نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۸، ص. ۴۸۷-۴۷۷

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 3, Jul-Aug. 2019, p. 477-487

تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک مزارع دیم دشت مراغه در اثر اعمال تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و سنتی

مهدی کوسه لو[۱]- مهدی رحمتی[۲*]- ایرج اسکندری[۳]- ولی فیضی اصل[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۷

چکیده

به‌منظور مطالعه اثرات خاک‌ورزی سنتی و حفاظتی بر خصوصیات فیزیکی خاک در اراضی کشاورزی دیم، تحقیقی به مدت ۵ سال زراعی در مؤسسه تحقیقات دیم کشور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار خاک‌ورزی شامل: کاشت مستقیم در ته ساقه‌ها (NT_1)، کاشت مستقیم در کلیه بقایا (NT_2)، شخم قلمی + دیسک (CH)، کم خاک‌ورزی (MT) و شخم مرسوم (CT) در ۴ تکرار به اجرا در آمد. نمونه‌برداری‌های خاک در انتهای سال پنجم برداشته شدند که این نمونه جهت آنالیز پارامترهای فیزیکی ازجمله پایداری خاکدانه‌ها (WAS)، میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها به روش الک تر (GMD_{wet} و MWD_{wet}) و الک خشک (GMD_{dry} و MWD_{dry})، بعد فرکتال جرمی خاکدانه‌ها (D_m)، کربن آلی کل (TOC)، کربن آلی محلول (DOC) و جرم مخصوص ظاهری خاک استفاده شدند. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر پارامترهای MWD_{dry} و GMD_{dry} معنی‌دار بود. اثر متقابل روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مکان بر روی DOC و اثر متقابل عمق و مکان بر روی جرم مخصوص ظاهری معنی‌دار بود. میزان کربن آلی محلول در تیمار خاک‌ورزی سنتی با مقدار $3/74\ mg\ g^{-1}$ در مکان اول به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها (با مقادیر کمتر از $3/20\ mg\ g^{-1}$) بود. همچنین در تیمار NT_1 و NT_2 میانگین وزنی (به ترتیب با ۱/۲۵ و ۱/۱۷ میلی‌متر) و هندسی (۱/۰۴ میلی‌متر برای هر دو) قطر خاکدانه‌ها اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده توصیه می‌شود، به‌جای استفاده مداوم از خاک‌ورزی سنتی از خاک‌ورزی حفاظتی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: بعد فرکتال، پایداری خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری، کربن آلی محلول

مقدمه

خاک ازجمله منابع دیر تجدیدشونده است که حفاظت و نحوه استفاده از آن اهمیت زیادی دارد. نوع خاک‌ورزی مورد استفاده ازجمله عواملی است که می‌تواند باعث تخریب و یا بهبود ساختمان خاک شود. خاک‌ورزی یکی از مهم‌ترین عملیات کشاورزی است که طی آن محیط مناسبی برای رشد بذرها مهیا می‌شود. عملیات خاک‌ورزی به روش‌های گوناگونی انجام می‌شود که به‌طورکلی می‌توان آن‌ها را به دو گروه خاک‌ورزی سنتی یا متداول و خاک‌ورزی حفاظتی تقسیم کرد. در خاک‌ورزی سنتی، اغلب از وسایلی مانند گاوآهن برگردان‌دار استفاده می‌شود. در این سامانه‌ها، اغلب کمتر از ۱۵ درصد بقایا در سطح خاک باقی می‌ماند. خاک‌ورزی حفاظتی در مقابل خاک‌ورزی سنتی قرار دارد که می‌تواند به روش‌های گوناگونی ازجمله بی خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و غیره صورت گیرد. در این خاک‌ورزی، معمولاً حداقل ۳۰ درصد بقایا در سطح خاک حفظ می‌شود که اغلب فرسایش آبی و بادی را کاهش می‌دهند (۱۰ و ۱۸).

خاک‌ورزی یکی از مدیریت‌هایی است که به‌شدت بر کیفیت فیزیکی خاک تأثیر می‌گذارد. مطالعه خورشید و همکاران (۲۳) نشان می‌دهد که خاک‌ورزی تأثیر بسیار مهمی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد. درواقع خاک‌ورزی مناسب موجب بهبود ساختمان خاک و افزایش خلل و فرج، ماده آلی، توزیع بهتر خاکدانه‌ها و نهایتاً اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود (۱۳). جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک از شاخص‌های مهم متأثر از خاک‌ورزی می‌باشند. عباسی و همکاران (۱) طی تحقیقات خود نشان دادند که بی خاک‌ورزی بیشترین مقدار جرم مخصوص ظاهری را در مقایسه با کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی سنتی داشت. در مطالعات

۱ و ۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه
۳ و ۴- استادیاران، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: mehdirmti@gmail.com
DOI: 10.22067/jsw.v0i0.76818

www.SID.ir

Archive of SID

دیگری تفاوت معنی‌داری بین جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک در خاک‌ورزی سنتی و بی خاک‌ورزی مشاهده نشد (۱۷). بااین‌حال، نتایج متناقضی هم سایر مطالعات نشان دادند که شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر قابل‌توجهی در جرم مخصوص ظاهری خاک نداشتند (۳، ۲۰، ۲۱). به‌طورکلی در تمام روش‌های خاک‌ورزی جرم مخصوص ظاهری خاک سطحی (لایه شخم) در مقایسه با لایه‌های پایین‌تر کاهش می‌یابد (۱۹).

ماده آلی خاک پارامتر دیگری است که به‌شدت تحت تأثیر مدیریت کشاورزی است. مهم‌ترین منبع ماده آلی خاک بقایای گیاهی است و میزان بقایای گیاهی در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی متفاوت است. بحرانی و همکاران (۵) گزارش نمودند، روش‌های بی خاک‌ورزی با حفظ بقایای گیاهی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، مقدار کربن آلی خاک را افزایش می‌دهند. بیر و همکاران (۶) گزارش دادند که مقدار ماده آلی موجود در خاک به‌شدت تحت تأثیر شیوه خاک‌ورزی بوده و روش‌های بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش میزان ماده آلی خاک می‌گردند. اولسون و همکاران (۲۸) طی تحقیق ۲۴ ساله گزارش کردند که سیستم بی خاک‌ورزی موجب نگهداری ۷/۸ تن در هکتار کربن آلی بیشتر و گاوآهن چیزل ۱/۶ تن در هکتار کربن آلی کمتر از گاوآهن برگردان‌دار در خاک شد. حاج عباسی و همکاران (۱۶) با بررسی دو روش بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بر ویژگی‌های فیزیکی یک خاک رسی سیلتی در اصفهان، طی دو سال نشان دادند که سامانه‌های بی خاک‌ورزی باعث افزایش ماده آلی خاک تا دو برابر نسبت به خاک‌ورزی مرسوم شد. سامانه‌های خاک‌ورزی به دلیل برهم ریختن خاک و تأثیر بر مقدار ماده آلی و توزیع آن در نیم‌رخ خاک می‌توانند بر پایداری خاکدانه‌ها و نهایتاً بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها مؤثر باشند (۲).

توزیع اندازه خاکدانه‌ها یکی از ویژگی‌های مهم فیزیکی خاک است (۳۵). شاخص‌های زیادی برای بررسی وضعیت پایداری خاکدانه‌ها وجود دارد که از این شاخص‌ها می‌توان به میانگین وزنی (MWD) و میانگین هندسی (GMD) قطر خاکدانه‌ها اشاره کرد (۹). توزیع اندازه خاکدانه‌ها و پایداری آن‌ها می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی با روش خاک‌ورزی تغییر کند (۶). به همین دلیل پیکستو و همکاران (۳۰) عنوان داشتند که توزیع اندازه خاکدانه‌ها تحت تأثیر عملیات خاک‌ورزی مختلف است. پایداری خاکدانه‌ها همچنین می‌تواند دامنه وسیعی از منافذ خاک را به وجود آورد که این منافذ در تهویه خاک بسیار مهم هستند. ازاین‌رو روش‌های بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حفاظتی با دست‌کاری کمتر خاک و افزایش مواد آلی خاک، پایداری خاکدانه‌ها را بهبود می‌بخشند (۲۹). روستا (۳۳) با تحقیق بر روی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر میزان ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها نشان داد که خاک‌ورزی‌های حداقل و حفاظتی در مقایسه با خاک ورزی مرسوم، باعث افزایش معنی‌دار مقدار ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها شده است. عباسی و همکاران (۱) درنتیجه تحقیق خود دریافتند که بیشترین و کمترین میزان پایداری خاکدانه‌ها به ترتیب مربوط به بی خاک‌ورزی و شخم مرسوم با گاوآهن برگردان‌دار بود. به‌طورکلی، سامانه‌های خاک‌ورزی به دلیل به هم ریختن خاک و تأثیر بر مقدار ماده آلی و توزیع آن در نیم‌رخ خاک می‌توانند بر پایداری خاکدانه‌ها و نهایتاً بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها مؤثر باشند.

بعد فرکتالی می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب در مطالعات مربوط با خصوصیات فیزیکی خاک، فرسایش، فرآیندهای هیدرولوژیک و توضیح کمی ساختمان خاک به کار رود که در آن خاکدانه‌ها جسمی شبه فرکتالی در نظر گرفته می‌شوند (۳۸). دینگ و دینگ (۷) گزارش کردند که مقادیر بیشتر بعد فرکتالی جرمی نشان‌دهنده تکه‌تکه شدن بیشتر است. پیرمرادیان و همکاران (۳۱) در بررسی اثر سامانه‌های خاک‌ورزی بر پایداری خاکدانه‌ها، بعد فرکتالی جرمی را حساس‌تر از میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها گزارش نمودند و پیشنهاد کردند که از بعد فرکتالی جرمی به دلیل پایه قوی‌تر در بررسی پایداری خاکدانه‌ها استفاده گردد. نتایج آن‌ها نشان داد که شخم برگردان‌دار نسبت به شخم چیزل بعد فرکتالی جرمی بیشتری را ایجاد می‌کند. اقبال و همکاران (۸) توزیع اندازه خاکدانه‌ها را در خاک‌هایی که با مدیریت چهار روش مختلف شخم (چیزل، دیسک، بدون شخم و شخم معمولی) و دو تناوب گیاهی (ذرت- سویا-ذرت و سویا-ذرت- سویا) بررسی کردند. مقادیر بعد فرکتالی خردشوندگی توزیع اندازه خاکدانه‌ها از ۲/۲۸۱ تا ۳/۳۰۶ تغییر کرد. نتایج تحقیق عطایی و همکاران (۴) نشان داد که افزایش شدت و میزان خاک‌ورزی، انجام شخم در جهت شیب و مدیریت نادرست بقایای گیاهی به‌طور قابل‌توجهی خردشوندگی و درنتیجه بعد فرکتالی خاکدانه‌ها را افزایش می‌دهند. هر چه بعد فرکتالی بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده پراکندگی بیشتر ذرات خاک است و درنتیجه، مقدار ذرات با اندازه کوچک‌تر بیشتر می‌باشند.

جمع‌بندی مطالب فوق بیانگر این است که تیمارهای مختلف خاک‌ورزی می‌توانند اثرات متناقضی بر خصوصیات فیزیکی خاک داشته باشند که تصور می‌شود، بیانگر تأثیر شرایط آب و هوایی مختلف باشد. بنابراین تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثرات تیمارهای مختلف خاک‌ورزی حفاظتی و مقایسه آن با اثرات خاک‌ورزی سنتی و مرسوم منطقه در شرایط آب و هوایی شهرستان مراغه و در شرایط مزارع دیم بعد از پنج فصل زراعی با اعمال تناوب زراعی گندم - ماشک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه با طول جغرافیایی ۴۶/۱۵ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷/۱۵ درجه

www.SID.ir

Archive of SID

شمالی اجرا شد. این ایستگاه در ارتفاع ۱۷۲۰ متری از سطح دریا قرار دارد. حداکثر مطلق درجه حرارت ایستگاه ۳۷ درجه سانتی‌گراد، حداقل مطلق ۲۵- درجه و متوسط سالیانه آن ۵/۳ درجه سانتی‌گراد است. این آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) انجام شد که آزمایش در دو فاز (مکان) مختلف تکرار شد. اجرای آزمایش در دو فاز مختلف که تنها تفاوت آنها در توالی تناوب زراعی بود به این منظور انجام شد که هر سال به طور همزمان هر دو محصول مدنظر برای تحقیق فوق کشت شوند و همچنین از حجم کار کاسته شود. تناوب زراعی استفاده شده در فاز اول گندم – ماشک و در فاز دوم ماشک – گندم بود. تیمارهای خاک‌ورزی اعمال‌شده شامل کاشت مستقیم در ته ساقه‌ها (NT_1)، کاشت مستقیم در کلیه بقایا (NT_2)، شخم قلمی + دیسک (CH)، کم خاک‌ورزی (MT) و شخم مرسوم (CT) در ۴ تکرار و به مدت ۵ سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۰) اجرا شد. نمونه‌های خاک در انتهای فصل زراعی پنجم در هر کرت از سه‌نقطه به‌صورت نمونه مرکب به همراه نمونه‌های دست‌نخورده از عمق شخم (۳۰-۰ سانتی‌متر) برداشته شد. اندازه‌گیری بافت خاک در هر دو مکان نشان داد که کلاس بافت خاک در هر دو مکان لوم رسی بود. نمونه‌های دست‌خورده در درون کیسه‌های پلاستیکی نگهداری و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا هوا خشک و سپس خصوصیات فیزیکی موردنظر شامل فراوانی نسبی اندازه ذرات به روش هیدرومتری (۱۱)، میانگین وزنی اندازه قطر خاکدانه‌ها (۳۷) به روش سری الک‌های تر (MWD_{wet}) و خشک (MWD_{dry}) پایداری خاکدانه‌های ۱ تا ۲ میلی‌متری (WAS) با استفاده از دستگاه الک تر (۲۷)، کربن آلی خاک با روش اکسایش تر (۲۶)، کربن آلی محلول (DOC) خاک با استفاده از دستگاه آنالیز کربن (۳۹) و بعد فرکتالی جرمی خاکدانه‌ها از مدل تیلر و ویت‌کرفت (۳۶) تعیین شد. در روش الک تر ۴۰ گرم از خاکدانه‌هایی با قطر کوچکتر از ۸ میلی‌متر که هوا خشک بودند، توزین و بر روی سری الک‌ها شامل ۴/۷۵، ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر قرار گرفت. سپس خاکدانه‌ها با استفاده از مه‌پاش به آرامی خیس شدند و بعد از آن در داخل ظرف حاوی آب بالا و پایین شدند تا پایداری آنها اندازه‌گیری شود. دامنه حرکت عمودی غربال‌ها در داخل آب ۲/۶ سانتی‌متر (ویلیامز و همکاران، ۱۹۶۶)، با شدت نوسان ۳۰ مرتبه در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه بود. اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها در روش الک خشک نیز مشابه با روش الک تر بود با این تفاوت که در این روش ۱۰۰ گرم از خاکدانه‌هایی با قطرکوچکتر از ۸ میلی‌متر که هوا خشک بودند، توزین و بر روی سری الک‌ها شامل ۴/۷۵، ۳/۳۵، ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر قرار گرفتند و بدون حضور آب به مدت سه دقیقه روی دستگاه شیکر الک شدند. برای محاسبه بعد فرکتال جرمی خاکدانه‌ها، خاکدانه‌ها در پنج کلاس با اندازه ۴/۷۵، ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر (مطابق با آزمایش انجام‌شده برای تعیین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها) تفکیک گردیدند و بعد فرکتال جرمی (D_m) از مدل زیر محاسبه شد.

$$\frac{M(x<X)}{M_t}=\left(\frac{x}{X_L}\right)^{3-D_m} \quad (۱)$$

D_m بعد فرکتال جرمی، $M\ (x<X)$ جرم تجمعی خاکدانه‌ها بر روی غربال‌ها با اندازه‌های کوچک‌تر از X (گرم)، M_t جرم کل خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی تمام غربال‌ها (گرم)، X_L بالاترین اندازه روزنه غربال که برابر با ۸ میلی‌متر است، X اندازه بزرگ‌ترین خاکدانه در هر کلاس و x میانگین قطر خاکدانه‌ها در هر کلاس (میلی‌متر) می‌باشد.

جرم مخصوص ظاهری خاک نیز از طریق نمونه‌های دست نخورده (از دو عمق ۰- ۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متر) تهیه‌شده از منطقه مورد مطالعه با استفاده از سیلندرهای نمونه‌برداری با قطر ۵ و ارتفاع ۴ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (۱۴). لازم به توضیح است، با توجه به اینکه جرم مخصوص ظاهری از دو عمق برداشته شد، تجزیه واریانس این پارامتر به‌صورت اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک کامل تصادفی (RCBD) انجام شد که فاکتور اصلی شامل عمق‌های مختلف نمونه-برداری و فاکتور فرعی شامل تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بود. برای تجزیه آماری داده‌ها و مقایسات میانگین از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن از نرم‌افزار GenStat14 و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های خاک تحت تأثیر خاک‌ورزی، تناوب زراعی و اثرات متقابل آن‌ها در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر متقابل عمق و مکان بر پارامتر جرم مخصوص ظاهری (D_b) در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). همچنین اثرات اصلی تیمارهای خاک‌ورزی بر پارامترهای میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها در حال خشک (MWD_{dry} و GMD_{dry}) در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. با این‌وجود، تیمارهای خاک‌ورزی و مکان اثر معنی‌داری بر پایداری، بعد فرکتالی و میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت مرطوب ندارند. همچنین علی‌رغم معنی‌دار شدن اثرات اصلی مکان و خاک‌ورزی و اثر متقابل خاک‌ورزی-مکان بر روی کربن محلول خاک (DOC)، تیمارهای خاک‌ورزی و مکان و اثرات متقابل آن‌ها بر کربن کل (TOC) معنی‌دار نیست (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- میانگین مربعات جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و عمق‌های مختلف

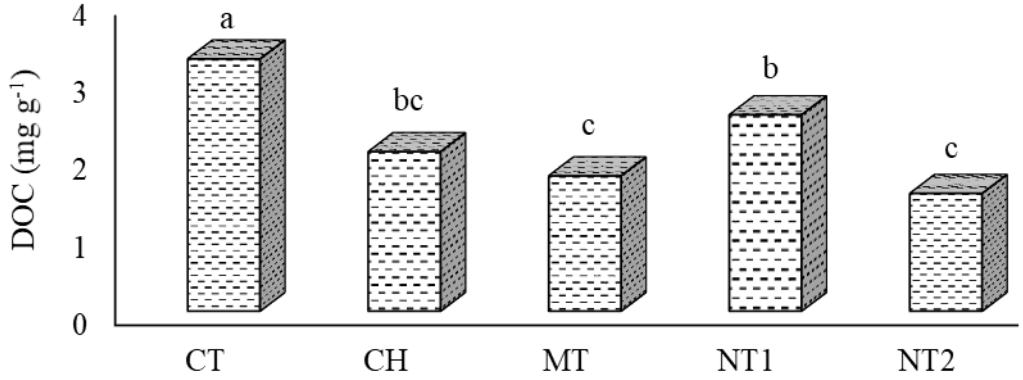
Table1-Mean of square bulk density in different tillage treatments and different depths

میانگین مربعات (Mean square)	درجه آزادی (df)	منابع تغییرات (Source of variations)
0.0171^{ns}	1	مکان (Location)
0.0170	6	خطا ($Error_a$)
0.0030^{ns}	4	خاک‌ورزی (Tillage)
0.0138^{ns}	4	مکان × خاک‌ورزی (Location × Tillage)
0.0076	24	خطا ($Error_b$)
0.0095^{ns}	1	عمق (Depth)
0.0303^{*}	1	مکان × عمق (Location × Depth)
0.0047^{ns}	4	خاک‌ورزی × عمق (Tillage × Depth)
0.0116^{ns}	4	مکان × خاک‌ورزی × عمق (Tillage × Location × Depth)
0.0062	30	خطا ($Error_c$)
5.8		ضریب تغییرات ٪ (CV%)

ns عدم معنی‌دار * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns: Non-significant, * and ** significant at 5% and 1%, respectively

اگرچه تیمارهای خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر TOC ندارند (جدول ۲) اما با افزایش غیرمعنی‌دار TOC در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی تا بیش از ۹/۵ میلی‌گرم بر گرم خاک در مقایسه با تیمار خاک‌ورزی سنتی با مقدار نزدیک به ۸/۶ میلی‌گرم بر گرم خاک، به نظر می‌رسد، برای مشاهده اختلاف معنی‌دار در میزان TOC در بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی نیازمند تداوم آزمایش به مدت طولانی‌تری باشد (شکل ۲). پژوهشگران معتقدند در کوتاه‌مدت به‌سختی می‌توان میزان کربن آلی خاک را تغییر داد، زیرا فرآیندهای پیچیده بافری خاک سبب مقاومت در برابر تغییر می‌شود، بنابراین تغییر کربن آلی خاک فرآیندی بسیار کند و نیازمند اعمال مدیریت‌های مناسب برای افزایش ماده آلی خاک در زمان طولانی است (۱۲). بااین‌حال مقدار کربن آلی محلول خاک (DOC) در بین سطوح خاک‌ورزی و اثرات متقابل آن با مکان در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار دارد (جدول ۲). نتایج شکل ۱ نشان می‌دهد، خاک‌ورزی مرسوم دارای بیشترین مقدار کربن آلی محلول است. درحالی‌که تیمارهای بدون شخم با تمامی بقایا (NT_2) و خاک‌ورزی حداقل (MT)، کم‌ترین مقدار DOC را دارند. دلیل این امر می‌تواند ناشی از باقی ماندن بقایای گیاهی در سطح خاک در خاک‌ورزی حفاظتی و بی خاک‌ورزی و اختلاط کمتر آن با خاک مزرعه باشد. درحالی‌که به دلیل به‌هم‌خوردگی بیشتر خاک در روش خاک‌ورزی مرسوم، بقایای گیاهی با خاک مخلوط شده و در اثر تجزیه‌های بیولوژیکی باعث افزایش ماده آلی محلول خاک شده است.



شکل ۱- مقایسه میانگین کربن آلی محلول (DOC) خاک در بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی (CT: شخم مرسوم، CH: شخم قلمی + دیسک، MT: کم خاک‌ورزی، NT1: کاشت مستقیم در ته ساقه‌ها، NT2: کاشت مستقیم در کلیه بقایا)

Figure 1- Comparison of mean of dissolved organic carbon (DOC) among different tillage practices (CT:conventional plowing with moldboard plowing, RT: chisel plow plus disc harrow, MT: minimum tillage with mulch cultivator, NT1: no-till in standing residue, NT2: no-till in entire residue)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- میانگین مربعات و سطح معنی‌داری پارامترهای اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

Table 2- Mean squares and significance level of measured in different tillage practices

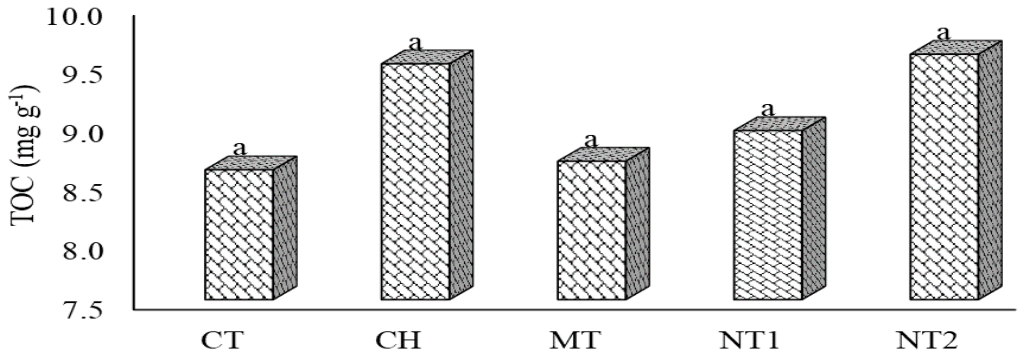
منبع تغییرات (Source of variations)	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)						
		میانگین وزنی قطر - خشک MWD_{dry}	میانگین هندسی قطر - خشک GMD_{dry}	پایداری خاکدانه‌ها WAS	میانگین وزنی قطر - مرطوب MWD_{wet}	میانگین هندسی قطر - مرطوب GMD_{wet}	بعد فرکتالی D_m	کربن محلول DOC	کربن کل TOC
مکان (Location)	1	0.041^{ns}	0.0004^{ns}	31.3^{ns}	0.00587^{ns}	0.00024^{ns}	0.00037^{ns}	5.5683^{**}	0.153^{ns}
خطا ($Error_a$)	6	0.057	0.0051	133.8	0.00569	0.00181	0.00114	0.3986	3.296
خاک‌ورزی (Tillage)	4	0.333^{*}	0.0233^{*}	258.8^{ns}	0.00876^{ns}	0.00180^{ns}	0.00163^{ns}	3.8371^{**}	6.77^{ns}
مکان × خاک‌ورزی (Location × Tillage)	4	0.047^{ns}	0.0024^{ns}	320.7^{ns}	0.00859^{ns}	0.00087^{ns}	0.00066^{ns}	6.5961^{**}	4.399^{ns}
خطا ($Error_b$)	24	0.093	0.0065	234.8	0.01061	0.00196	0.00158	0.4815	3.709
ضریب تغییرات (درصد) (CV%)		30.8	8.2	41.3	29.2	5.2	1.4	31.2	10.6

ns عدم معنی‌دار * و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns: Non-significant, * and ** significant at 5% and 1%, respectively

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- مقایسه میانگین کربن آلی کل (TOC) خاک در بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی (CT: شخم مرسوم، CH: شخم قلمی + دیسک، MT: کم خاک‌ورزی، NT1: کاشت مستقیم در ته ساقه‌ها، NT2: کاشت مستقیم در کلیه بقایا)

Figure 2- Comparison of mean of total organic carbon (TOC) among different tillage practices (CT:conventional plowing with moldboard plowing, RT: chisel plow plus disc harrow, MT: minimum tillage with mulch cultivator, NT1: no-till in standing residue, NT2: no-till in entire residue) TOC (mg g^{-1})

خاک‌ورزی باعث اختلاف معنی‌دار در مقدار میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک (MWD_{dry} و GMD_{dry}) در سطح احتمال ۵ درصد شد (جدول ۲). اندازه‌گیری توزیع اندازه خاکدانه‌ها به روش الک خشک بیشتر برای بررسی تأثیر خاک‌ورزی بر خردشدگی و نرم شدگی خاک و ارزیابی فرسایش‌پذیری خاک در برابر باد به کار می‌رود. در مقابل روش الک تر عموماً برای تعیین پایداری خاکدانه‌های درشت در برابر تنش‌های آبی استفاده می‌شود (۲۲). تیمارهای بدون شخم (NT_1 و NT_2) دارای بیشترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک با مقادیر ۱/۱۷ و ۱/۲۵ میلی‌متر بودند (شکل ۳). این موضوع بیانگر آن است که خاک‌ورزی حتی به‌صورت حداقل یا کاهش‌یافته باعث شکسته شدن خاکدانه‌ها شده و ذرات یا خاکدانه‌های ریزتری را به وجود می‌آورد. نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش‌شده است. سارکر و همکاران (۳۴) نیز درنتیجه تحقیقات خود گزارش کردند که میزان MWD به روش الک خشک در بی خاک‌ورزی بیشتر از کم خاک‌ورزی و در کم خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم در عمق ۳۰ – ۰ سانتی‌متری بود. آن‌ها بیشتر بودن MWD در روش بی خاک‌ورزی را افزایش ماده آلی در این نوع خاک‌ورزی نسبت به سایر خاک‌ورزی‌ها نسبت دادند. همچنین کوبار و همکاران (۲۴) با مطالعه سه‌ساله‌ای که روی اثرات یکپارچه بدون خاک‌ورزی و بازگشت کاه در کربن آلی خاک و تجمع پایدار آب در کشت چرخشی برنج – کلزا داشتند، گزارش کردند که میزان میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در بی خاک‌ورزی با برگشتن کاه و کلش بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم با برگشتن کاه و کلش بود. این محققین همچنین اظهار کردند که میزان MWD از سطح خاک تا عمق‌های پایینی در همه تیمارها روند کاهشی داشت ولی در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری خاک‌ورزی مرسوم با برگشتن کاه و کلش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ای بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت. همچنین تیمار NT_1 (کشت مستقیم با ته ساقه‌ها) دارای بیشترین مقدار میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک است اما خاک‌ورز مرکب دارای کم‌ترین میزان MWD_{dry} و GMD_{dry} است (شکل ۴). به نظر می‌رسد شکسته شدن بیشتر خاکدانه‌ها توسط عامل خاک‌ورز مرکب دلیل اصلی این اختلاف باشد.

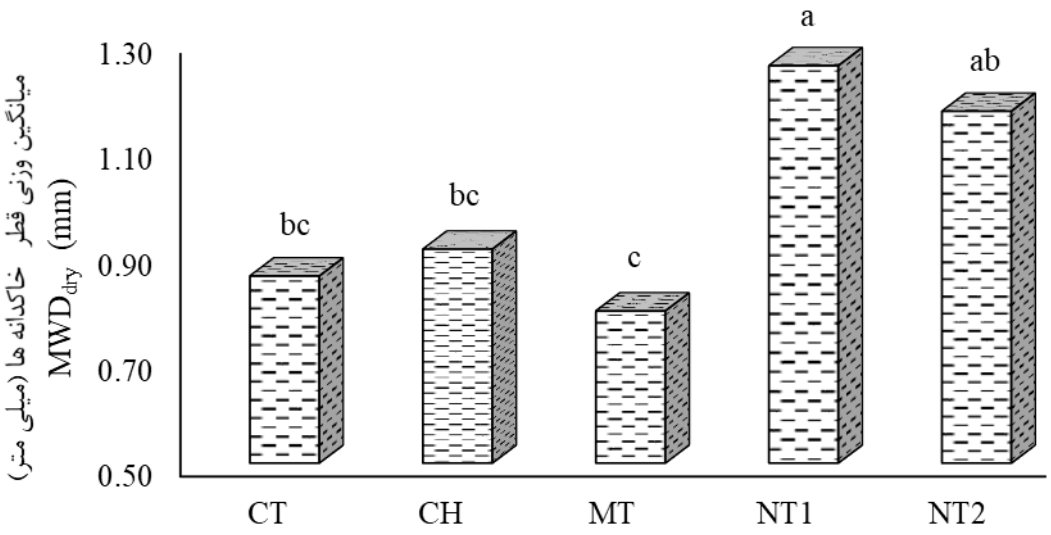
مقایسات میانگین جرم مخصوص ظاهری (D_b) اندازه‌گیری شده در دو عمق مختلف در مکان‌های مورد آزمایش نشان می‌دهد که اگرچه اختلاف معنی‌دار ازنظر D_b در بین دو عمق مختلف در مکان A وجود نداشت، مقدار D_b اندازه‌گیری شده در عمق دو (۱۵-۳۰ سانتیمتر) مطابق انتظار بیشتر از D_b اندازه‌گیری شده در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری بود (شکل ۴). بااین‌وجود، علی‌رغم افزایش نامحسوس مقدار D_b در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی (با مقادیر D_b بیشتر از ۱/۳۵ گرم بر سانتیمتر مکعب) در مقایسه با تیمار سنتی (با D_b برابر با ۱/۳۲ گرم بر سانتیمتر مکعب)، از نظر آماری این اختلاف معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد، این افزایش در صورت تداوم آزمایش می‌تواند ازنظر آماری نیز معنی‌دار شود.

امروزه استفاده از هندسه فرکتالی و بعد فرکتالی، در شناخت غیریکنواختی موجود در محیط‌های طبیعی رایج شده است (۲۵). به همین منظور پروسپرینی و پروگینی (۳۲) با کمک مدل عددی و آنالیز فرکتالی به تعیین توزیع اندازه ذرات خاک در منطقه آمبریای ایتالیا پرداختند و بیان کردند، استفاده از مدل‌های فرکتالی می‌تواند راهکار مناسبی برای درک پدیده‌های پیچیده خاک باشد. ازاین‌رو در این پژوهش نیز برای مشاهده میزان خردشوندگی خاکدانه‌ها از بعد فرکتالی استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که اثرات تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر بعد فرکتالی خاکدانه‌ها معنی‌دار نشده است (جدول ۲) و

www.SID.ir

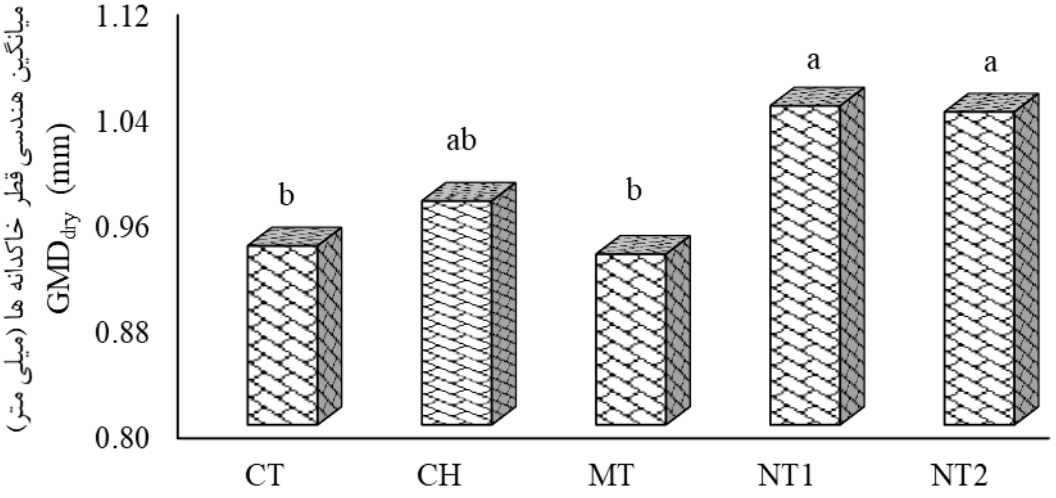
Archive of SID

مقایسه میانگین بعد فرکتالی در بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی نیز نشان‌دهنده تغییرات اساسی و زیاد در این پارامتر در خاک‌ورزی‌های مختلف نیست (شکل ۶). گولسر (۱۵) با مطالعه اثر کشت گیاهان علوفه‌ای بر ساختمان خاک و ارتباط آن با بعد فرکتالی نتیجه گرفت که میان بعد فرکتالی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر همبستگی منفی وجود دارد، به طوری که با افزایش مقدار بعد فرکتالی اندازه خاکدانه‌ها ریزتر بودند. بنابراین با توجه به معنی‌دار نشدن اثرات تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر روی میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر، به نظر می‌رسد که معنی‌دار نشدن اختلافات بعد فرکتالی در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی منطقی باشد.



شکل ۳- مقایسه میانگین پارامتر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک (MWD_{dry}) در بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی (CT: شخم مرسوم، CH: شخم قلمی + دیسک، MT: کم خاک‌ورزی، NT1: کاشت مستقیم در ته ساقه‌ها، NT2: کاشت مستقیم در کلیه بقایا)

Figure 3- Comparison of means of mean weight diameter of aggregates in the dry state (MWD_{dry}) among different tillage practices (CT:conventional plowing with moldboard plowing, RT: chisel plow plus disc harrow, MT: minimum tillage with mulch cultivator, NT1: no-till in standing residue, NT2: no-till in entire residue)

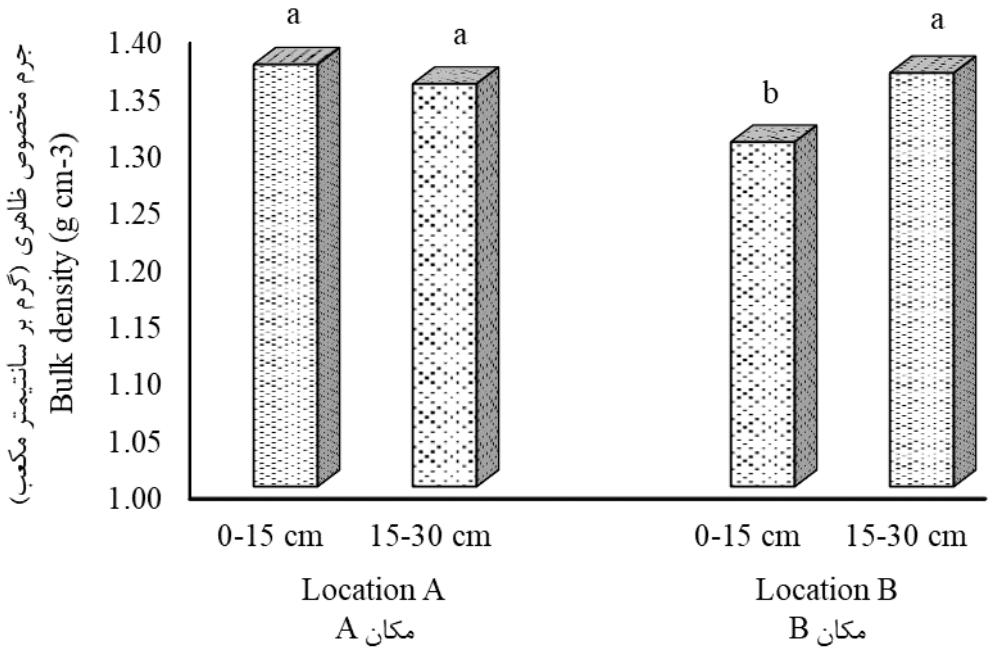


شکل ٤- مقایسه میانگین پارامتر میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک (GMD_{dry}) در بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی (CT: شخم مرسوم، CH: شخم قلمی + دیسک، MT: کم خاک‌ورزی، NT1: کاشت مستقیم در ته ساقه‌ها، NT2: کاشت مستقیم در کلیه بقایا)

Figure 4- Comparison of means of geometric mean diameter of aggregates in the dry state (GMD_{dry}) among different tillage practices (CT:conventional plowing with moldboard plowing, RT: chisel plow plus disc harrow, MT: minimum tillage with mulch cultivator, NT1: no-till in standing residue, NT2: no-till in entire residue)

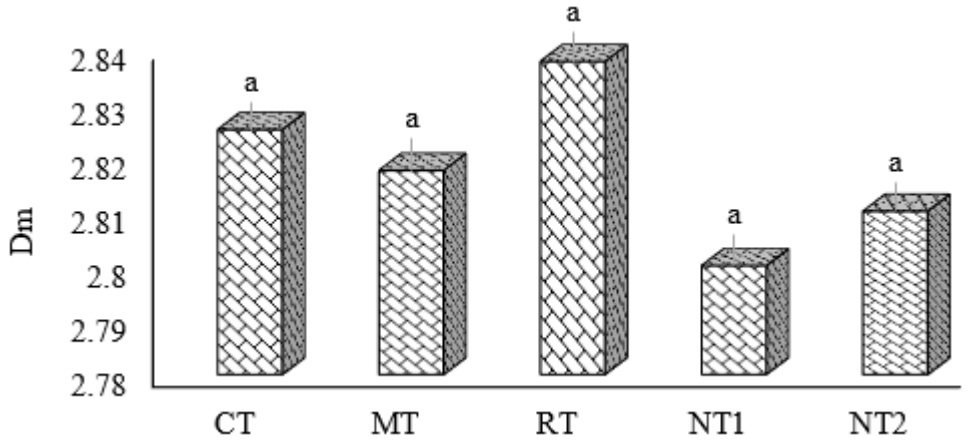
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری در عمق‌های مختلف در دو مکان مورد آزمایش

Figure 5- Comparisons of mean bulk density in different depths of two examined locations



شکل ٦- مقایسه میانگین بعد فرکتالی (D_m) خاک در بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی (CT: شخم مرسوم، RT: شخم قلمی + دیسک، MT: کم خاک‌ورزی، NT1: کاشت مستقیم در ته ساقه‌ها، NT2: کاشت مستقیم در کلیه بقایا)

Figure 6- Comparison of mean of fractal dimension (D_m) among different tillage practices (CT:conventional plowing with moldboard plowing, RT: chisel plow plus disc harrow, MT: minimum tillage with mulch cultivator, NT1: no-till in standing residue, NT2: no-till in entire residue)

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که انواع مختلف خاک‌ورزی بر روی کربن آلی محلول خاک و میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک تأثیر گذاشته است. درحالی‌که کربن آلی کل خاک، بعد فرکتال جرمی خاکدانه‌ها، پایداری خاکدانه‌ها و میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت الک تر و جرم مخصوص ظاهری تحت تأثیر خاک‌ورزی قرار نگرفتند. بااین‌حال، به نظر می‌رسد، برای مشاهده بهتر و دقیق‌تر اثرات انواع مختلف خاک‌ورزی بهتر است نمونه‌برداری‌ها در پایان هر سال زراعی انجام گیرد تا ارزیابی و نتیجه‌گیری مطلوب‌تری حاصل شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1- Abbasi H., Khodaverdiloo H., Ghorbani Dashtaki S., and Ahmadi Moghaddam P. 2014. The effects of some tillage methods on soil physical quality index in arid and semiarid region. Journal of Agricultural Mechanization 1(2): 37-45. (In Persian with English abstract)
2- Afyuni M., and Mosadeghi M. R. 2001. Effect of tillage practices on soil physical properties and bromide translocation. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 5(3): 39-53. (In Persian)
3- Alvarez R., and Steinbach H. 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. Soil and Tillage Research 104(1): 1-15.
4- Ataee A., Gorji M., and Parvizi Y. 2015. Evaluation of the suitability of fractal dimension of soil aggregates in assessing different soil management practices. Journal of Soil Researches 28(4): 701-712. (In Persian)
5- Bahrani M.J., Raufat M.H., and Ghadiri H. 2007. Influence of wheat residue management on irrigated corn grain production in a reduced tillage system. Soil and Tillage Research 94(2): 305-309.
6- Beare M., Hendrix P., and Coleman D. 1994. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional-and no-tillage soils. Soil Science Society of America Journal 58(3): 777-786.
7- Ding Q., and Ding W. 2007. Comparing stress wavelets with fragment fractals for soil structure quantification. Soil Tillage Research 93: 316–323.
8- Eghball B., Mielke L.N., Calvo G.A., and Wilhelm W.W. 1993. Fractal description of soil fragmentation for various tillage methods and crop sequences. Soil Science Society of America Journal 57(5): 1337-1341.
9- Eynard A., Schumacher T.E., Lindstrom M.J., and Malo D. D. 2004. Aggregate sizes and stability in cultivated South Dakota prairie Ustolls and Usterts. Soil Science Society of America Journal 68(4): 1360-1365.
10- Gbadamosi J. 2013. Impact of different tillage practices on soil moisture content, soil bulk density and soil penetration resistance in oyo metropolis, Oyo state, Nigeria. Transnational Journal of Science and Technology 3(9): 50-57.
11- Gee G.W., and Or. D. 2002. Particle-size analysis. In: J.H. Dane and G.C .Topp, editors, Methods of soil analysis. Part 4. SSSA Book Ser. 5. SSSA Madison, WI. p. 255–293.
12- Ghaffari Nejad S.A. 2018. Long-term soil tests to evaluate soil fertility management methods. Journal Management System 5(2): 99-112.
13- Ghasemi Abaolmaleki Y., GHajar Sepanlou M., and Bahmanyar M.A. 2015. The effect of different tillage methods on some soil physical properties. Journal of Soil Researches 29(4): 309-320. (In Persian)
14- Grossman R., and Reinsch T. 2002. 2.1 Bulk density and linear extensibility. In: J.H. Dane and G.C. Topp, editors, Methods of soil analysis. Part 4. SSSA Book Ser. 5. SSSA Madison, WI. p. 201-228.
15- Gülser C. 2006. Effect of forage cropping treatments on soil structure and relationships with fractal dimensions. Geoderma,131(1-2): 33-44.
16- Hajabbasi M.A., Mirlohi A.F., and Sadrarhami M. 1999. Tillage effects on some physical properties of soil and maize yield in Lavark research farm. Journal of Water and Soil Science (Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources) 3(3): 13-24. (In Persian)
17- Ishaq M., Ibrahim M., and Lal R. 2002. Tillage effects on soil properties at different levels of fertilizer application in Punjab, Pakistan. Soil and Tillage Research 68(2): 93-99.
18- Jabro J.D., Iversen W.M., Stevens W.B., Evans R.G., Mikha M.M., and Allen B.L. 2015. Effect of three tillage depths on sugarbeet response and soil penetrability resistance. Agronomy Journal 107(4): 1481-1488.
19- Jabro J.D., Iversen W.M., Stevens W.B., Evans R.G., Mikha M.M., and Allen B.L. 2016. Physical and hydraulic properties of a sandy loam soil under zero, shallow and deep tillage practices. Soil and Tillage Research 159: 67-72.
20- Jabro J., Stevens W., Iversen W., and Evans R. 2011. Bulk density, water content, and hydraulic properties of a sandy loam soil following conventional or strip tillage. Applied engineering in agriculture 27(5): 765-768.
21- Karuma A., Mtakwa P., Amuri N., Gachene C.K., and Gicheru P. 2014. Tillage effects on selected soil physical properties in a maize-bean intercropping system in Mwala District, Kenya. International scholarly research notices, 2014: PMC4897449.
22- Kemper W.D., and Rosenau R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Method of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods, Soil Sci. Soc. Am. Agron. 9: 425-440.
23- Khurshid K., Iqbal M., Arif M.S., and Nawaz A. 2006. Effect of tillage and mulch on soil physical properties and growth of maize. International Journal of Agriculture and Biology 8(5): 593-596.
24- Kubar K.A., Huang L., Lu J., Li X., Xue B., and Yin Z. 2018. Integrative effects of no-tillage and straw returning on soil organic carbón and water stable aggregation under rice-rape rotation. Chilean Journal of Agricultural

www.SID.ir

Archive of SID

Research 78(2): 205-215.
25- Kutlu T., Ersahin S., and Yetgin B. 2008. Relations between solid fractal dimension and some physical properties of soils formed over alluvial and colluvial deposits. Journal of Food, Agriculture and Environment 6(3): 445-449
26- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: D.L. Sparks (Ed.). Methods of Soil Analyses. Part 3. Chemical Methods. SSSA. Madison, WI. pp. 961-1010.
27- Nimmo J.R., and Perkins K.S. 2002. 2.6 Aggregate stability and size distribution. In: J.H. Dane and G.C. Topp, editors, Methods of soil analysis. Part 4. SSSA Book Ser. 5. SSSA Madison, WI. p. 317-328.
28- Olson K.R., Ebelhar S.A., and Lang J.M. 2013. Effects of 24 years of conservation tillage systems on soil organic carbon and soil productivity. Applied and Environmental Soil Science 2013.: 617504.
29- Paustian K., Collins H.P., and Paul E.A. 1997. Management controls on soil carbon: 1997, CRC Press: Boca Raton, FL, USA. p.
30- Peixoto R., Coutinho H., Madari B., Machado P., Rumjanek N., Van Elsas J., Seldin L., and Rosado A. 2006. Soil aggregation and bacterial community structure as affected by tillage and cover cropping in the Brazilian Cerrados. Soil and Tillage Research 90(1): 16-28.
31- Pirmoradian N., Sepaskhah A.R., and Hajabbasi M.A. 2005. Application of fractal theory to quantify soil aggregate stability as influenced by tillage treatments. Biosystems Enginering 90(2): 227-234.
32- Prosperini N., and Perugini D. 2008. Particle size distributions of some soils from the Umbria Region (Italy): fractal analysis and numerical modelling. Geoderma 145(3-4): 185-195.
33- Rousta M. 2009. Effects of different tillage methods on soil organic matter content and aggregate stability. Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences) 23(1): 61-67.
34- Sarker J.R., Singh B.P., Cowie A.L., Fang Y., Collins D., Badgery W., and Dalal R.C. 2018. Agricultural management practices impacted carbon and nutrient concentrations in soil aggregates, with minimal influence on aggregate stability and total carbon and nutrient stocks in contrasting soils. Soil and Tillage Research 178: 209-223.
35- Skaggs T., Arya L., Shouse P., and Mohanty B. 2001. Estimating particle-size distribution from limited soil texture data. Soil Science Society of America Journal 65(4): 1038-1044.
36- Tyler S.W., and Wheatcraft S.W. 1992. Fractal scaling of soil particle-size distributions: analysis and limitations. Soil Science Society of America Journal 56(2): 362-369.
37- Yoder R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Agronomy Journal 28(5): 337-351.
38- Zhao S.W., S J., Yang Y.H., Liu N., Wu J., and Shangguan Z. 2006. A fractal method of estimating soil structure changes under different vegetations on Ziwuling Mountains of the Loess plateau, China. China Agricaltural Science Journal 5(7): 530-538.
39- Zimmermann M., Leifeld J., and Fuhrer J. 2007. Quantifying soil organic carbon fractions by infrared-spectroscopy. Soil Biology and Biochemistry 39(1): 224-231.

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 3, Jul-Aug. 2019, p. 477-487

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۸، ص. ۴۸۷-۴۷۷

Changes in Physical Properties of Soils after Five Years of Application of Conventional and Conservation Tillage Practices

M. Kousehlou[1]- M. Rahmati[2]*- I. Eskandari[3]- V. Feiziasl[4]

Received: 22-12-2018
Accepted: 08-07-2019

Introduction: Soil is one of the nonrenewable resources (in human being life time scale) that is important to be protected. Tillage operations are carried out in a variety of ways, which in general can be divided into two comprehensive classes of conventional and conservation tillage practices. The tillage has a very important impact on soil physical, chemical and biological properties. Different tillage systems can have conflicting effects on soil physical properties, which is thought to reflect the impact of different weather conditions. Therefore, it seems necessary to study the effects of different tillage practices on the soil attributes in different climatic conditions.

Materials and Methods: This experiment was conducted for five years from 2011 to 2016 in a randomized complete block design (RCBD) with repeated measurements in two different locations and four replications. The applied tillage practices included no-till in standing residue (NT_1), no-till in entire residue (NT_2), chisel plow plus disc harrow (CH), minimum tillage with mulch cultivator (MT) and conventional plowing with moldboard plowing (CT). The experiment was carried out at Dryland Agricultural Research Institute (DARI) in Maragheh. Soil samples were taken at the end of fifth year and then soil texture were determined by hydrometer method, weight and geometric means of aggregates diameters by wet-sieving (MWD_{wet}, GMD_{wet}) and dry-sieving (MWD_{dry} GMD_{dry}) procedures, the stability of 1 to 2 mm aggregates (WAS) by wet-sieving, total soil organic carbon (TOC) by wet oxidizing method, dissolved soil organic carbon (DOC) using carbon analyzer and mass fractal dimension aggregates using Tyler and Wheatcraft model. The soil bulk density (D_b) was also measured by intact samples (from two depths of 0-15 cm and 15-30 cm) prepared from the study area using sampling cylinders with a diameter of 5 and a height of 4 cm.

Results and Discussion: In general, the results showed that the interaction of depth and location on D_b was significant at 5% probability level. The measured D_b in 15-30 cm was greater than the measured D_b in a depth of 0-15 cm. Also, in spite of the significance of the main effects of location and tillage and the interaction of tillage-location on soil dissolved organic carbon (DOC), tillage treatments and their interaction effects on total organic carbon (TOC) were not significant. The results showed that conventional tillage, CT, had the highest amount of DOC. However, no-till in entre residue (NT_2) and minimum tillage (MT) showed the lowest amount of DOC. Further, the main effects of tillage practices on MWD_{dry} and GMD_{dry} were significant at 5% probability level. No-till (NT_1 and NT_2) practices had the highest MWD_{dry} with values of 1.17 and 1.25 mm. Tillage practices and location had no significant effect on WAS, D_m, and MWD_{wet} and GMD_{wet}.

Conclusion: It seems that the reason that DOC content of CT was higher than conservation tillage practices is due to the preservation of crop residues on the soil surface in conservation and no-till systems and less mixing of them with soil and consequently their less decomposition. While in conventional tillage, plant residues were mixed with soil, and the effect of biological degradation increased soil DOC. The greater MWD_{dry} in NT_1 and NT_2 practices suggests that tillage, even at a minimum or reduced state, breaks down the aggregates and produces smaller particles or aggregates. It also seems that the main reason for GMD_{dry} reduction in minimum tillage is due to the further degradation of aggregates by the tillage agent. Therefore, to better and more accurately observe the effects of different types of tillage, sampling should be done at the end of each growing season.

Keywords: Aggregates stability, Bulk density, Dissolved organic carbon, Fractal dimension

1 and 2- Former M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Soil Science and Enginnering, University of Maragheh, Maragheh
(*- Corresponding Author Email: mehdirmti@gmail.com)
3 and 4- Assistant Professors, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh

www.SID.ir