواد دارای قدرت بیشتری جهت پیوند شدن با ذرات خاک را دارند. دوم اینکه، دارای پتانسیل بیشتر در افزایش جمعیت میکروبی خاک نیز می باشند. و دلیل سوم تأثیر بیشتر کاه و کلش در مقایسه با کود دامی بر میزان MWD، به علت وجود کربن بیشتر در کاه و کلش (۷۵ درصد در مقایسه با ۱۹/۳ درصد) و همچنین تجزیه پذیرتر بودن نوع کربن موجود در این ماده است. زیرا، کربن موجود در کاه و کلش بیشتر شامل کربن متصل به اکسیژن (کربن O-alkyl) است که در مقایسه با کربن موجود در کود دامی پوسیده که بیشتر شامل کربن حلقوی است سریع‌تر تجزیه می‌شود. در مجموع، می‌توان کاربرد کاه و کلش همراه با گچ، کاه و کلش تنها و کود دامی همراه با گچ را برای افزایش پایداری خاکدانه‌ها در شرایط مشابه با خاک مورد مطالعه پیشنهاد نمود.

پاورقی ها

1- Soil conditioners

2- Soil amendments

Archive of SID

3- Aggregate stability
4- Slaking
5- Mean Weight Diameter

منابع مورد استفاده

۱- برزگر، ع. ر.، (۱۳۸۳) فیزیک خاک پیشرفته، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳۰۹ص.

۲- رضایی، م. د.، اسدی، ا.، (۱۳۸۲) اثر روش های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر پایداری خاکدانه‌ها. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، رشت، ص ۹۴۵-۹۴۴.

۳- روستا، م. ج.، گلچین، ا.، سیادت. ح.، (۱۳۸۰) بررسی تأثیر مواد آلی و ترکیبات معدنی کلسیم دار بر توزیع اندازه ای خاکدانه ها و میزان رس قابل پراکنش در یک خاک سدیمی. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۵، شماره ۲، ص ۲۴۲-۲۶۰.

۴- روستا، م. ج.، گلچین. ا.، سیادت. ح.، صالح راستین. ن.، (۱۳۸۱) تأثیر مواد آلی و ترکیبات معدنی بر بعضی ویژگی‌های شیمیایی و فعالیت بیولوژیکی یک خاک سدیمی. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۶، شماره ۱، ص ۳۳-۴۴.

۵- کریمی، ح.، (۱۳۸۳) بررسی ماده آلی در پایداری خاکدانه ها در مناطق دارای فرسایش آبکندی استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه فردوسی مشهد، ۷۹ ص.

6- Albiach, R., Canet, R., Pomares, F. and Ingelmo, F., (2000) Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural. Soil *Bioresours Technol*. 75: 43-48.

7- Albiach, R., Canet, R., Pomares, F. and Ingelmo, F., (2001) Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendments to a horticultural. *Soil Bio resources Technol*. 75: 125-129.

8- Annabi, M., Houot, H., Francou, F., Poitrenaud, M. and Le Bissonnais, Y., (2007) Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil Sci Society Am J*. 71: 413-423.

9- Bidisha, M., Goerg, R. and Yakov, K., (2010) Effects of aggregation processes on distribution of aggregate size fraction and organic content of a long-term fertilized soil. *European Journal of soil biology* (in press).

10- Bouajila, A. and Gallali, T., (2010) Land use effect on soil and particulate organic carbon, and aggregate stability in some soils in Tunisia. *African Journal Agricultural Research*. Vol: 5 (8), pp: 764-774.

11- Brady, N. C. and Weil, R. R., (2008) *The nature and properties of soil*. Pearson-Prentice Hall Inc. New Jersy, USA.

12- Caravaca, F., Lax, A. and Albaladej, J., (2001) Soil aggregate stability and organic matter in clay and fine silt fraction in urban refuse-amended semiarid soils. *Soil Sci Soc Am J*. 65: 1235-1238.

13- Castro Filho, C., Lourenco, A., Guimaraes, M.D.F. and Fonseca, I.C.B., (2002) Aggregate stability under different soil management system in a red latosol in the state of Parana, Brazil. *Soil Tillage Res*. 65: 45-51.

14- Chorom, M. and Rengasamy, P., (1997) Carbonate chemistry, pH, and organic matter and calcium carbonate on the dispersion behaviour of soils. *Soil Sci.* 137. pp: 245-251.

15- Emadodin, I., Reiss, S. and Rudolf Bork, H., (2009) A study of the relationship between land management and soil aggregate stability (case study near Albersdorf, northern-Germany). *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*. Vol: 4, No. 4, pp: 48-53.

16- Evren-dliex, D., Celik, I. and Kilic, S., (2004) Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, grassland and cropland ecosystems. *Arid Env J*. 59. pp: 743-752.

17- Han, K. H., Ha, S. G. and Jang, B. C., (2010) *Aggregate stability and soil carbon storage as affected by different land use practices*. Proc. Of Int. Workshop on evaluation and sustainable management of soil carbon sequestration in Asian countries. Bogor, Indonesia. Sep, 28-29.

18- Hickman, J. S. and Whitney, D. A., (1988) *Soil conditioners*. *Department State University*. http://www. Oznet, Ksu, edu/ library / CRPSL2/NCR295.

19- Kemper, W. D. and Rosenau, R. C., (1986) *Aggregate stability distribution in methods of soil analysis.* Part I (Aklate, ed). 2nd edn. pp 425-442. American Society of Agronomy, Madison.

20- Keren, R. and Singer, M. J., (1990) Effects of pH on permeability of clay-sand mixture containing hydroxyl polymers. *Soil Sci Soc Am J*. 54: 1310-1315.

21- Lado, M., Paz, A. and Ben-Hur, M., (2004) Organic matter and aggregate size interaction, seal formation, and soil loss. *Soil Sci Soc Sm J*. 68. pp: 935-942.

22- Lebron, I. and Suarez, D.L., and Yoshida, T., (2002) Gypsum effect on the aggregate size and geometry of three sodic soil under reclamation. *Soil Sci Soc Am J.* 66:92-98.

23- Liu, A., Ma, B. L. and Bomke, A. A., (2005) Effects of cover crops on soil aggregate stability, Total organic carbon and polysaccharides. *Soil Sci Soc Am J.* 69: 2041-2048.

24- Maharudrappa, K., Baligar, V. C., Prabhaakar, A. S. and Patil, S. V., (1972) *Effect of gypsum application with and without FYM to Karl soil on the yield of Jayadhar Cotton,* Proc.

Archive of SID

Sem. Drought, Banglor.

25- Mendiretta, R. S., Darra, B. L., Singh, H. and Singh, Y. P., (1972) Effect of some cultural, chemical and manorial treatments on the chemical characteristics of saline-sodic soils under different crop rotations. *Indian J Agric Res.* 6. pp: 61-68.

26- Muneer, M. and Oades, J. M., (1989) The role of Ca-Organic interactions in soil aggregate stability. II. Field studies with 14c-labelled straw, $CaCO_3$ and $CaSO_4.2H_2O$. *Aust J Soil Res.* 27.pp: 401-419.

27- Nearing, M. A. and Braforrd, J. M., (1985) Single water drop splash detachment and mechanical properties of soils. *Soil Sci Soc Amj* .49. pp: 547-552.

28- Nelson, P. N., Baldock, J. A., Clarke, P., Oades, J. M. and Charchman, G. J., (1999) clay and organic matter in soil: their nature and association. *Aust. J Soil Res*. 37. pp: 289-315.

29- Oades, J. M. and Waters, A. G., (1991) Aggregate hierarchy in soil. *Aust J Soil Res.* 29: 518-528.

30- Rengasamy, P. and Olsson, K. A., (1991) Sodicity and soil structure. *Aust J Soil Res*. 29. pp: 935-952.

31- Roldan, A., Garcia, F. and Lax, A., (1994) An incubation experiment to determine factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuses. *Soil Bio Biochem.* 26: 1699-1707.

32- Sadana, U. S. and Bajwa, M. S., (1985) Manganese equilibrium in submerged sodic soils as influenced by application of gypsum and green manuring. *Agric Sci J Cambridge*. 104. pp: 257-261.

33- Shanmuganathan, R. T. and Oades, J. M., (1983) Modification of soil physical properties by addition of calcium compounds. *Aust J Soil Res.* 21. pp: 285-300.

34- Tisdall. J. M. and Oades, J. M., (1982) Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Soil Sci J.* 33. pp: 141-163.

35- Wagner, S., Cattle, S. R. and Scholten, T., (2007) Soil-aggregate formation as influenced by clay content and organic matter amendment. *Journal Plant Nutr. Soil Sci*. 170: 173-180.

Archive of SID

www.SID.ir