بررسی توزیع اندازه ذرات و پایداری خاکدانه‌ها تحت تأثیر کاربرد دو نوع بقایای گیاهی

مجید محمود آبادی[1*]

۱*) استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، مسئول مکاتبات: email: mahmoodabadai@mail.uk.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۱۲

چکیده

توزیع اندازه ذرات و پایداری خاکدانه از ویژگی‌های فیزیکی خاک هستند که از نظر حفاظت خاک بسیار اهمیت دارند. هدف از این پژوهش بررسی تـأثیر مواد آلی مختلف بر توزیع اندازه ذرات خاک در دو حالت خشک و تر بود. آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی، با دو تیمار بقایای گیاهی (کاه و کلـش و تفاله پسته)، سه سطح ماده آلی (صفر، یک و پنج درصد وزنی) و سه تکرار انجام شد. همچنین توزیع اندازه ذرات خاک در دو حالت خشک و تـر انـدازه-گیری شد. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف، اثرات متفاوتی بر توزیع اندازه خاکدانه داشته به گونه ای‌که با افزودن بقایای گیاهی به خاک، بسـته بـه نوع و میزان مصرف، فراوانی خاکدانه‌های درشت افزایش می‌یابد. قطر میانه ذرات در حالت خشک پس از اعمال تیمارهای شاهد، سطح ۱ درصـد کـاه و کلش، سطح ۱ درصد تفاله پسته، سطح ۵ درصد کاه و کلش و سطح ۵ درصد تفاله پسته بـه‌ترتیـب برابـر بـا ۰/۲۲۸، ۰/۲۵۰، ۰/۲۲۷، ۰/۳۹۴ و ۰/۲۹۴ میلی‌متر بدست آمد. در مقایسه با نتایج توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت خشک، در حالت‌تر بیشترین درصد فراوانـی ذرات از کـلاس انـدازه ۰/۱۲۵ تـا ۰/۲۵ میلی‌متر به کلاس کوچکتر از ۰/۱۲۵ میلی‌متر تغییر یافت. این یافته نشان داد که توزیع اندازه ذرات در دو حالت خشـک و تـر الزامـاً دارای رونـد مشابهی نیست. بررسی توزیع اندازه ذرات در حالت‌تر نشان داد که به‌طور نسبی برای کلاس‌های درشت‌تر به‌ویژه در دامنه ۰/۵ تا ۲ میلـی‌متـر، افـزودن بقایای گیاهی به خاک باعث افزایش معنی‌دار فراوانی ذرات می‌شود. همچنین مقایسه سطوح بقایای گیاهی مورد استفاده نشان داد که با افزایش مصرف مواد آلی، خاکدانه‌سازی بهبود و در نتیجه خاکدانه های درشت‌تر تشکیل می‌شود. همچنین، مشخص گردید که مـواد آلـی مختلـف، اثـرات متفـاوتی بـر خاکدانه‌سازی داشته به‌طوری‌که این تأثیر در مقیاس و اندازه خاصی از خاکدانه‌ها بیشتر از سایر اندازه‌هاست.

واژه‌های کلیدی: ساختمان خاک؛ ماده آلی؛ خاکدانه‌سازی

مقدمه

در نواحی خشک و نیمه‌خشک ایران، خاک‌ها به طور معمول از نظر ماده آلی فقیر بوده و دارای خصوصیات نامطلوبی می‌باشند. از این نظر افزایش سطح ماده آلی در چنین خاک‌هایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (خوشگفتارمنش و سیادت، ۱۳۸۱). ماده آلی خاک در ارتباط با پایداری خاکدانه عوامل تعیین‌کننده مهمی در چرخه کربن، حاصلخیزی و همچنین قابلیت بارآوری خاک محسوب می‌شوند. در واقع، ماده آلی یک منبع تغذیه‌ای است که ساختمان خاک و نگه‌داری آب را بهبود بخشیده و از طرفی، منبعی برای هتروتروف‌های خاک به حساب می‌آید. خاکدانه‌ها اثر مهمی در گسترش سیستم ریشه‌ای، چرخه کربن و آب و نیز مقاومت خاک در برابر فرسایش ایفا می‌کنند (Barthes et al., 2008). علاوه بر این، ماده آلی و خاکدانه‌ها حلقه‌های نزدیک به هم تشکیل می‌دهند. از یک طرف، ماده آلی عامل مهم اتصال‌دهنده خاکدانه‌ها به یکدیگر بوده و از طرف دیگر ممکن است از لحاظ

فیزیکی، در مقابل تجزیه در داخل خاکدانه‌های پایدار محافظت شود (Feller and Beare, 1997). در اثر تجزیه مواد آلی، برخی اسیدهای آلی تولید می‌شود که سبب چسبندگی ذرات خاک به یکدیگر و انحلال نمک‌های حاوی کلسیم می‌شود. به‌طور معمول خاک‌هایی که به نسبت دارای مواد آلی بیشتری دارند، خاکدانه‌های پایدارتری هم دارند (Angers, 1998). همچنین اضافه کردن مواد آلی به خاک، پایداری خاکدانه را افزایش می‌دهد. مواد آلی فواید زیادی در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند. از این رو، هر کاهشی در میزان مواد آلی خاک می‌تواند صدماتی را در حاصلخیزی، ناپایداری ساختمان خاک و همچنین کاهش در پتانسیل تولید خاک داشته باشد (Mrabet, 2002).

افزودن ماده آلی به خاک سبب بهبود ساختمان خاک می‌شود. مواد آلی با ترکیبات و مقادیر متفاوت، نقش‌های مختلفی را در خاک ایفا می‌کنند. در ابعاد بزرگ، ریشه‌های گیاهان، هیف‌های قارچ‌ها و مایکوریزا، خاکدانه‌های درشت را دربر گرفته و مانع از فروپاشی و پراکنده‌شدن آنها می‌گردد. این در حالی است که در اندازه‌های کوچک‌تر، موسیلاژها و کلوئیدهای معدنی-آلی، عوامل اولیه اتصال در خاکدانه‌های ریز به حساب می‌آید (Nelson and Oades, 1998). محصورشدن ماده آلی در خاکدانه‌ها مانع از تجزیه سریع آنها شده که این یکی از معیارهای اصولی در پایداری ساختمان خاک می‌باشد. کانی‌های رسی قادرند مولکول‌های بزرگ آلی را جذب نمایند که این امر باعث حفاظت فیزیکی خاکدانه‌ها شده و قابلیت دسترسی آنها را برای تجزیه کاهش می‌دهد (Gregorich and Janzen, 2000). البته بسته به نسبت C:N مواد آلی، فعالیت‌های میکروبی نیز در فرآیند خاکدانه‌سازی نقش دارند (Baldock et al., 1994; Amellal et al., 1999). به‌عبارتی هر دو پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک، تأثیرپذیری معنی‌داری نسبت به کاربرد اصلاح‌کننده‌های معدنی و آلی دارند.

بالا نگه‌داشتن سطح مادهٔ آلی خاک از اهمیت زیادی برخوردار است. ماده آلی می‌تواند باعث بهبود وضعیت ساختمان خاک و نیز خاکدانه‌سازی (Tisdall and Oades, 1982)، افزایش هدایت آبی (Baldock et al., 1994) و فراهمی بیشتر عناصر غذایی و نیز افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (Von Lutzow et al., 2002) گردد. افزودن مواد آلی همچنین می‌تواند روش مفیدی برای کاهش اثرات مخرب آبیاری با آب‌های با کیفیت نامطلوب باشد، زیرا مواد آلی سبب تحرک یون کلسیم حاصل از کلسیم کربنات خاک می‌شود. افزودن ماده آلی به خاک‌های شور و سدیمی می‌تواند سرعت آبشویی یون سدیم را تسریع بخشیده و در نتیجه ESP و EC خاک را کاهش و ظرفیت نگهداری آب، پایداری خاکدانه و نفوذ آب در خاک را افزایش دهد. علاوه بر این، اصلاح‌کننده‌های آلی CEC را افزایش داده و مکان‌های تبادلی را با یون‌های کلسیم، منیزیم و پتاسیم اشباع نموده و از ورود سدیم به مکان‌های تبادلی جلوگیری می‌کنند (Qadir et al., 2001; Walker and Bernal, 2008). این مسئله برای کشاورزی به‌ویژه در خاک‌های با کمبود مواد آلی از اهمیت بالایی برخوردار است.

نتایج به‌دست آمده از برخی مطالعات نشان می‌دهد که ماده آلی به‌عنوان یک عامل سیمانی کننده عمل کرده و برای هماوری نمودن ذرات

خاک و تشکیل خاکدانه‌های مقاوم اهمیت دارد. نیروی چسبندگی بیشتر به واسطه تشدید نیروهای هم‌چسبی بین ذرات معدنی و پلی‌مرهای آلی قابلیت خیس‌شدن خاکدانه‌ها و در نتیجه تخریب و فروپاشی آنها را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، با افزودن مواد آلی به‌دلیل افزایش تخلخل خاک، جرم مخصوص ظاهری کاهش می‌یابد (Puget et al., 2000; Tejada et al., 2006). نتایج مطالعه‌ای که در طول ۵ سال در اسپانیا به بررسی اثرات بقایای گیاهی پوسیده شده بر خواص فیزیکی خاک انجام گرفت، نشان داد که جرم مخصوص ظاهری در نتیجه افزایش توأم تخلخل خاک و پایداری ساختمان خاک، کاهش یافته است. چنین نتایجی توسط Kay and Vandenbygaqrt (2002) و همچنین Tejada et al. (2006) نیز گزارش شده است. این پژوهشگران دریافتند که ماده آلی به‌عنوان یک عامل سیمانی کننده عمل کرده و در هماوری ذرات برای تشکیل خاکدانه‌های مقاوم ضروری هستند. در هر حال این افزایش بستگی به ترکیب شیمیایی ماده آلی افزوده شده به خاک دارد. در تحقیق یادشده افزودن بقایای پوسیده منجر به افزایش فعالیت میکروبی شده که در نهایت افزایش پایداری ساختمان خاک را به‌دنبال دارد. علاوه بر این، موسیلاژ تولید شده توسط باکتری‌ها و تنفس قارچ‌ها، یک منبع قابل دسترس کربن آلی است (Tejada et al., 2009 a,b).

میزان ماده آلی خاک‌های زراعی کشور ما به‌طور معمول کمتر از یک درصد بوده که این امر علاوه بر تأثیر شرایط اقلیمی، معلول مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی بخصوص کودهای ازتی و مصرف کم مواد آلی در چند سال اخیر است (کریمی، ۱۳۷۵). این در حالی است که برخی از 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 جبران‌ناپذیری در ارتباط با عوامل زیستی می‌گردد. از طرفی، تفاله پسته به دلیل حجم قابل توجه آن، می‌تواند 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، تحقیق حاضر به بررسی نقش دو نوع بقایای گیاهی شامل کاه و کلش به عنوان بقایای زراعی و تفاله پسته به عنوان بقایای حاصل از برداشت یک محصول باغی در خاکدانه‌سازی و توزیع اندازه ذرات ثانویه می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

۱- نمونه‌برداری و تعیین خصوصیات خاک

تحقیق حاضر در شرایط گلخانه و در قالب طرح کامل تصادفی به مدت چهار ماه انجام شد. برای مطالعه تأثیر نوع و مقدار ماده آلی بر پایداری خاکدانه و بهبود ساختمان خاک، 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) و سه تکرار بود. همچنین توزیع اندازه ذرات ثانویه در دو حالت خشک وتر اندازه‌گیری شد. نمونه خاک مورد مطالعه خاکی با کاربری زراعی بود که از لایه سطحی (صفر تا ۲۰ سانتی‌متر) تهیه گردید. پس از نمونه‌برداری، خاک به آزمایشگاه منتقل شده و

پس از هواخشک‌کردن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. ویژگی‌های خاک مورد مطالعه شامل؛ بافت به روش هیدرومتری و پایداری خاکدانه در دو حالت‌تر و خشک با استفاده از سری الک استاندارد تعیین گردید (Kemper and Rosenau, 1986). میزان $CaCO_3$ معادل از روش تیتراسیون، کربن آلی به روش Walkley and Black (1934)، واکنش (pH) و هدایت الکتریکی (EC) به‌ترتیب در گل و عصاره اشباع اندازه‌گیری شد. پس از عصاره‌گیری کاتیون‌های محلول با آب مقطر، غلظت سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر و کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد. همچنین آنیون‌های محلول شامل؛ کلر به روش موهر، کربنات و بیکربنات با استفاده از تیتراسیون با اسید سولفوریک تعیین گردید (Pansu and Gautheyrou, 2006).

۲- انجام آزمایش‌ها

در مرحله اول، نمونه‌های گیاهی خرد و کوبیده شده و سپس به مقادیر یادشده با خاک به‌طور کامل 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. پس از اتمام کل مدت آزمایش طی چهار ماه و رسیدن رطوبت خاک گلدان‌ها به حد گاورو، نمونه‌ها تخلیه و هوا خشک شد. نمونه‌ها از الک ٤/٧٥ میلیمتر عبور داده شده و در ادامه آنالیز خصوصیات روی آنها انجام گردید. آزمایش‌ها در این بخش شامل تعیین توزیع اندازه ذرات ثانویه با استفاده از سری الک در دو حالت‌تر و خشک بود (Page et al., 1992). برای اندازه‌گیری 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 می‌شد. اندازه الک‌ها در این مرحله به ترتیب ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵ میلیمتر به همراه سینی 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 نمونه‌ها از زیر اشباع شد و سپس با استفاده از سری الک‌های ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵ میلی‌متر به مدت ۲ دقیقه در آب شیک گردید. بر مبنای داده‌های 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 بزرگ‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر که به دو روش الک خشک وتر تعیین شدند، به‌ترتیب با شاخص‌های $DSA_{>0.25mm}$[1] و $WSA_{>0.25mm}$[2] نشان داده شده است. در منابع متعددی قطر ۰/۲۵ میلی‌متر به عنوان مرز خاکدانه‌های ریز و درشت گزارش شده است (Puget et al., 2000; Six et al., 2001).

[1]. Dry Stable Aggregates (DSA)
[2]. Water Stable Aggregates (WSA)

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مورد مطالعه

ویژگی	واحد	مقدار
رس	درصد	۱۹/۸
سیلت	درصد	۱۶/۰
شن	درصد	٦٤/۲
کلاس بافت	-	لوم شنی
WSA>0.25 mm	درصد	٦/۳
DSA>0.25 mm	درصد	۳٦/۰۷

WAS درصد خاکدانه‌های پایدار در آب که با استفاده از سری الک‌تر تعیین شد.
DSA درصد خاکدانه‌های پایدار است که با استفاده از سری الک خشک تعیین شد.

نتایج آزمایش الک‌تر و خشک بر روی نمونه خاک اولیه نشان داد که درصد خاکدانه‌های پایدار خشک بزرگتر از ۰/۲۵ میلیمتر ۳٦/۰۷ بوده در حالی که خاکدانه‌های پایدار در آب با اندازه بزرگتر از این اندازه تنها ٦/۳ درصد می‌باشد. این بدان مفهوم است که در اثر شیک نمودن نمونه در داخل آب بخشی از خاکدانه‌ها پایدار در حالت خشک، خرد شده و به خاکدانه‌های ریزتر تبدیل شده و تنها یک ششم آنها در آب پایدار بوده است. جدول ۲ برخی خصوصیات شیمیایی خاک مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به شرایط حاکم بر تشکیل خاک‌های 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 کاتیون‌های محلول، کلسیم بیشترین و پتاسیم کمترین میزان را به خود اختصاص داده است. به‌علاوه میزان کربنات ناچیز و کلر بیشتر از بی‌کربنات تعیین گردید.

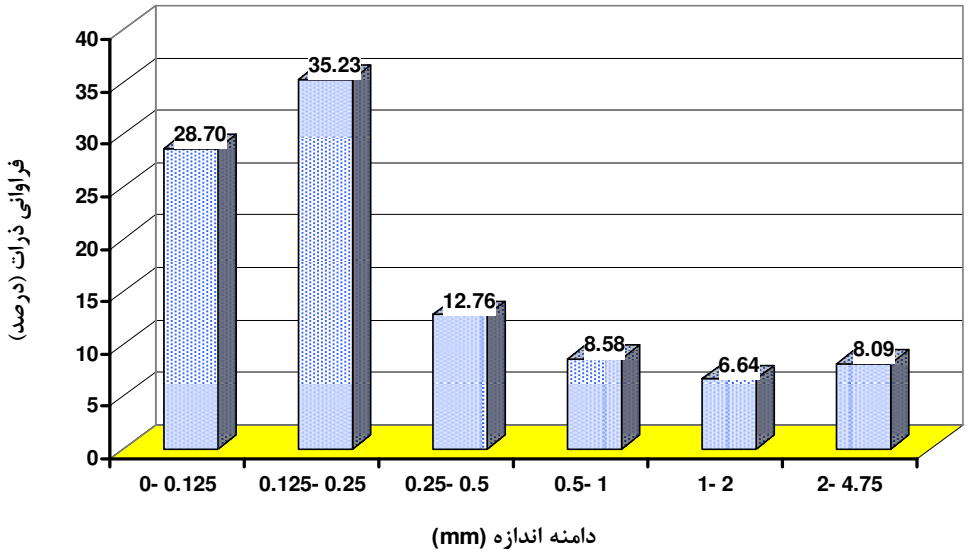
در ادامه نتایج حاصل از توزیع اندازه ذرات ثانویه خشک وتر ارائه می‌گردد. برای سهولت بیان در این تحقیق، منظور از علائم C، S1، S5، P1 و P5 به‌ترتیب شاهد، سطح ۱ درصد کاه و کلش، سطح ۵ درصد کاه و کلش، سطح ۱ درصد تفاله پسته و سطح ۵ درصد تفاله پسته می‌باشد. شاهد تیماری است که هیچ ماده آلی به آن افزوده نشده و فقط در شرایط انکوباسیون چهار ماهه نگهداری شده است. شکل ۱ توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت خشک را برای خاک مورد مطالعه قبل از شروع آزمایش نشان می‌دهد. مطابق این شکل، درصد ذرات بین ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵ میلیمتر بیشترین و ذرات با اندازه در دامنه ۱ تا ۲ میلیمتر کمترین فراوانی را به خود اختصاص داده است. درصد ذرات در کلاس با بیشترین فراوانی حدود ٦ برابر درصد ذرات در کلاس با کمترین فراوانی است. در مجموع فراوانی ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلیمتر در حدود ٦٤ درصد کل ذرات می‌باشد.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد مطالعه

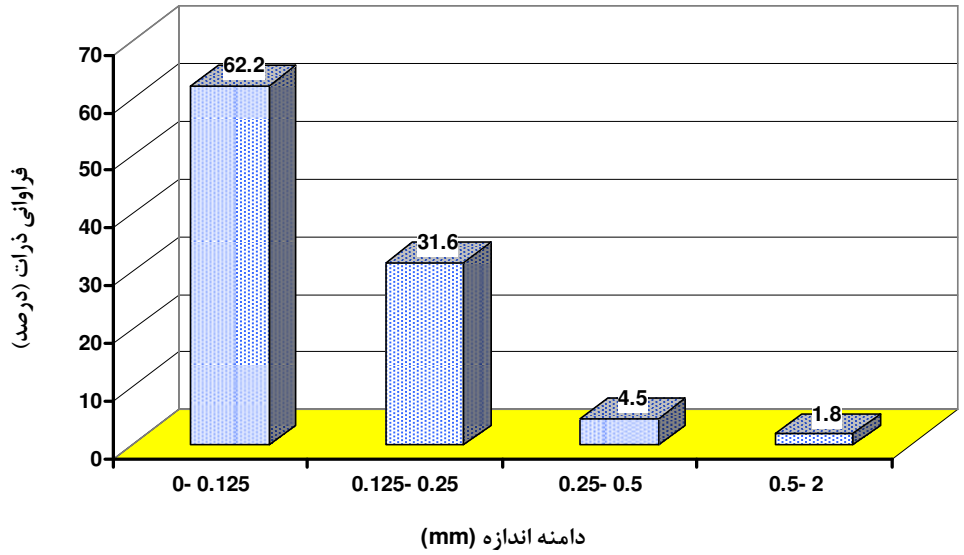
ویژگی	واحد	مقدار
EC	$dS\ m^{-1}$	۳/۱
pH	-	۷/۳٦
ماده آلی	درصد	۱/۲٦
کربنات کلسیم معادل	درصد	۱٦/۲۵
سدیم	$meq\ L^{-1}$	۲/۸
پتاسیم	$meq\ L^{-1}$	۰/۲۲
کلسیم	$meq\ L^{-1}$	۱۵/٤
منیزیم	$meq\ L^{-1}$	۲/۸
کلر	$meq\ L^{-1}$	۳/۲۵
کربنات	$meq\ L^{-1}$	ناچیز
بیکربنات	$meq\ L^{-1}$	۰/۲

شکل ۲ درصد ذرات ثانویه را در کلاس‌های مختلف اندازه بر اساس نتایج الک‌تر نشان می‌دهد. مشابه با توزیع ذرات در حالت خشک، ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلیمتر نسبت به ذرات درشت‌تر، فراوانی بیشتری را به خود اختصاص داده است 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 کرده است. این نتیجه حاکی از این مطلب است که در اثر شیک نمودن نمونه در حضور آب علاوه بر نیروی مکانیکی الک، ورود آب به ذرات خاکدانه باعث خرد و ریزتر شدن ذرات و افزایش فراوانی ذرات ریزتر شده است. به همین ترتیب فراوانی ذرات درشت‌تر از ۰/۲۵ میلیمتر نیز کاهش محسوس داشته است به نحوی که فراوانی این ذرات در مورد الک‌تر به حدود یک ششم در مقایسه با نتایج الک خشک کاهش یافته است.

همچنین فراوانی ذرات در دامنه ذرات ۰/۲۵ تا ۰/۵ میلیمتر به حدود یک سوم کاهش یافته است. مقایسه کلاس‌های اندازه متناظر در دو حالت خشک وتر نشان از آن دارد که در مجموع بیشترین خردشدن مربوط به ذرات درشت‌تر است که باعث ایجاد ذرات ریزتری می‌گردد.



شکل ۱- توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت خشک مربوط به خاک مورد مطالعه قبل از آزمایش



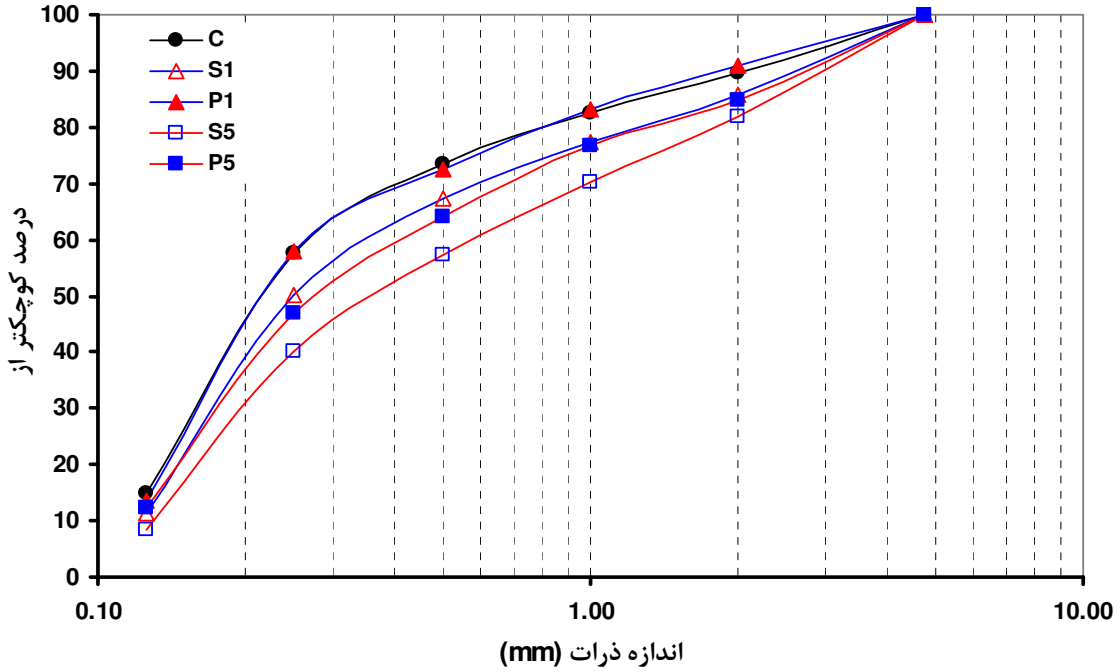
شکل ۲- توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت‌تر مربوط به خاک مورد مطالعه قبل از آزمایش

۲- توزیع اندازه ذرات در حالت خشک

شکل ۳ توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت خشک را در پایان دوره ٤ ماهه برای تیمارهای مورد مطالعه نشان می‌دهد. مطابق این شکل مشاهده می‌شود که تیمارهای مختلف در نهایت، اثرات متفاوتی بر توزیع اندازه خاکدانه داشته‌اند. تیمار شاهد و تیمار کاه و کلش در سطح ۵ درصد، به‌ترتیب کمترین و بیشترین نقش را در افزایش اندازه خاکدانه نشان می‌دهند. با افزودن بقایای گیاهی به خاک، بسته به نوع و میزان ماده آلی، فراوانی ذرات درشت‌تر افزایش می‌یابد. برخی محققان نقش مواد آلی را در افزایش فراوانی

خاکدانه‌های پایدار گزارش نموده‌اند (Angers, 1998; Denef et al., 2001). نتایج بررسی Barzegar et al. (1997) نیز بطور مشابهی نشان داد که مواد آلی در خاک باعث افزایش خاکدانه‌سازی می‌گردد. ترکیبات آلی از طریق ایجاد پل‌های اتصال بین ذرات، باعث افزایش اندازه و پایداری خاکدانه در برابر نیروهای مخرب می‌گردد. از نتایج تحقیق حاضر نیز این موضوع به وضوح قابل مشاهده است.

قطر میانه ذرات برای تیمارهای C، S1، S5، P1 و P5 به‌ترتیب برابر با ۰/۲۲۸، ۰/۲۵۰، ۰/۲۲۷، ۰/۳۹٤ و ۰/۲۹٤ میلی‌متر بدست آمد. مقایسه سطح بقایای گیاهی مورد استفاده نشان از آن دارد که با افزایش میزان مصرف مواد آلی بر حسب درصد وزنی، خاکدانه‌سازی بهبود یافته و در نتیجه ذرات درشت‌تری تشکیل می‌شود. همچنین نوع ماده آلی نیز دارای اهمیت زیادی است. چنانچه طبق شکل ۳ مقادیر وزنی یکسان کاه و کلش نسبت به تفاله پسته، نقش بیشتری در افزایش اندازه خاکدانه پس از ٤ ماه داشته است. این نتیجه، دلیل دیگری بر اهمیت زیاد مواد آلی در افزایش اندازه خاکدانه‌ها و ایجاد مقاومت در برابر عوامل مکانیکی ناشی از الک‌نمودن می‌باشد. چنین نتیجه‌ای توسط Qadir et al. (2001) نیز گزارش شده که دریافتند با افزایش مواد آلی، پایداری و مقاومت خاکدانه افزایش می‌یابد.

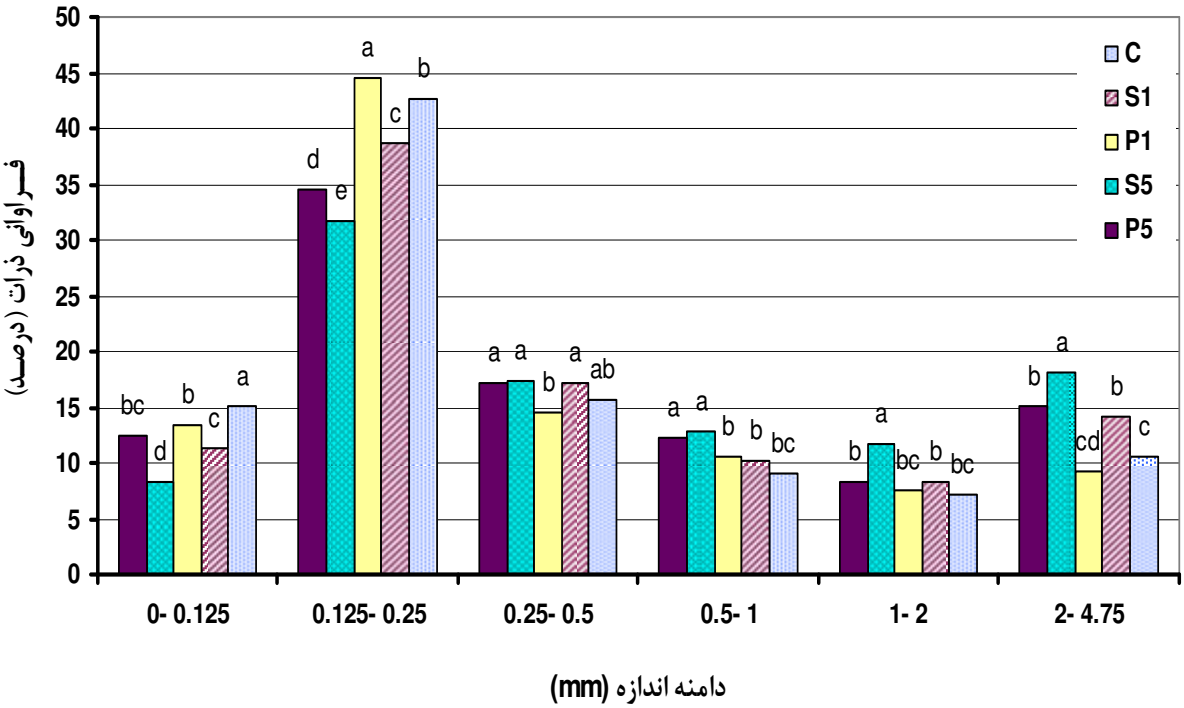


شکل ۳- توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت خشک برای تیمارهای مورد مطالعه

یکی از موارد مهم در توزیع اندازه ذرات، نقش مواد آلی در اجزای مختلف اندازه‌ای است. شکل ٤ فراوانی ذرات ثانویه در حالت خشک در کلاس‌های مختلف اندازه را در پایان دوره ٤ ماهه برای تیمارهای مورد مطالعه نشان می‌دهد. با افزودن بقایای گیاهی به خاک، فراوانی ذرات در کلاس‌های اندازه‌ای مختلفی بسته به نوع ماده آلی متفاوت است. از بین کلاس‌های مختلف اندازه،

برای همه تیمارهای مورد مطالعه، فراوانی ذرات در دامنه اندازه ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵ میلی‌متر بطور معنی‌داری، بیشتر از سایر اجزای اندازه‌ای می‌باشد. تأثیر نوع و میزان ماده آلی بر جزءبندی فراوانی ذرات جالب توجه است.

بطوری که به سمت کلاس‌های اندازه‌ای درشت‌تر، نقش مواد آلی بیشتر می‌شود و بر عکس در کلاس‌های ریزتر، کاربرد سطوح پایین‌تر مواد آلی و نیز تیمار شاهد، فراوانی بیشتری از ذرات را به دنبال داشته است. به‌طور مشابهی Angers (1998) و همچنین حاج-عباسی و همکاران (۱۳۸٦) همبستگی معنی‌داری بین پایداری خاکدانه و ماده آلی به‌دست آوردند. دلیل این موضوع این است که کربن آلی به‌ویژه کربوهیدرات‌ها به‌عنوان عامل اتصال ذرات خاک و تشکیل‌دهنده خاکدانه‌ها به‌حساب می‌آید (یوسفی و همکاران، ۱۳۸٦). به عبارتی، مقیاس تأثیرگذاری عوامل هماوری بسته به نوع و میزان ماده آلی متفاوت است. این در حالیست که هر چه در یک خاک، فراوانی ذرات درشت‌تر بیشتر باشد، بطور کلی آن خاک دارای ساختمان مطلوب‌تری است.



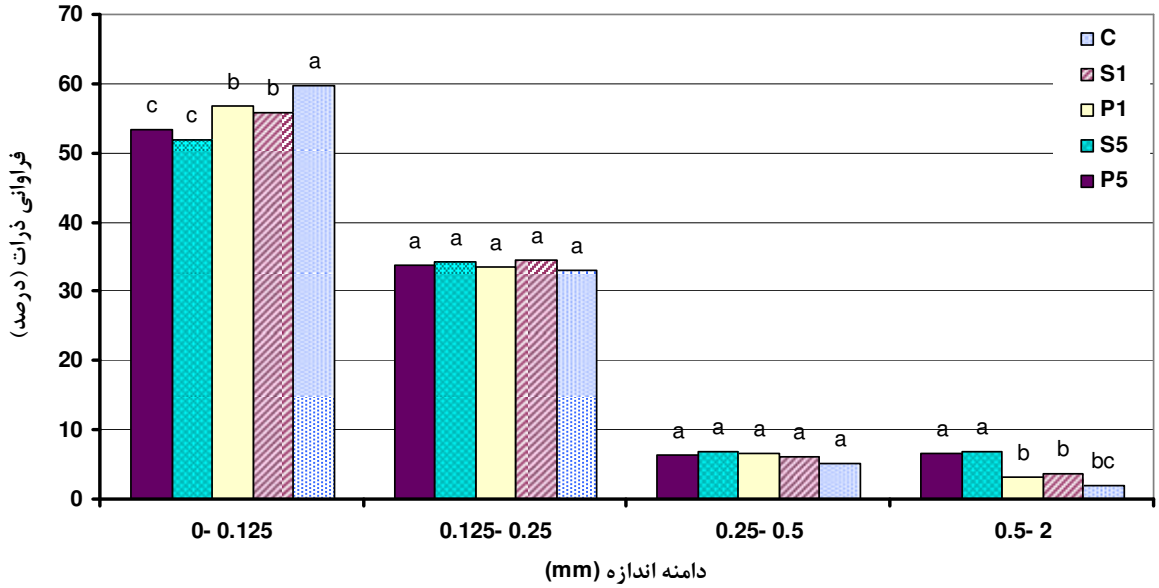
شکل ٤- فراوانی ذرات ثانویه در حالت خشک در کلاس‌های مختلف اندازه برای تیمارهای مورد مطالعه

مطابق شکل ٤ مشاهده می‌شود که در بزرگترین کلاس اندازه‌ای (۲ تا ٤/۷۵ میلی‌متر) با افزایش سطح ماده آلی فراوانی ذرات افزایش معنی‌داری یافته است. از طرفی، تیمار کاه و کلش نسبت به تفاله پسته فراوانی بیشتر ذرات درشت را به دنبال داشته است. این روند در کلاس‌های اندازه‌ای ۰/۵ تا ۱، ۱ تا ۲ و همچنین ۲ تا ٤/۷۵ میلی‌متر قابل مشاهده است. در ریزترین کلاس اندازه‌ای (صفر تا ۰/۱۲۵ میلی‌متر)، تیمار شاهد بیشترین درصد را به خود اختصاص داده که دلیل این موضوع،

فراوانی کمتر ذرات در کلاس‌های بزرگتر برای این تیمار می‌باشد.

۳- توزیع اندازه ذرات در حالت تر

شکل ۵ توزیع اندازه ذرات در حالت‌تر را برای تیمارهای مورد مطالعه در پایان دوره ٤ ماهه نشان می‌دهد. در مقایسه با شکل ۳، در اینجا حداکثر اندازه ذرات ۲ میلی‌متر بوده و بنابراین، کلاس اندازه‌ای ۲ تا ٤/۷۵ میلی‌متر از بین کلاس‌ها حذف شده است. از آنجا که در تعیین توزیع به روش تر، علاوه بر نیروی مکانیکی، نیروی حاصل از ورود آب به ذرات خاکدانه نیز دخیل است، بنابراین نسبت به توزیع اندازه در حالت خشک طبیعی است که فراوانی ذرات در کلاس‌های درشت، کاهش یافته باشد. همچنین در این حالت، فراوانی ذرات در کلاس صفر تا ۰/۱۲۵ میلی‌متر بیشتر از سایر کلاس‌ها بدست آمد. با توجه به خرد شدن خاکدانه‌ها در اثر اعمال نیروهای یادشده، مقایسه روند توزیع در دو حالت خشک وتر گویای میزان نقش تیمارهای مختلف در ایجاد مقاومت و پایداری در خاکدانه‌هاست.



شکل ۵- فراوانی ذرات ثانویه در حالت‌تر در کلاس‌های مختلف اندازه برای تیمارهای مورد مطالعه

مقایسه نقش تیمارهای مختلف در پایداری خاکدانه در حالت‌تر برای کلاس‌هاس اندازه‌ای حاکی از آن است که بطور نسبی برای کلاس‌های درشت‌تر به‌ویژه در دامنه ۰/۵ تا ۲ میلی‌متر، افزودن هر دو نوع بقایای گیاهی به خاک باعث افزایش معنی‌دار فراوانی ذرات شده است. البته در دامنه ۰/۱۲۵ تا ۰/۵ میلی‌متر، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مورد مطالعه مشاهده نشد. همچنین مقایسه سطوح کاربرد مواد آلی در درشت‌ترین کلاس اندازه، دلالت بر افزایش معنی‌دار پایداری خاکدانه با افزایش مصرف دارد. به این علت است که Tejada et al. (2006) بیان کردند که ماده آلی به‌عنوان یک عامل سیمانی کننده، در هماوری ذرات برای تشکیل خاکدانه‌های مقاوم ضروری هستند. در کلاس اندازه‌ای 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 داده است. از نتایج چنین می‌توان استنباط نمود که مواد آلی مختلف اثرات متفاوتی در خاکدانه‌سازی داشته و این تأثیر در مقیاس و اندازه خاصی بیشتر از سایر اندازه‌هاست.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر نقش دو نوع بقایای گیاهی مختلف در خاکدانه‌سازی و توزیع اندازه ذرات بررسی گردید. برای خاک اولیه توزیع ثانویه در حالت خشک نشان داد که درصد ذرات بین ۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵ میلیمتر بیشترین و ذرات با اندازه در دامنه ۱ تا ۲ میلیمتر، کمترین فراوانی را به خود اختصاص داده بطوری که درصد ذرات در کلاس با بیشترین فراوانی حدود ٦ برابر درصد ذرات در کلاس با کمترین فراوانی است. همچنین برای خاک اولیه در توزیع اندازه ذرات در حالت تر، ذرات کوچکتر از ۰/۲۵ میلیمتر نسبت به ذرات درشت‌تر، فراوانی بیشتری را به خود اختصاص داده 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 کرده است. مقایسه کلاس‌های اندازه متناظر در دو حالت خشک وتر نشان از آن دارد که در مجموع بیشترین خردشدن مربوط به ذرات درشت‌تر است که باعث ایجاد ذرات ریزتری می‌گردد. بررسی توزیع اندازه ذرات در حالت خشک در پایان ٤ ماه نشان داد که تیمارهای مختلف، اثرات متفاوتی بر توزیع اندازه خاکدانه داشته‌اند. تیمار شاهد و تیمار کاه و کلش در سطح ۵ درصد، به‌ترتیب کمترین و بیشترین نقش را در افزایش اندازه خاکدانه نشان می‌دهند. قطر میانه ذرات 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 به‌ترتیب برابر با ۰/۲۲۸، ۰/۲۵۰، ۰/۲۲۷، ۰/۳۹٤ و ۰/۲۹٤ میلیمتر بدست آمد. مقایسه سطح بقایای گیاهی مورد استفاده نشان از آن داشت که با افزایش میزان مصرف مواد آلی بر حسب درصد وزنی، خاکدانه‌سازی به‌طور معنی‌داری بهبود یافته و در نتیجه ذرات درشت‌تری تشکیل می‌شود. همچنین نوع ماده آلی نیز دارای اهمیت زیادی است. مقیاس تأثیرگذاری عوامل هماوری بسته به نوع و میزان ماده آلی متفاوت است. ترکیبات حاصل از تجزیه مواد آلی متنوع بوده که هر یک در مقیاس خاصی از اندازه ذرات مؤثرند. بررسی توزیع اندازه ذرات در حالت‌تر در پایان ٤ ماه نیز نشان داد که نسبت به توزیع اندازه در حالت خشک، فراوانی ذرات در کلاس‌های درشت، کاهش یافته است. همچنین در این حالت، فراوانی ذرات در کلاس صفر تا ۰/۱۲۵ میلی‌متر بیشتر از سایر کلاس‌ها بدست آمد. با توجه به خرد شدن خاکدانه‌ها در اثر اعمال نیروهای یادشده، مقایسه روند توزیع در دو حالت خشک وتر گویای میزان نقش تیمارهای مختلف در ایجاد مقاومت و پایداری در خاکدانه‌هاست. مقایسه نقش تیمارهای مختلف در پایداری خاکدانه در کلاس‌های اندازه‌ای حاکی از آن بود که بطور نسبی برای کلاس‌های درشت‌تر بویژه برای دامنه ۰/۵ تا ۲ میلی‌متر، افزودن بقایای گیاهی به خاک باعث افزایش فراوانی ذرات شده است. همچنین مقایسه سطوح کاربرد مواد آلی دلالت بر افزایش معنی‌دار پایداری خاکدانه با افزایش مصرف داشت.

فهرست منابع

۱) حاج‌عباسی، م. ع.، بسالت‌پور، ا. و مللی، ا. ر. ۱۳۸٦. اثر تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های جنوب و جنوب غربی اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱ (٤۲): ٥۲٥-٥۳٤.

۲) خوشگفتارمنش، ا. م. و ح. سیادت. ۱۳۸۱. تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. انتشارات معاونت باغی و زراعت جهاد کشاورزی. ۸٦ ص.

۳) کریمی، ه. ۱۳۷٥. گیاهان زراعی، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۰٥ ص.

٤) یوسفی، م.، شریعتمداری، ح. و حاج عباسی، م. ع. ۱۳۸٦. اندازه‌گیری برخی از ذخایر کربن آلی در دسترس به عنوان شاخص کیفیت خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی. ۱۱ (٤۲): ٤۲۹-٤۳۹.

5) Amellal, N., Bartoli, F., Villemin, G., Talouizte, A. and Heulin, T. 1999. Effects of inoculation of EPS-producing Pantoea agglomerans on wheat rhizosphere aggregation. Plant and Soil. 211: 93-101.

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

7) 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.

8) 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 som tropical soils. Geoderma. 143: 14-25.

9) 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.

10) 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.

11) Feller, C and Beare, M.H. 1997. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. Geoderma. 79: 69-116.

12) Gregorich, E.G. and Janzen, H.H. 2000. Microbially mediated processes: decomposition. In: Sumner, M.E. (Ed.), Handbook of Soil Science. pp. C107-C120. CRC Press, Boca Raton.

13) Kay, B.D. and Vanden Bygaart, A.J. 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. Soil Till. Res. 66: 107-118.

14) Kemper, W.D., 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) Mrabet, R. 2002. Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa. Soil Till. Res. 66: 119-128.

16) Nelson, P.N. and Oades, J.M. 1998. Organic matter, sodicity and soil structure. In: Sumner, M.E and Naidu, R. (Eds.), Sodic Soils, Distribution, Properties, Management and Environmental Consequences. pp. 51-75. Oxford University Press, New York.

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) 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.

20) 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.

21) 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.

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

23) Tejada, M., Garcia-Martinez, A.M. and Parrado, J. 2009a. Effects of a vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. Catena. 77: 238-247.

24) Tejada, M., Hernandez, M.T. and Garcia, C. 2009b. Soil restoration using composted plant residues: Effects on soil properties. Soil Till. Res. 102: 109-117.

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) Walker, D.J. and Bernal, M.P. 2008. The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. Biores. Tech. 99: 396-403.
28) 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.