پژوهش های آبخیزداری شماره ۹۳، زمستان ۱۳۹۰
(پژوهش و سازندگی)

تأثیر مواد آلی مختلف بر تغییرات زمانی پایداری خاکدانه در کلاس های اندازه ای متفاوت

• **مجید محمودآبادی** (نویسنده مسئول)
استادیار بخش مهندسی خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: فروردین ماه ۱۳۹۰
تلفن تماس نویسنده مسئول:۰۳۴۱-۳۲۰۲۶۵۱
Email: mmahmoodabadi@yahoo.com

چکیده

توزیع اندازه ذرات و پایداری خاکدانه از جمله ویژگی های مهم و مرتبط با ساختمان خاک محسوب می شوند که به دلیل پویایی دارای تغییرات زمانی هستند. تحقیق حاضر به بررسی تأثیر مواد آلی مختلف بر تغییرات زمانی پایداری و توزیع اندازه ذرات ثانویه خاک می پردازد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی، با تیمارهای دو نوع ماده آلی (کاه و کلش و تفاله پسته)، هر یک در سه سطح (صفر، یک و پنج درصد وزنی)، سه دوره زمانی (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ روز) و سه تکرار انجام شد. همچنین توزیع اندازه ذرات و پایداری خاکدانه در دو حالت خشک و تر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که تیمارهای مختلف، اثرات متفاوتی بر توزیع اندازه خاکدانه داشته بطوری که، با افزودن بقایای گیاهی به خاک، بسته به نوع و میزان مصرف، فراوانی خاکدانه های درشت افزایش یافت. همچنین دو تیمار شاهد و کاه و کلش در سطح ۵ درصد، به ترتیب با میانه قطر ۰/۲۲۸ و ۰/۳۹۴ میلی متر، کمترین و بیشترین نقش را در افزایش اندازه و پایداری خاکدانه در حالت خشک نشان دادند. بررسی تغییرات زمانی توزیع اندازه ذرات نشان داد که در حالت خشک برای تمام تیمارها با گذشت زمان، فراوانی ذرات در ریزترین کلاس اندازه (صفر تا ۰/۱۲۵ میلیمتر) بطور معنی داری کاهش یافته حال آنکه با گذشت زمان توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت تر تغییر معنی داری نداشت. در مقایسه با نتایج توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت خشک، برای توزیع اندازه ذرات در حالت تر بیشترین فراوانی ذرات از کلاس ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵ میلی متر به کلاس کوچکتر از ۰/۱۲۵ میلیمتر میل پیدا کرد. این یافته نشان داد که توزیع اندازه ذرات در دو حالت خشک و تر الزاماً دارای روند مشابه نیست. یافته های این تحقیق روشن ساخت که مواد آلی مختلف، اثرات متفاوتی در خاکدانه سازی داشته و این تأثیر در مقیاس و اندازه خاصی بیشتر از سایر اندازه هاست. پیشنهاد می شود که به نقش زمان در بررسی پایداری و توزیع اندازه ذرات توجه بیشتری شود.

کلمات کلیدی: پایداری خاکدانه، تفاله پسته، کاه و کلش، تغییرات زمانی.

www.SID.ir

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 93 pp: 70-78

Effect of different organic matters on time variability of soil aggregate stability at different size fractions

By: 1. Majid Mahmoodabadi, Assistant Prof. Dep. of Soil Sci., Agri. Faculty, Shahid Bahonar University of Kerman, (Corresponding Author; Tel: +983413202851)

Particle size distribution (PSD) and aggregate stability are dynamic soil properties, which changes with time. This study investigates the effect of different organic matters on PSD variability. The experiment was carried out using factorial method in a randomized complete design with two treatments of organic matter (straw stubble and pistachio residue), three levels of 0, 1 and 5 %w, three time steps (40, 80 and 120 days) and three replicates. In addition, soil PSD was measured in two manners of dry (DPSD) and wet (WPSD). The results indicated that studied treatments had different influence on the PSD, which depends on type and amounts of added plant residue macro aggregates frequency increased. Also, the control and straw stubble (5%) treatments with median sizes of 0.228 and 0.394 mm, resulted in the least and highest effect on DPSD, respectively. The results of DPSD variability showed that for all of the treatments, the frequency of smallest particles (<0.125 mm) decreased significantly, while the WPSD had no changes with time. In comparison with the DPSD which 0.125-0.25 mm particles were the most frequent, for the WPSD this range shifts to the fraction of <0.125 mm. This finding indicated that the DPSD and WPSD have not the same trend. In addition, Nitrogen utilization led to some changes in DPSD, whilst this effect was insignificant for the WPSD. The findings of this study reveal that following application of any type of organic matter, a range of particles size is most influenced. Taking into account the influence of time in aggregate studies is suggested.

Key words: Aggregate stability, Pistachio residue, Straw stubble, Time variability.

Archive of SID

مقدمه

ساختمان خاک یکی از ویژگی های دینامیکی آن محسوب می شود که در طول زمان دارای تغییرپذیری زیادی است. در این راستا، توزیع اندازه ذرات ثانویه نشان دهنده وضعیت خاکدانه سازی بوده و می توان تغییرات آن را به صورت کمی تعیین نمود. به طور معمول خاک های با ساختمان مطلوب، خاکدانه های درشت و پایدارتری دارند که یکی از مهمترین عوامل خاکدانه سازی، پایداری خاکدانه و در نتیجه بهبود ساختمان خاک، ماده آلی می باشد (Angers، ۱۹۹۸). این در حالیست که در نواحی خشک و نیمه‌خشک ایران، خاک‌ها معمولاً از نظر ماده آلی فقیر بوده و دارای ویژگی های نامطلوب و پایداری به نسبت ضعیفی می‌باشند (خزائی و همکاران، ۱۳۸۷). لذا افزایش سطح ماده آلی در چنین مناطقی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

پایداری خاکدانه اثر مهمی در گسترش سیستم ریشه ای، چرخه کربن و آب و نیز مقاومت خاک در برابر فرسایش ایفا می کنند (Barthes و همکاران، ۲۰۰۸). خاکدانه ها ذرات ثانویه ای هستند که در اثر هماوری ذرات اولیه رس، سیلت و شن به همراه مواد آلی و عوامل سیمانی و اتصال دهنده تشکیل می شوند (Bronick و Lal، ۲۰۰۵). از آنجا که فرآیند خاکدانه سازی در مقیاس و اندازه های مختلفی از ذرات رخ داده و ذرات بزرگ تر از هماوری ذرات کوچکتر تشکیل می شوند بنابراین، باعث ایجاد توزیع اندازه ذرات می گردد. توزیع اندازه ذرات ثانویه یکی از ویژگی های مهم فیزیکی خاک است (Skaggs و همکاران، ۲۰۰۱) که می تواند شاخص مناسبی برای تشخیص حساسیت خاک در برابر تشکیل سله، تولید رواناب و فرسایش آبی باشد (Barthes و همکاران، ۲۰۰۸). توزیع اندازه ذرات بر فرآیند فرسایش، درجه حرارت، تخلخل و سایر خصوصیات خاک تأثیرگذار بوده و از این رو در رشد گیاه و تولید محصول دارای نقش بسزایی است (Diaz-Zorita و همکاران، ۲۰۰۷). توزیع اندازه ذرات همچنین در تعیین خصوصیات هیدرولیکی خاک کاربرد دارد (Hwang، ۲۰۰۴). به علاوه، اندازه و پایداری خاکدانه ها می تواند به عنوان شاخصی از تغییرات کیفیت خاک ناشی از مدیریت های متفاوت در شرایط مشخص محسوب گردد (یوسفی و همکاران، ۱۳۸۶). محققانی نظیر Lebron و همکاران (۲۰۰۲) و همچنین Peixoto و همکاران (۲۰۰۶) بر این باورند که سیستم کشت نقش مهمی در پایداری خاکدانه و توزیع اندازه ذرات دارد.

بالا نگه‌داشتن سطح ماده آلی خاک از اهمیت زیادی برخوردار است. ماده آلی می‌تواند باعث بهبود وضعیت ساختمان خاک و نیز خاکدانه‌سازی (Tisdall و Oades، ۱۹۸۲)، افزایش هدایت آبی (Baldock و همکاران، ۱۹۹۴) و فراهمی بیشتر عناصر غذایی و نیز افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (Von Lutzow و همکاران، ۲۰۰۲) گردد. این ماده به‌عنوان یک عامل سیمانی کننده عمل کرده و برای هماوری نمودن ذرات خاک و تشکیل خاکدانه های مقاوم اهمیت دارد. نیروی چسبندگی بیشتر به واسطه تشدید نیروهای هم چسبی بین ذرات معدنی و پلی مرهای آلی قابلیت خیس‌شدن خاکدانه ها و در نتیجه تخریب و فروپاشی آنها را کاهش می دهد. علاوه بر این، با افزودن مواد آلی به‌دلیل افزایش تخلخل خاک، جرم مخصوص ظاهری کاهش می‌یابد (Puget و همکاران، ۲۰۰۰؛ Tejada و همکاران، ۲۰۰۶). نتایج بررسی Dominguez و همکاران (۲۰۰۱) حاکی از آن بود که از بین ویژگی های مؤثر بر توزیع اندازه ذرات، بیشترین نقش مربوط به ماده آلی می باشد. برخی محققان نقش مواد آلی و رس را در افزایش فراوانی خاکدانه های پایدار گزارش نموده اند (Angers، ۱۹۹۸؛ Denef و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج بررسی Angers (۱۹۹۸) نشان داد که از بین سه

www.SID.ir

ویژگی ماده آلی، رس و کربنات کلسیم، تأثیر ماده آلی به مراتب بیشتر از دو ویژگی دیگر است. Green و همکاران (۲۰۰۷) عنوان داشتند که درصد خاکدانه های پایدار در آب، به میزان کربن آلی و نیتروژن خاک بستگی دارد. حاج عباسی و همکاران (۱۳۸۶) عنوان داشتند که مواد آلی خاک حاصل از منابع گیاهی و میکروبی با ایجاد پل در فضای بین ذرات، نقش کلیدی در پایداری خاکدانه های کوچک ایفاء می کنند. خزائی و همکاران (۱۳۸۷) دریافتند که نقش ماده آلی در ایجاد خاکدانه های پایدار نسبت به سایر ویژگی های خاک بارزتر است.

با توجه به شرایط اقلیمی و نیز مدیریت ناصحیح، میزان ماده آلی خاک‌های زراعی کشور بسیار کم است. این در حالیست که برخی کشاورزان پس از برداشت محصول مبادرت به سوزاندن بقایای گیاهی نظیر کاه و کلش نموده که این موضوع باعث حذف ماده آلی از خاک و اثرات جبران ناپذیری در ارتباط با عوامل زیستی می گردد. از طرفی، تفاله پسته به دلیل حجم قابل توجه آن در استان کرمان، می تواند به عنوان یک منبع آلی مناسب به خاک برگردانده شود و ساختمان خاک را بهبود بخشد. با توجه به اهمیت بقایای گیاهی در بهبود ساختمان خاک از یک طرف و تغییرپذیری توزیع اندازه ذرات با زمان از طرف دیگر، تحقیق حاضر به بررسی نقش دو نوع بقایای گیاهی مختلف در خاکدانه‌سازی و توزیع اندازه ذرات ثانویه با تأکید بر تغییرات زمانی می‌پردازد.

مواد و روش ها

۱- نمونه برداری و تعیین خصوصیات خاک

تحقیق حاضر در شرایط گلخانه و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی به مدت چهار ماه انجام شد. برای مطالعه تأثیر نوع و مقدار ماده آلی بر پایداری خاکدانه و تغییرات زمانی آن، دو نوع بقایای گیاهی که دارای ترکیب شیمیایی و ماهیت متفاوتی بوده و در استان کرمان از اهمیت زیادی برخوردارند، شامل کاه و کلش به عنوان بقایای زراعی و تفاله پسته به عنوان بقایای باغی، در سطوح مختلف مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای مورد مطالعه شامل دو نوع بقایای گیاهی (کاه و کلش و تفاله پسته)، سه سطح ماده آلی (صفر، یک و پنج درصد وزنی)، سه دوره زمانی (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ روز) و سه تکرار بود. همچنین توزیع اندازه ذرات ثانویه در دو حالت خشک و تر اندازه گیری شد. نمونه خاک مورد مطالعه خاکی با کاربری زراعی بود که از لایه سطحی (صفر تا ۲۰ سانتی متر) تهیه گردید. پس از نمونه‌برداری، خاک به آزمایشگاه منتقل شده و پس از هواخشک کردن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. ویژگی های خاک مورد مطالعه شامل؛ بافت به روش هیدرومتری و پایداری خاکدانه در دو حالت تر و خشک با استفاده از سری الک استاندارد تعیین گردید (Kemper و Rosenau، ۱۹۸۶). میزان کربنات کلسیم معادل از روش تیتراسیون، کربن آلی به روش Walkley و Black (۱۹۳۴)، pH و EC به‌ترتیب در گل و عصاره اشباع اندازه گیری شد. پس از عصاره‌گیری کاتیون‌های محلول با آب مقطر، سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر و کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد. همچنین آنیون های محلول شامل؛ کلر به روش موهر، کربنات و بیکربنات با استفاده از تیتراسیون با اسید سولفوریک تعیین گردید (Pansu و Gautheyrou، ۲۰۰۶).

۲- انجام آزمایش ها

در مرحله اول، نمونه های گیاهی خرد و کوبیده شده و سپس به مقادیر یادشده با خاک کاملاً مخلوط و سپس به گلدان‌ها منتقل گردید. برای ایجاد شرایط مناسب تجزیه مواد آلی، در طول مدت آزمایش رطوبت خاک از طریق توزین در حد ظرفیت زراعی نگه داشته شد. کل مدت آزمایش ۱۲۰ روز و هر دوره زمانی ۴۰ روز در نظر گرفته شد که در پایان هر مرحله، یک سوم گلدان ها از دور آزمایش ها خارج شده و بقیه در حد رطوبت زراعی نگهداری می شدند. پس از اتمام مدت آزمایش هر دوره زمانی و رسیدن رطوبت خاک گلدان‌ها به حد گاورو، نمونه‌ها تخلیه و هوا خشک می شد. نمونه‌ها از الک ۴/۷۵ میلیمتر عبور داده شده و در ادامه آنالیز خصوصیات روی آنها انجام می گردید. آزمایش‌ها در این بخش شامل تعیین توزیع اندازه ذرات ثانویه با استفاده از سری الک در دو حالت تر و خشک بود (Page و همکاران، ۱۹۹۲). برای اندازه گیری توزیع اندازه ذرات در حالت خشک از دستگاه شیکر الک با سری الک استفاده شد. بدین ترتیب که ۲۵ گرم خاک خشک را روی بزرگترین الک ریخته و به مدت ۲ دقیقه شیک می شد. اندازه الک ها در این مرحله به ترتیب ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵ میلیمتر بود. در پایان هر آزمایش وزن خاک باقی مانده روی هر الک یادداشت شده و بر این اساس توزیع اندازه ذرات در حالت خشک تعیین گردید. همچنین توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت تر، با استفاده از سری الک استاندارد تعیین گردید. در ابتدا نمونه ها از زیر اشباع شد و سپس با استفاده از سری الک های ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵ میلی متر به مدت ۲ دقیقه در آب شیک گردید. بر مبنای داده های این قسمت، توزیع ثانویه ذرات در حالت تر تعیین گردید. در پایان با استفاده از نرم افزار MSTAT مقایسه میانگین بین تیمارها از طریق آزمون دانکن در سطح یک درصد و همچنین رسم نمودارها توسط نرم افزار EXCEL صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

۱- مشخصات خاک مورد مطالعه

جدول ۱ برخی خصوصیات فیزیکی خاک مورد مطالعه را نشان می‌دهد. کلاس بافت خاک مورد مطالعه لوم شنی بوده و مقدار شن در آن قابل توجه است. در این تحقیق، درصد ذرات بزرگ تر از ۰/۲۵ میلی متر که به دو روش الک خشک و تر تعیین شدند، به ترتیب با شاخص های DSA[1] >۰/۲۵ و WSA[2] >۰/۲۵ نشان داده شده است. در منابع متعددی قطر ۰/۲۵ میلی متر به عنوان مرز خاکدانه های ریز و درشت گزارش شده است (Puget و همکاران، ۲۰۰۰؛ Six و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج آزمایش الک تر و خشک بر روی نمونه خاک اولیه نشان داد که درصد خاکدانه‌های پایدار خشک بزرگتر از ۰/۲۵ میلیمتر ۳۶/۰۷ بوده در حالی که خاکدانه های پایدار در آب با اندازه بزرگتر از این اندازه تنها ۶/۳ درصد می باشد. این بدان مفهوم است که در اثر شیک نمودن نمونه در داخل آب بخشی از خاکدانه ها پایدار در حالت خشک، خرد شده و به خاکدانه های ریزتر تبدیل شده و تنها یک ششم آنها در آب پایدار بوده است. نتایج الک خشک همچنین نشان داد که در خاک اولیه، ذرات بین ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵ میلیمتر بیشترین درصد و ذرات با دامنه اندازه ۱ تا ۲ میلیمتر کمترین فراوانی را به خود اختصاص دادند به طوری که درصد ذرات در کلاس با بیشترین فراوانی حدود ۶ برابر درصد ذرات در کلاس با کمترین فراوانی بود. مشابه با توزیع

Archive of SID

جدول ۱- برخی ویژگی های فیزیکی خاک مورد مطالعه

ویژگی	واحد	مقدار
رس	درصد	۱۹/۸
سیلت	درصد	۱۶/۰
شن	درصد	۶۴/۲
کلاس بافت	-	لوم شنی
WSA>۰/۲۵ mm	درصد	۶/۳
DSA>۰/۲۵ mm	درصد	۳۶/۰۷

WAS درصد خاکدانه های پایدار در آب که با استفاده از سری الک تر تعیین شد.
DSA درصد خاکدانه های پایدار است که با استفاده از سری الک خشک تعیین شد.

جدول ۲- برخی ویژگی های شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی	واحد	مقدار
EC	$dS\ m^{-1}$	۳/۱
pH	-	۷/۳۶
ماده آلی	درصد	۱/۲۶
کربنات کلسیم معادل	درصد	۱۶/۲۵
سدیم	$meq\ L^{-1}$	۲/۸
پتاسیم	$meq\ L^{-1}$	۰/۲۲
کلسیم	$meq\ L^{-1}$	۱۵/۴
منیزیم	$meq\ L^{-1}$	۲/۸
کلر	$meq\ L^{-1}$	۳/۲۵
کربنات	$meq\ L^{-1}$	ناچیز
بیکربنات	$meq\ L^{-1}$	۰/۲

ذرات در حالت خشک، ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلیمتر نسبت به ذرات درشت تر، فراوانی بیشتری را نشان داد با این تفاوت که بیشترین درصد ذرات به جای کلاس ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵ میلیمتر به یک کلاس کوچکتر یعنی ۰/۱۲۵> میلیمتر تغییر پیدا نمود. جدول ۲ برخی خصوصیات شیمیایی خاک مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به شرایط حاکم بر تشکیل خاک های منطقه، مقدار آهک بیش از ۱۰ درصد است. همچنین به دلیل کاربری زراعی، میزان ماده آلی بیش از یک درصد اندازه گیری شد. از بین کاتیون های محلول، کلسیم بیشترین و پتاسیم کمترین میزان را به خود اختصاص داده است. به علاوه میزان کربنات ناچیز و کلر بیشتر از بی کربنات تعیین گردید.

در این مقاله، برای سهولت بیان از علائم C، S۱، S۵، P۱ و P۵ به‌ترتیب برای شاهد، سطح ۱ درصد کاه و کلش، سطح ۵ درصد کاه و کلش، سطح ۱ درصد تفاله پسته و سطح ۵ درصد تفاله پسته استفاده می شود. شاهد تیماری است که هیچ ماده آلی به آن افزوده نشده و فقط در شرایط انکوباسیون چهار ماهه نگهداری شده است. همچنین زمان های سه دوره زمانی ۴۰ روزه به ترتیب با علائم T۱، T۲ و T۳ نشان داده می شود.

۲- تغییرات زمانی توزیع اندازه ذرات در حالت خشک

شکل های ۱ تا ۵ نتایج تغییرات زمانی توزیع اندازه ذرات ثانویه با استفاده از الک خشک را برای کلاس های اندازه ای مختلف به ترتیب برای تیمارهای شاهد، سطح ۱ درصد کاه و کلش، سطح ۵ درصد کاه و کلش، سطح ۱ درصد تفاله پسته و سطح ۵ درصد تفاله پسته نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود، در تمام دوره های زمانی و برای تمام تیمارهای مواد آلی، کلاس اندازه ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵ میلیمتر بطور معنی داری بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است. تیمار شاهد ماده آلی دریافت نکرده ولی به دلیل وجود بیش از یک درصد ماده آلی در خاک اولیه (جدول ۲)، به دلیل ایجاد شرایط اینکوباسیون، توزیع اندازه ذرات مقداری تغییر یافته است (شکل ۱). برای تیمار شاهد با گذشت زمان، ریزترین کلاس اندازه (صفر تا ۰/۱۲۵ میلیمتر) به طور معنی داری کاهش یافته و در مقابل کلاس اندازه ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵ میلیمتر افزایش معنی داری داشته است. از طرفی، دو کلاس اندازه ۰/۵ تا ۱ و همچنین ۱ تا ۲ میلیمتر با گذشت زمان تغییر معنی داری پیدا نکرده است.

در اثر اعمال سطح یک درصد کاه و کلش، فراوانی ذرات در ریزترین کلاس اندازه با گذشت زمان کاهش معنی داری یافته در حالی که در دوره دوم زمانی با افزودن کاه و کلش، فراوانی ذرات درشت (۲ تا ۴/۷۵ میلیمتر) افزایش داشته است (شکل ۲). چنین وضعیتی برای کلاس اندازه ۰/۲۵ تا ۰/۵ میلیمتر نیز وجود دارد. ذرات بزرگتر از ۰/۲۵ میلیمتر به عنوان خاکدانه های بزرگ و پایدار محسوب شده و از این نظر می توان عنوان داشت که در مجموع با افزودن کاه و کلش به میزان یک درصد، فراوانی ذرات دو کلاس اندازه درشت (۲ تا ۴/۷۵ میلیمتر) و پایدار (۰/۲۵ تا ۰/۵) در دوره دوم زمانی افزایش یافته است. به طور مشابهی Qadir و همکاران (۲۰۰۱) نیز دریافتند با افزایش مواد آلی، پایداری و مقاومت خاکدانه افزایش می یابد. در مقابل، مطابق شکل ۲ چنین بر می آید که فراوانی ریزترین ذرات همواره کاهش یافته است. دلیل این کاهش قرار گرفتن درصد بیشتری از ذرات در کلاس اندازه درشت است. این نتیجه اهمیت افزودن کاه و کلش را در افزایش پایداری خاکدانه پس از دوره دوم زمانی و در سطح یک درصد نشان می دهد. همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می شود، سطح یک درصد تفاله پسته باعث افزایش معنی دار درصد ذرات در کلاس اندازه ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵ میلیمتر در دوره سوم زمانی شده است. مشابه با سطح یک درصد کاه و کلش، فراوانی ذرات کوچکتر از ۰/۱۲۵ میلیمتر کاهش معنی داری پیدا کرده است. این یافته با نتایج Lebron و همکاران (۲۰۰۲)، Green

Archive of SID

www.SID.ir

و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی دارد که نقش ماده آلی ناشی از سیستم های مختلف کشت را در پایداری و توزیع اندازه ذرات مهم دانسته اند. به نظر می رسد که هر منبع آلی بسته به خصوصیاتی که دارد، بعد از زمان مشخصی باعث تغییر معینی در کلاس اندازه خاصی می شود.

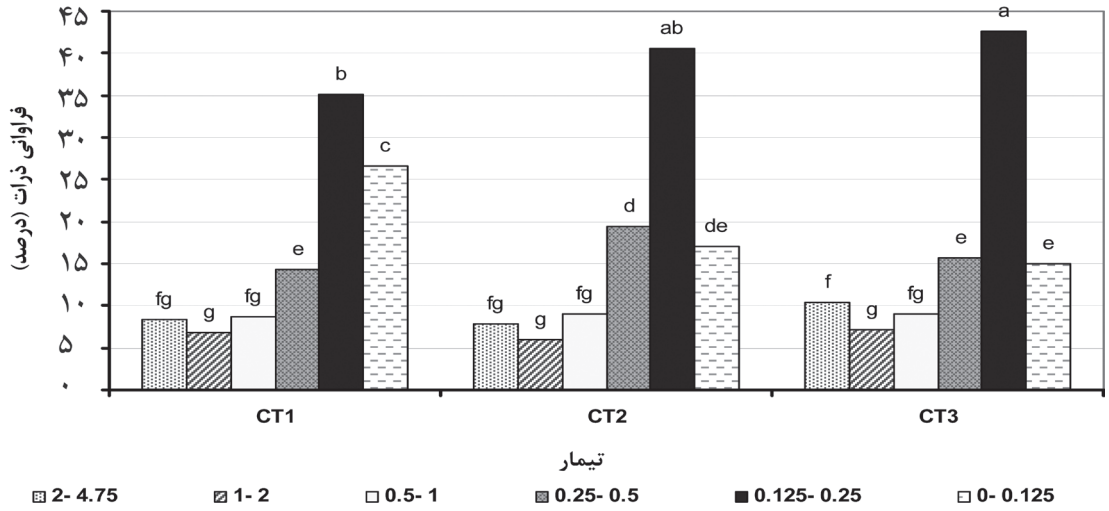
شکل ۴ تغییرات زمانی توزیع اندازه ذرات را برای سطح پنج درصد کاه و کلش در زمان های سه گانه نشان می دهد. درصد ذرات در کلاس اندازه کوچکتر از ۰/۱۲۵ میلیمتر با گذشت زمان همواره کاهش معنی داری یافته و در مقابل، درصد ذرات کلاس اندازه ۰/۲۵ تا ۰/۵ میلیمتر افزایش یافته است. همچنین در دوره دوم زمانی، فراوانی ذرات در کلاس اندازه ۱ تا ۲ افزایش نشان می دهد هر چند این افزایش معنی دار نیست. این در حالیست که فراوانی ذرات کلاس اندازه ۲ تا ۴/۷۵ میلیمتر، با گذشت زمان همواره افزایش معنی داری داشته است. Angers (۱۹۹۸) و همچنین حاج عباسی و همکاران (۱۳۸۶) نیز همبستگی معنی داری بین پایداری خاکدانه و ماده آلی به دست آوردند. دلیل این موضوع این است که کربن آلی به ویژه کربوهیدرات ها به عنوان عامل اتصال ذرات خاک و تشکیل دهنده خاکدانه ها به حساب می آید (یوسفی و همکاران، ۱۳۸۶). مقایسه دو شکل ۲ و ۴ نشان از اهمیت میزان مصرف کاه و کلش بر افزایش درصد ذرات درشت دارد. مطابق شکل ۵ مشاهده می شود که برای تیمار تفاله پسته درصد ذرات در دو کلاس ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵ و همچنین ۰/۲۵ تا ۰/۵ میلیمتر در دوره دوم زمانی افزایش معنی داری یافته است. همچنین درصد ذرات ۰/۵ تا ۱ میلیمتر نیز افزایش نشان می دهد. به علاوه، ریزترین کلاس اندازه ذرات (صفر تا ۰/۱۲۵ میلیمتر) در دوره دوم زمانی کاهش معنی‌داری را نشان می دهد. سایر کلاس های اندازه تغییر معنی داری نشان نمی دهند نتایج توزیع اندازه ذرات ثانویه در پایان دوره ۴ ماهه نشان داد که تیمارهای مختلف، اثرات متفاوتی بر توزیع اندازه خاکدانه داشته است. تیمار شاهد و تیمار کاه و کلش در سطح ۵ درصد، به ترتیب کمترین و بیشترین نقش را در افزایش اندازه خاکدانه داشتند. برخی محققان نقش مواد آلی را در افزایش فراوانی خاکدانه های پایدار گزارش نموده اند (Angers، ۱۹۹۸؛ Denef و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج بررسی Barzegar و همکاران (۱۹۹۷) نیز بطور مشابهی نشان داد که مواد آلی در خاک باعث افزایش خاکدانه‌سازی می‌گردد. ترکیبات آلی از طریق ایجاد پل های اتصال بین ذرات، باعث افزایش اندازه و پایداری خاکدانه در برابر نیروهای مخرب می گردد. نتایج تحقیق حاضر نیز این موضوع را به وضوح تأیید نمود. در پایان آزمایش ها، قطر میانه ذرات در حالت خشک برای تیمارهای C، S۱، S۵، P۱ و P۵ به‌ترتیب برابر با ۰/۲۲۸، ۰/۲۵۰، ۰/۲۲۷، ۰/۳۹۴ و ۰/۲۹۴ میلی متر بدست آمد. مقادیر وزنی یکسان کاه و کلش نسبت به تفاله پسته، نقش بیشتری در افزایش اندازه خاکدانه پس از ۴ ماه نشان دادند. همچنین مقایسه سطح بقایای گیاهی مورد استفاده دلالت بر آن داشت که با افزایش میزان مصرف مواد آلی، خاکدانه سازی به طور معنی داری بهبود یافته و در نتیجه ذرات درشت تری تشکیل می شود. چنین نتیجه ای توسط Qadir و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش شده که دریافتند با افزایش مواد آلی، پایداری و مقاومت خاکدانه افزایش می یابد.

۳- تغییرات زمانی توزیع اندازه ذرات در حالت تر

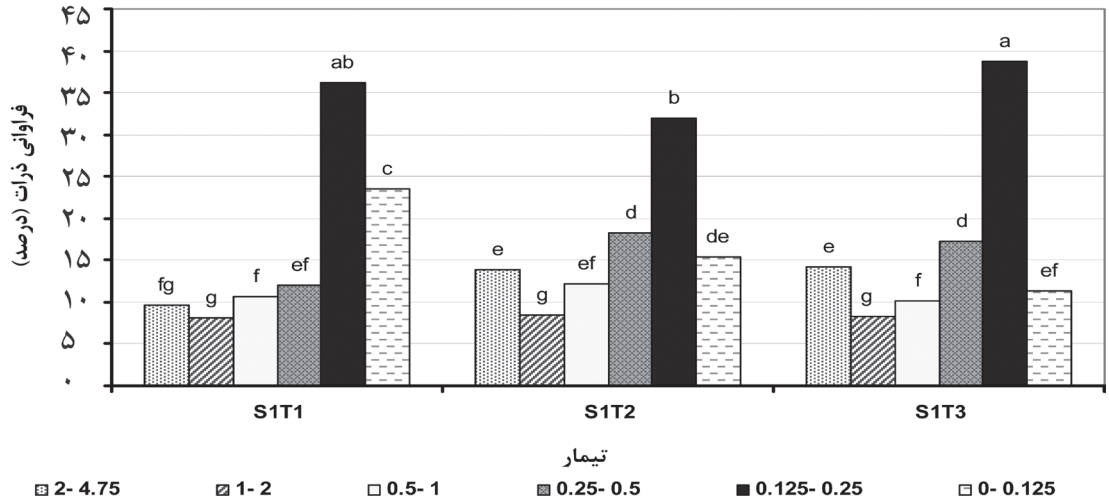
در این تحقیق علاوه بر توزیع ثانویه ذرات در حالت خشک، توزیع ثانویه ذرات در حالت تر در زمان های مختلف نیز مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۳ نشان می دهد که در تمام دوره های زمانی و برای تمام تیمارهای مواد آلی، درصد ذرات در کلاس اندازه کوچکتر از ۰/۱۲۵ میلیمتر و ۰/۵ تا ۲ میلیمتر به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی ذرات را به خود اختصاص داده اند. از طرفی، با گذشت زمان برای همه کلاس های اندازه در حالت تر، درصد ذرات تغییر معنی داری پیدا نکرده است. در مقایسه با نتایج توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت خشک، در توزیع اندازه ذرات در حالت تر بیشترین فراوانی ذرات از کلاس ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵ میلیمتر به کلاس کوچکتر از ۰/۱۲۵ میلیمتر میل پیدا کرده است. این موضوع حکایت از آن دارد که در حضور آب به دلیل نیروی وارده ذرات بیشتری خرد شده است. چنین نتیجه ای قبلاً توسط Nimmo و Perkins (۲۰۰۲) نیز گزارش شده است. جدول ۳ نشان می دهد که فراوانی ذرات در هر کلاس اندازه بسته به نوع و میزان ماده آلی تا حدی متفاوت است. برای نمونه مقایسه دو سطح یک و پنج درصد کاه و کلش نشان می دهد که با افزایش سطح ماده آلی، فراوانی ذرات در کلاس اندازه کوچکتر از ۰/۱۲۵ میلیمتر کاهش یافته است. این در حالیست که با افزایش سطح کاه و کلش، فراوانی ذرات در سه کلاس دیگر یعنی ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵، ۰/۲۵ تا ۰/۵ و ۰/۵ تا ۲ میلیمتر، افزایش داشته است. همچنین با افزایش سطح مصرف تفاله پسته، بطور کلی فراوانی ذرات در درشت ترین کلاس اندازه یعنی ۰/۵ تا ۲ میلیمتر افزایش داشته و سایر کلاس ها چندان تغییر پیدا نکرده اند.

بر اساس نتایج این بخش از تحقیق می توان چنین عنوان داشت که توزیع اندازه ذرات در حالت خشک و تر الزاماً درای روند مشابه نبوده و به دلیل نیروی وارده توسط آب معمولاً ذرات درشت تر به ذرات ریزتری تبدیل شده و این باعث به هم خوردن توزیع کل ذرات در مقایسه با نتایج الک خشک می شود. این یافته از آن جهت اهمیت دارد که توزیع اندازه ذرات و پایداری خاکدانه دو مقوله هر چند مرتبط با یکدیگرند ولی ذرات درشت تر، همواره پایداری بیشتری ندارند. بر اساس نتایج الک خشک تنها توزیع اندازه ذرات قابل تعیین است در حالی که الک تر توزیع اندازه ذرات پایدار در آب را نشان می دهد. همچنین اهمیت این یافته از آن روست که در فرسایش بادی آب بطور مستقیم دخالت نداشته ولی در فرسایش آبی، آب عامل خرد نمودن ذرات است و بر همین مبناست که برای بررسی فرسایش پذیری ذرات در فرسایش بادی و آبی به ترتیب از روش های الک خشک و تر استفاده می‌شود. نتایج توزیع اندازه ذرات در پایان آزمایش طی چهار ماه حاکی از آن بود که برای کلاس های درشت تر از ۰/۵ میلی متر، افزودن هر دو نوع بقایای گیاهی به خاک باعث افزایش معنی دار فراوانی ذرات در هر دو حالت خشک و تر شده است. از طرفی، مقایسه سطوح کاربرد مواد آلی در درشت ترین کلاس اندازه، دلالت بر افزایش معنی دار پایداری خاکدانه با افزایش مصرف داشت. از همین روست که Tejada و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که ماده آلی به‌عنوان یک عامل سیمانی کننده، در هماوری ذرات برای تشکیل خاکدانه های مقاوم ضروری هستند. بر عکس، در کلاس اندازه ای صفر تا ۰/۱۲۵ میلی متر، تیمار شاهد به دلیل نقش کمتر در خاکدانه سازی نسبت به سایر تیمارها فراوانی بیشتری را به خود اختصاص داد. از این نتایج چنین می توان استنباط نمود که مواد آلی مختلف اثرات متفاوتی در خاکدانه سازی داشته و این تأثیر در مقیاس و اندازه خاصی از خاکدانه ها بیشتر از سایر اندازه هاست.

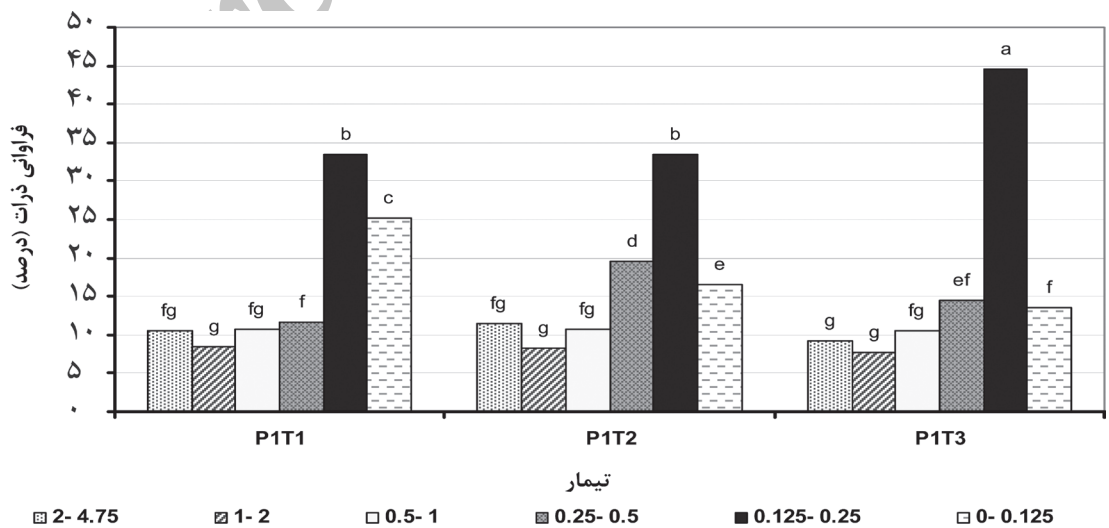
Archive of SID



شکل ۱- درصد ذرات ثانویه در حالت خشک و کلاس های مختلف اندازه برای تیمار شاهد در زمان های سه گانه

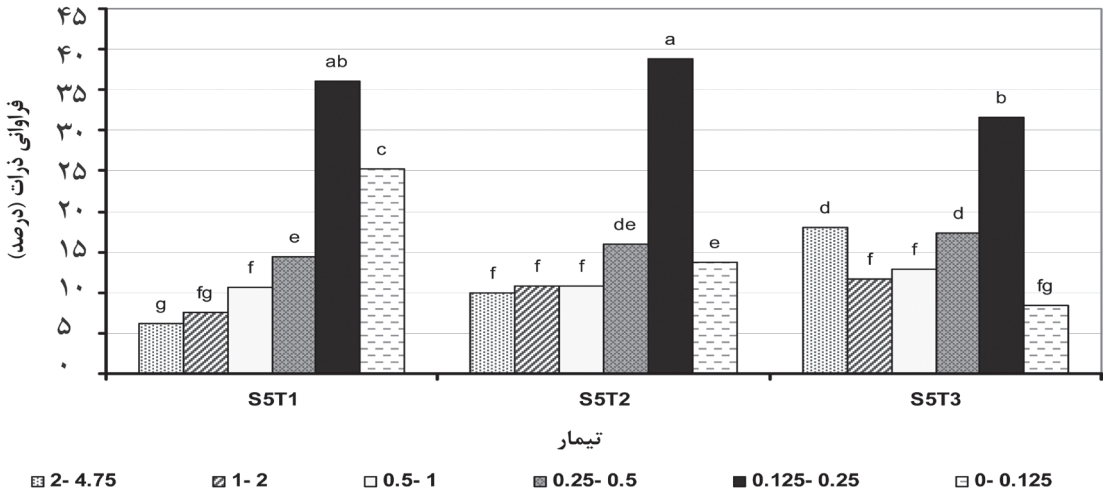


شکل ۲- درصد ذرات ثانویه در حالت خشک و کلاس های مختلف اندازه برای تیمار کاه و کلش (سطح یک درصد) در زمان های سه گانه

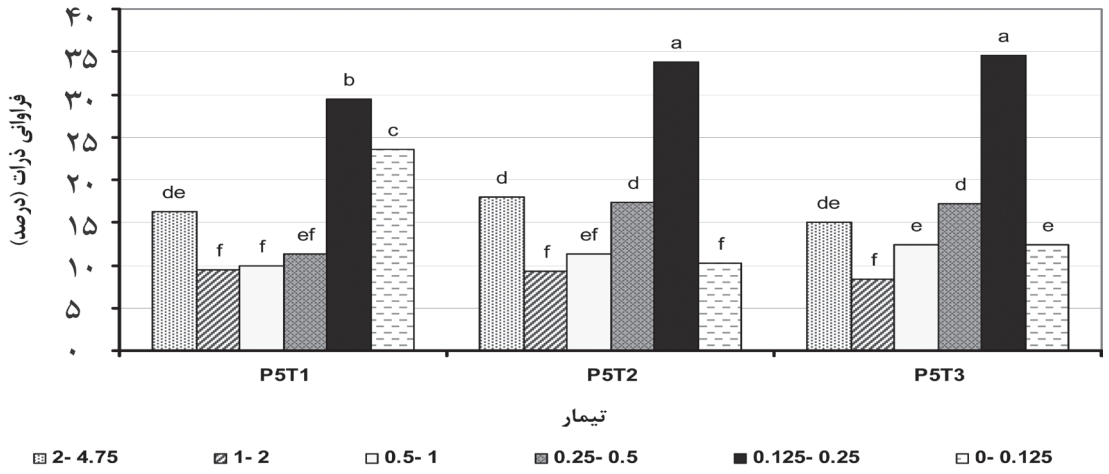


شکل ۳- درصد ذرات ثانویه در حالت خشک و کلاس های مختلف اندازه برای تیمار تفاله پسته (سطح یک درصد) در زمان های سه گانه

www.SID.ir



شکل ۴- درصد ذرات ثانویه در حالت خشک و کلاس های مختلف اندازه برای تیمار کاه و کلش (سطح پنج درصد) در زمان های سه گانه



شکل ۵- درصد ذرات ثانویه در حالت خشک و کلاس های مختلف اندازه برای تیمار تفاله پسته (سطح پنج درصد) در زمان های سه گانه

جدول ۳- درصد ذرات ثانویه در حالت تر و کلاس های مختلف اندازه برای تیمارهای مورد مطالعه و زمان های سه گانه*

دوره زمانی (روز)	کلاس اندازه (میلی متر)	شاهد	کاه و کلش (یک درصد)	تفاله پسته (یک درصد)	کاه و کلش (پنج درصد)	تفاله پسته (پنج درصد)
۴۰	۰-۰/۱۲۵	a ۶۱/۳۴	۶۰/۷۵ a	۵۸/۱۳ a	۵۳/۲۱ a	۵۶/۹۱ a
	۰/۱۲۵-۰/۲۵	b ۳۲/۱۶	۳۲/۴۶ b	۳۳/۷۳ b	۳۶/۴۴ b	۳۳/۳۴ b
	۰/۲۵-۰/۵	c ۴/۶۲	۴/۴۸ c	۵/۴۰ c	۶/۱۵ c	۵/۴۱ c
	۰/۵-۲	c ۱/۸۸	۲/۳۰ c	۲/۷۴ c	۴/۱۹ c	۴/۳۴ c
۸۰	۰-۰/۱۲۵	۶۰/۷۹ a	۵۸/۴۶ a	۵۷/۰۷ a	۴۷/۰۱ ab	۵۵/۷۶ a
	۰/۱۲۵-۰/۲۵	۳۲/۳۱ b	۳۳/۲۶ b	۳۳/۲۹ b	۳۵/۳۲ b	۳۳/۹۲ b
	۰/۲۵-۰/۵	۴/۷۰ c	۵/۶۷ c	۶/۵۷ c	۸/۹۴ c	۵/۷۵ c
	۰/۵-۲	۲/۲۱ c	۲/۶۱ c	۳/۰۷ c	۸/۷۳ c	۴/۵۷ c
۱۲۰	۰-۰/۱۲۵	۵۹/۷۵ a	۵۵/۶۸ a	۵۶/۸۷ a	۵۱/۸۷ a	۵۳/۴۲ a
	۰/۱۲۵-۰/۲۵	۳۳/۰۴ b	۳۴/۵۸ b	۳۳/۴۹ b	۳۴/۳۲ b	۳۳/۷۰ b
	۰/۲۵-۰/۵	۵/۲۲ c	۶/۱۴ c	۶/۵۰ c	۶/۹۳ c	۶/۳۱ c
	۰/۵-۲	۲/۰۰ c	۳/۶۰ c	۳/۱۵ c	۶/۸۸ c	۶/۵۷ c

* میانگین‌های دارای یک حرف لاتین مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار به روش دانکن در سطح ۱درصد می‌باشد.

نتیجه گیری

از نتایـج این تحقیق می تـوان به تغییرپذیری توزیـع اندازه ذرات در حالت خشـک و تغییرات کم توزیع اندازه ذرات در حالت تر با گذشت زمان اشاره نمود. در اثر اعمال تیمارهای مختلف مواد آلی طی ۴ ماه، توزیع اندازه ذرات تغییر پیدا کرده است در حالی که خاکدانه های پایدار در آب چندان بهبود نیافته است. در حضور مواد آلی، اندازه خاکدانه ها افزایش پیدا کرده ولی این خاکدانه های رشدیافته، در برابر آب چندان پایدار نیستند. یکی از شـرایط لازم برای ایجاد خاکدانه های پایدار در آب، ایجاد ترکیبات حاصل از تجزیـه مواد آلی بصـورت مواد بومی و پایدار خاک می باشـد. ترکیبات حاصـل از تجزیه مواد آلی و همچنین سـرعت تجزیه مواد آلی متنوع بوده که هر یک در مرحله خاصی از تجزیه تولید شده و بنابراین عوامل آلی مؤثر بر خاکدانه سـازی با گذشت زمان تغییر می کنند. ترکیباتی که در مراحل ابتدایـی تجزیه تولید شـده به دلیل انحلال پذیری بیشـتر، در حضور آب خاکدانـه های چندان پایـداری تولید نکرده در حالی کـه ترکیبات نهایی حاصـل از تجزیه اتصال دهنده های ماندگار بوده و به همین دلیل به‌عنوان مواد بومی و پایدار خاک محسـوب می‌شـوند. نتایـج این تحقیق همچنین دلالت بر این داشت که توزیع اندازه ذرات در حالت خشک و تر الزاماً درای روند مشابه نبوده و به دلیل نیروی وارده توسط آب معمولاً ذرات درشت تر به ذرات ریزتری تبدیل شده و این باعث به هم خوردن توزیع کل ذرات در مقایسه با نتایج الک خشک می شود.

پاورقی ها

1- DSA: Dry Stable Aggregates
2- WSA: Water Stable Aggregates
3- EC: Electrical Conductivity

منابع مورد استفاده

۱- حاج عباسی، م. ع.، بسالت پور، ا. و مللی، ا. ر. (۱۳۸۶) اثر تبدیل مراتع به اراضی کشـاورزی بر برخی ویژگی های فیزیکی و شـیمیایی خاک های جنوب و جنوب غربی اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱ (۴۲): ۵۳۴-۵۲۵.

۲- خزائی، ع.، مصدقی، م. ر. و محبوبی، ع. ا. (۱۳۸۷) تاثیر شرایط آزمایش، مقدار مـاده آلی، رس و کربنات کلسـیم خاک بر میانگین وزنی قطر و مقاومت کششـی خاکدانه ها در برخی از خاک های اسـتان همدان. علوم و فنون کشـاورزی و منابع طبیعی. ۱۲ (۴۴): ۱۳۴-۱۲۳.

۳- یوسـفی، م.، شریعتمداری، ح. و حاج عباسی، م. ع. (۱۳۸۶) اندازه گیری برخی از ذخایر کربن آلی در دسترس به عنوان شاخص کیفیت خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی. ۱۱ (۴۲): ۴۲۹-۴۳۹.

4- Angers, A. D. (1998) Water stable aggregation of Quebec silty clay soils: some factors controlling its dynamics. *Soil Till. Res*. 47: 91-96.

5- Baldock, J. A., Aoyama, M., Oades, G. M., Susant, O. and Grant, C. D. (1994) Structural amelioration of a South Australian red-brown Earth using calcium and organic amendments. *Aust. J. Soil Res*. 32: 571-594.

6- Barthes, B. G., Kouoa Kouoa, E., Larre-Larrouy. M. C., Razafimbelo, T. M., de Luca, E. F., Azontonde, A., Neves, C. S., de Freitas, P. L. and Feller, C. L. (2008) Texture and sesquioxide effects on water stable aggregates and organic matter in some tropical soils. *Geoderma*. 143: 14-25.

7- Barzegar, A., Malcolm N. and Rengasamy, P. (1997) Organic matter, sodicity and clay type: influence on soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 61: 1131-1137.

8- Bronick, C. J. and Lal, R. (2005) *Manuring and rotation effects on soil organic carbon concentration for different aggregate size fractions on two soils in northeastern Ohio.* USA, Soil Till. Res. 81: 239-252.

9- Denef, K., Six, J., Paustian, K and Merckx, R. (2001) Importance of macroaggregate dynamics in controlling soil carbon stabilization: short-term effects of physical disturbance induced by dry-wet cycles. *Soil Bio. Bioch.* 33: 2145-2153.

10- Diaz-Zorita, M., Grove, J. H. and Perfect, E. (2007) Sieving duration and sieve loading impacts on dry soil fragment size distributions. *Soil Till. Res.* 94: 15-20.

11- Dominguez, J., Negrin, M. A. and Rodriguez, C. M. (2001) Aggregate water stability, particle size and soil solution properties in conducive and suppressive soils to Fusarium wilt of banana from Canary island (Spain). *Soil Bio. Biochem.* 33: 449-455.

12- Green, V. S., Stott, D. E., Cruz, J. C. and Curi, N. (2007) Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian cerrado oxisols. *Soil Till. Res.* 92: 114-121.

13- Hwang, S. (2004) Effect of texture on the performance of soil particle size distribution models. *Geoderma*. 123: 363-371.

14- Kemper, W. D. and Rosenau, R. C. (1986) *Aggregate stability and size distribution. In: Klute,* A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 425-442.

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

16- Nimmo, J. R. and Perkins, K. S. (2002) Aggregate stability and size distribution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 5: 317-328.

17- Page, A. L., Miller, R. H. and Jeeney, D. R. (1992) *Methods of Soil Analysis,* Part 1. Physical properties. SSSA Pub., Madison. 1750 p.

18- Pansu, M. and Gautheyrou, J. (2006) *Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods.* Springer. 993 p.

19- Peixoto, R. S., Coutinho, H. L. C., Madari, B., Machado, P. L., Rumjanek, N. G., Van Elsas, J. D., Seldin, L. and Rosado, A. S. (2006) Soil aggregation and bacterial community structure as affected by tillage and cover cropping in the Brazilian Cerrados.

Archive of SID

www.SID.ir

Soil Till. Res. 90: 16-28.

20- Puget, P., Chenu, C. and Balasdent, J. (2000) Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. *European J. Soil Sci*. 51: 595-605.

21- Qadir, M., Ghafoor, A. and Murtaza, G. (2001) Use of saline-sodic waters through phytoremediation of calcareous saline-sodic soils. Agr. *Water Manag*. 50: 197-210.

22- Six, J., Guggenberger, G., Paustian, K., Haumaier, L., Elliott, E. T. and Zech, W. (2001) Sources and composition of soil organic matter fractions between and within soil aggregates. *Eur. J. Soil Sci*. 52: 607-618.

23- Skaggs, T. H., Arya, L. M., Shouse, P. J. and Mohanty, B. P. (2001) Estimating particle size distribution from limited soil texture data. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 65: 1038-1044.

24- Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J. L. and Hernandez, M. T. (2006) Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Bio. Biochem*. 38: 1413-1421.

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

26- Von Lutzow, M., Leifeld, J., Kainz, M., Kogel-Knabner, I. and Munch, J. C. (2002) Indications for soil organic matter quality in soils under different management. *Geoderma*. 105: 243-258.

27- Walkley, A. and Black, I. A. (1934) An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*. 37: 29-38.

Archive of SID