نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 1، فروردین – اردیبهشت 1395، ص. 193-186

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 1, Mar.-Apr. 2016, p. 186-193

بررسی اثرات بافت، شرایط رطوبتی و سیستم کشت بر تردی خاک

آزاده صفادوست[1*]

تاریخ دریافت: 1393/05/18
تاریخ پذیرش: 1394/09/07

چکیده

تمایل یک توده خاک محصور نشده به خرد شدن تحت تنش‌های بکار رفته و شکستن آن به قطعه‌های کوچک‌تر که دامنه اندازه مشخصی دارند، تردی خاک نامیده می‌شود. هدف از این پژوهش اندازه‌گیری و بررسی مقاومت کششی و تردی دو خاک با بافت‌های لوم‌رسی و لوم‌شنی تحت کشت‌های گندم و یونجه بود. آزمایش‌ها در سه شرایط رطوبتی هوا-خشک، رطوبت نظیر مکش ماتریک 80 و 50 کیلوپاسکال، برای سه سری اندازه خاکدانه و کلوخه انجام شد. برای جداکردن خاکدانه‌ها و کلوخه‌های با اندازه 10-8، 25-15 و 38-30 میلی‌متر، نمونه‌های خاک به آهستگی از الک‌های مربوطه در شرایط هوا-خشک عبور داده شدند. فاکتورهای مورد بررسی شامل بافت خاک و نوع کشت، در رطوبت‌های مختلف و اندازه‌های متفاوت خاکدانه و کلوخه، بر مقاومت کششی و تردی خاک اثر داشتند. خاک لوم‌رسی- یونجه بیشترین مقدار مقاومت کششی را نسبت به خاک‌های لوم‌رسی-گندم (21 درصد)، لوم‌شنی-یونجه (57 درصد) و لوم‌شنی-گندم (70 درصد) نشان داد که احتمالاً به دلیل رس و ماده آلی بیشتر در این خاک‌ها می‌باشد. نتایج نشان دهنده ارتباط معکوس مقاومت کششی خاکدانه‌ها با اندازه و میزان رطوبت آن‌ها بود. ترکیب بافت خاک و نوع کشت روند تغییرات تردی را به صورت لوم‌رسی-یونجه (0/06) < لوم‌رسی-گندم (0/09) < لوم‌شنی-یونجه (0/15) < لوم‌شنی-گندم (0/20) تحت تأثیر قرار داد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار تردی محاسبه شده (0/16) در حدود رطوبت حد خمیرایی (رطوبت نظیر مکش ماتریک 80 کیلوپاسکال) مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: حد خمیرایی، خاکدانه، کشت، مقاومت کششی، هوا-خشک

مقدمه

ساختمان خاک از جمله ویژگی‌های فیزیکی خاک است که متأثر از مدیریت زراعی آن است. مدیریت زراعی با تأثیر بر میزان ماده آلی خاک، ساختمان خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طور کلی آن دسته از مدیریت‌هایی که باعث افزایش میزان ماده آلی خاک شوند، سبب بهبود ساختمان خاک و برعکس مدیریت‌هایی که سبب کاهش مقدار ماده آلی خاک شوند، سبب تخریب خاکدانه‌ها و ساختمان خاک می‌شوند.

تأمین شرایط فیزیکی مناسب رشد گیاه در خاک‌های زراعی، مستلزم دانه‌ای بودن خاک و توان تهویه‌ای مناسب در آن می‌باشد. از طرفی این خاک باید بار ناشی از عبور ماشین‌ها و ادوات کشاورزی را که منجر به خرد شدن خاکدانه‌ها و متراکم شدن خاک و در نتیجه کاهش تهویه و نفوذ ریشه در خاک می‌گردد را تحمل کند (24). فراهم کردن لایه مناسب کشت، ناشی از بر هم کنش شرایط آب و هوایی، نوع خاک و مدیریت زراعی می‌باشد (19). مانکهلم (18) آسانی فراهم کردن لایه کشت‌پذیر مناسب (بستر بذر و لایه توسعه ریشه) را در ارتباط با تردی خاک می‌داند. تردی خاک عبارت است از تمایل یک توده محصور نشده خاک به خرد شدن تحت تنش‌های وارده و شکستن آن به قطعات کوچک‌تر که دامنه اندازه مشخصی دارند (24). از مهم‌ترین ویژگی‌های ذاتی خاک که بر تردی آن اثرگذار می‌باشند می‌توان به میزان ماده آلی و رس اشاره کرد.

تأثیر مثبت ماده آلی و رس بر ساختمان خاک در مطالعات زیادی گزارش شده است (1، 3 و 15). مواد آلی می‌توانند سبب چسبندگی مواد معدنی به یکدیگر شوند و یا به شکل توده‌های ریز، در برخی موارد مانند یک شبکه عمل کرده و سبب در برگرفتن ذرات خاک، تشکیل ساختمان و پایداری آن شوند (23). تاجیک و همکاران (22) گزارش کردند که افزایش ماده آلی خاک در خاک‌های سدیمی، می‌تواند اثر منفی سدیم را بر ساختمان خاک تعدیل کند و مقاومت کششی خاکدانه‌ها افزایش دهد. همچنین دکستر و واتز (9) در بررسی خاک‌های تحت مدیریت‌های مختلف نشان دادند که ماده آلی تأثیر مثبتی در افزایش مقاومت کششی خاکدانه‌ها دارد. ماکس و همکاران (17) با بررسی خاک زیر آیش (با ماده آلی کم) و خاک زیر کشت علوفه (با ماده آلی زیاد) مقدار تردی را در تیمار آیش برابر 0/421 و

1- استادیار خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا
(*-نویسنده مسئول: (Email: safadoust@basu.ac.ir

در تیمار زیر کشت برابر 0/727 بدست آوردند. همچنین واتز و دکستر (26) دریافتند که با افزایش مقدار ماده آلی خاک، تردی خاک نیز به صورت خطی افزایش می‌یابد. آنها گزارش کردند که میزان ماده آلی خاک بر روی شیوه شکست خاکدانه‌ها نیز مؤثر است، به طوریکه در خاکدانه‌های با میزان ماده آلی زیاد، خاکدانه‌ها به دو قسمت، اما در خاکدانه‌های با میزان ماده آلی کم، خاکدانه‌ها به چندین قسمت تقسیم می‌شوند.

رس نیز به دلیل داشتن سطح ویژه زیاد و ویژگی‌های الکترواستاتیکی، از نظر فیزیکی و شیمیایی فعال بوده و نقش مهمی در بهم پیوستن ذرات خاک و تشکیل خاکدانه‌ها دارد (2). کرتین و همکاران (7) و شاینبرگ و همکاران (21) گزارش کردند که افزایش مقدار رس، پایداری ساختمان خاک را افزایش می‌دهد.

شرایط رطوبتی نمونه خاک یک پارامتر مهم در زمان آزمایش پایداری ساختمان خاک می‌باشد. در برخی شرایط پایداری خاکدانه‌ها با کاهش مقدار آب یا افزایش مکش ماتریک، ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. این رابطه بستگی به نوع خاک و کشت دارد. اما با افزایش مقدار آب خاک به میزانی بالاتر از حد خمیری، خاک به گسیختگی مکانیکی بسیار حساس می‌شود (11). در واقع کاهش پتانسیل ماتریک، تنش مؤثر وارد بر ذرات خاک را افزایش می‌دهد. اوتومو و دکستر (24) در بررسی دو خاک با میزان ماده آلی 1/7 و 2/8 درصد و شاخص خمیرایی به ترتیب برابر 7 و 12/6 درصد، گزارش کردند که در مقادیر کم رطوبت خاک، خاکدانه‌ها تردی کم و مقاومت کششی زیادی دارند و در رطوبت‌های زیاد، مقاومت کششی و تردی هر دو کاهش می‌یابند. بنابراین در هر دو حالت، به علت تشکیل کلوخه‌های با اندازه متفاوت شرایط خاک برای خاک‌ورزی مناسب نیست (16). کاسارانو (7) بیان داشت که تردی رابطه مستقیمی با پتانسیل ماتریک خاک دارد و اغلب خاک‌ها وقتی در رطوبت نزدیک به حد خمیری هستند، شکننده‌تر می‌باشند.

از آنجا که تردی خاک به ویژگی‌های خاک و شرایط مدیریتی آن حساس می‌باشد، می‌توان از تردی خاک برای ارزیابی شرایط و نتایج مدیریت زراعی استفاده نمود (17). اوتومو و دکستر (24) از تردی برای گروه‌بندی رفتار مکانیکی خاک استفاده کردند. بر اساس گروه‌بندی آن‌ها، خاک‌هایی که مقدار تردی در آن‌ها کمتر از 0/05 بود، خاک‌های غیر شکننده، بین 0/05 تا 0/10، کمی شکننده، بین 0/10 تا 0/25، شکننده، بین 0/25 تا 0/40، بسیار شکننده و بزرگ‌تر از 0/40 سست و ناپایدار از نظر مکانیکی محسوب می‌شوند.

از آن‌جا که تردی خاک به ویژگی‌های خاک و شرایط مدیریتی آن حساس می‌باشد، می‌توان از تردی خاک برای ارزیابی شرایط و نتایج مدیریت زراعی استفاده نمود. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که تاکنون پژوهش‌های زیادی در این مورد در کشور ما انجام نشده است. هدف از این پژوهش نیز بررسی اثر بافت خاک و مدیریت کشت بر شاخص‌های پایداری ساختمان خاک شامل مقاومت کششی و تردی خاک در سه رطوبت متفاوت برای سه اندازه مختلف خاکدانه و کلوخه بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌ها از دو خاک از منطقه فامنین همدان و لوم‌شنی واقع در منطقه ازندریان همدان که هر کدام به مدت 11 سال تحت کشت گندم و یونجه قرار داشتند، از لایه 15-0 سانتی‌متری برداشت شدند. نمونه‌های خاک به دقت به آزمایشگاه منتقل و هوا-خشک گردیدند. برای اندازه‌گیری بافت خاک به روش هیدرومتر (4)، ماده آلی خاک به روش تیتراسیون برگشتی (25) و رطوبت حد خمیری با استفاده از روش استاندارد انگلیسی شماره 1377 (5)، مقداری از نمونه‌ها پس از کوبیده شدن از الک 2 میلی‌متری عبور داده شدند. برای اندازه‌گیری مقاومت کششی خاکدانه‌ها و کلوخه‌ها، توده خاک هوا-خشک بر روی سری الک‌ها (10-8، 25-15 و 38-30 میلی‌متر) ریخته شد و با دقت و به آرامی بدون وارد کردن هیچ نیرویی از سری الک‌ها عبور داده شد تا خاکدانه‌ها و کلوخه‌های 10-8، 25-15 و 38-30 میلی‌متر جدا شوند. همچنین مقدار رطوبت هوا-خشک نمونه‌ها به روش وزنی تعیین گردید.

برای بررسی اثر وضعیت رطوبتی خاک بر مقاومت کششی و تردی خاکدانه‌ها و کلوخه‌ها، رطوبت‌های نظیر مکش ماتریک 80 و 50 کیلوپاسکال با استفاده از دستگاه صفحه فشار (14) اندازه‌گیری و محاسبه شد و به روش پل آبی (13) به خاکدانه‌ها و کلوخه‌های هوا-خشک اضافه گردید. برای کنترل رطوبت نمونه‌ها پس از مرطوب کردن، خاکدانه‌ها توزین شدند. بنابراین در کل مقاومت کششی و تردی خاکدانه‌ها و کلوخه‌ها در سه وضعیت رطوبتی هوا-خشک، رطوبت نظیر مکش‌های ماتریک 80 و 50 کیلوپاسکال بررسی گردیدند. از آن‌جا که حداکثر مقدار تردی در رطوبت حد خمیری گزارش شده است (19) و همچنین رطوبت مناسب برای انجام فعالیت‌های کشت وکار می‌باشد، رطوبت نظیر مکش 80 کیلوپاسکال که نزدیک به رطوبت حد خمیری برای خاک‌های مورد بررسی بود (جدول 1)، انتخاب گردید. همچنین مطالعات اولیه نشان داد در خاک‌های مورد بررسی امکان تغییرشکل خمیری و ماندگار خاکدانه‌ها در رطوبت بیشتر از رطوبت نظیر مکش ماتریک 50 کیلوپاسکال وجود دارد، که با اصول روش غیرمستقیم برزیلی مغایرت دارد؛ بنابراین رطوبت نظیر مکش ماتریک 50 کیلوپاسکال به عنوان رطوبت بیشتر از حد خمیری در نظر گرفته شد. کاسارانو (7) برای اندازه‌گیری مقاومت کششی خاک‌های انگلستان از مکش ماتریک کمتر از 100 کیلوپاسکال استفاده کرد. همچنین مانکهلم و کی (19) نیز به دلیل پایداری مکانیکی بالای خاکدانه‌های برخی از خاک‌های دانمارک، مقاومت کششی آن‌ها را در مکش‌های ماتریک 30 و 10 کیلوپاسکال اندازه‌گیری کرد.

مقاومت کششی خاکدانه‌ها و کلوخه‌ها به روش غیرمستقیم برزیلی تعیین شد، به این صورت که برای هر خاک تعداد 30 عدد از خاکدانه‌ها و کلوخه‌های مورد نظر انتخاب و وزن شدند. سپس بین دو صفحه بارگذاری (با استفاده از دستگاه تک محوری) قرار گرفتند و مقاومت کششی آن‌ها با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$Y = \frac{0.576P}{d_{eff}^2} \quad (1)$$

که در این رابطه P نیروی فشاری مورد نیاز برای شکستن خاکدانه (ایجاد ترک در خاکدانه) با قطر مؤثر d_{eff} و Y مقاومت کششی خاکدانه می‌باشد. قطر مؤثر هر خاکدانه (d_{eff}) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (10):

$$d_{eff} = d_0\left(\frac{M_a}{M_0}\right)^{0.33} \quad (2)$$

که در این رابطه d_0 قطر متوسط خاکدانه‌ها، M_0 متوسط جرم خاکدانه‌ها و M_a جرم خشک خاکدانه مورد نظر می‌باشند.

تردی، شاخص ساده و مفیدی می‌باشد که کاربرد زیادی در بررسی ساختمان خاک دارد. این شاخص به تغییرات مقاومت کششی با اندازه خاکدانه مربوط می‌شود. یکی از شاخص‌های تردی خاک، انحراف نسبی مقاومت کششی یک دامنه اندازه مشخص از خاکدانه‌ها است که با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$F = \frac{\sigma_Y}{\overline{Y}} \pm \frac{\sigma_Y}{\overline{Y}\sqrt{2n}} \quad (3)$$

که در این رابطه F بیانگر تردی خاک، σ_Y انحراف معیار مقاومت کششی، $\overline{Y}$ میانگین مقادیر مقاومت کششی اندازه‌گیری شده خاکدانه‌ها و n تعداد خاکدانه‌های مورد آزمایش می‌باشند.

در این پژوهش از طرح آماری کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور استفاده گردید. به این صورت که در هر رطوبت، بافت خاک به عنوان فاکتور اول (لوم‌رسی و لوم‌شنی) و نوع کشت به عنوان فاکتور دوم (گندم و یونجه) در نظر گرفته شد و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن برای هر اندازه خاکدانه و کلوخه در 30 تکرار انجام گرفت. برای بررسی عوامل موثر بر پایداری ساختمان خاک‌های مورد بررسی، روابط رگرسیونی بین Y و F با درصد ماده آلی و رس خاک در هر رطوبت و برای هر اندازه خاکدانه و کلوخه با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های خاک‌های مورد بررسی شامل میزان رس، ماده آلی، رطوبت‌های حد خمیری، هوا-خشک و رطوبت نظیر مکش‌های ماتریک 80 و 50 کیلو پاسکال در جدول 1 آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در مقایسه دو خاک لوم‌رسی و لوم‌شنی، خاک لوم‌رسی دارای ماده آلی بیشتری نسبت به خاک لوم‌شنی بود. خاک‌های زیر کشت یونجه ماده آلی بیشتری نسبت به خاک‌های زیر کشت گندم داشتند. به طوری که کم‌ترین میزان ماده آلی در خاک لوم‌شنی-گندم و بیشترین ماده آلی در خاک لوم رسی-یونجه مشاهده شد (جدول 1). همچنین مشاهده می‌شود مقدار رطوبت خاک در مکش ماتریک 80 کیلوپاسکال تا حدودی نزدیک به حد خمیری می‌باشد.

مقادیر مقاومت کششی (Y) در رطوبت‌های مختلف برای خاکدانه‌ها و کلوخه‌های با اندازه 10-8، 25-15 و 38-30 میلی‌متر در جدول 2 آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود روند کلّی تغییرات مقاومت کششی در این تیمارها به صورت لوم رسی-یونجه > لوم رسی-گندم > لوم شنی-یونجه > لوم شنی- گندم بود.

جدول 1- برخی از ویژگی‌های خاک‌های بررسی شده

Table 1- Selected some properties of studied soils

بافت Texture	کشت Cultivation	رس Clay (%)	ماده آلی Organic matter (%)	w_{PL} (w/w)	$w_{air\text{-}dry}$ (w/w)	w_{80kPa} (w/w)	w_{50kPa} (w/w)
لوم‌رسی Clay Loam	یونجه Alfalfa	32.25	1.89	0.29	0.05	0.27	0.38
لوم‌رسی Clay Loam	گندم Wheat	30.97	1.79	0.25	0.04	0.24	0.36
لوم‌شنی Clay Loam	یونجه Alfalfa	17.77	1.55	0.21	0.03	0.19	0.34
لوم‌شنی Clay Loam	گندم Wheat	15.96	0.92	0.17	0.03	0.17	0.31

رطوبت به ترتیب در حد خمیری w_{PL} ؛ هوا-خشک $w_{air\text{-}dry}$؛ نظیر مکش ماتریک 80 کیلوپاسکال w_{80kPa} ؛ و نظیر مکش ماتریک 50 کیلوپاسکال w_{50kPa}

Water content corresponding to plastic limit w_{PL};air-dry $w_{ari\text{-}dry}$; matric suction of 80 kPa w_{80kPa}; and matric suction of 50 kPa w_{50kPa}, respectively

جدول2- اثر بافت خاک و نوع کشت بر مقاومت کششی (کیلوپاسکال) برای خاکدانه‌ها و کلوخه‌های با اندازه 10-8 میلی‌متر (Y_1)، 25-15 میلی‌متر (Y_2) و 38-30 میلی‌متر (Y_3) در سه رطوبت متفاوت[1]

Table 2- Effects of soil texture and cultivation type on tensile strength (kPa) for aggregates and clods with size of 8-10 mm (Y1), 15-25 mm (Y2) and 30-35 mm (Y3) in different water content

بافت Texture	کشت Cultivation	$w_{air\text{-}dry}$			w_{80kPa}			w_{50kPa}		
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_1	Y_2	Y_3
لوم‌رسی Clay Loam	یونجه Alfalfa	161[a] (±8)	146[a] (±8)	135[a] (±12)	154[a] (±7)	142[a] (±10)	122[a] (±9)	80[a] (±2)	62[a] (±2)	42[a] (±2)
لوم‌رسی Clay Loam	گندم Wheat	155[b] (±9)	105[b] (±8)	99[b] (±12)	130[b] (±8)	103[b] (±11)	85[b] (±16)	61[b] (±3)	57[b] (±6)	33[b] (±3)
لوم‌شنی Clay Loam	یونجه Alfalfa	83[c] (±8)	71[c] (±8)	49[c] (±11)	75[c] (±8)	55[c] (±11)	45[c] (±10)	28[c] (±3)	25[c] (±3)	23[c] (±3)
لوم‌شنی Clay Loam	گندم Wheat	52[d] (±8)	43[d] (±8)	42[d] (±10)	46[d] (±8)	39[d] (±11)	26[d] (±8)	26[d] (±3)	23[d] (±4)	22[d] (±4)
میانگین Mean		113	91	81	101	85	70	49	42	30

رطوبت به ترتیب در حد هوا-خشک $w_{air\text{-}dry}$؛ نظیر مکش ماتریک 80 کیلوپاسکال w_{80kPa}؛ و نظیر مکش ماتریک 50 کیلوپاسکال w_{50kPa}

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

اعداد درون پرانتز نشان‌دهنده انحراف معیار داده‌ها می‌باشد

Water content corresponding to air-dry $w_{ari\text{-}dry}$; matric suction of 80 kPa w_{80kPa}; and matric suction of 50 kPa w_{50kPa}, respectively

Values associated with the same letter within a column are statistically similar ($P < 0.05$)

Values in the parenthesis are standard deviations

احتمالاً رس و ماده آلی بیشتر در خاک لوم رسی-یونجه سبب افزایش پایداری ساختمان در این خاک گردیده است و در نتیجه مقاومت کششی خاکدانه‌ها و کلوخه‌ها در این خاک بیشتر از سایر خاک‌ها بوده است. به طوری که متوسط مقدار مقاومت کششی (میانگین اندازه و مقدار رطوبت) در خاک لوم رسی-یونجه 1/3 برابر خاک لوم رسی-گندم، 2/3 برابر خاک لوم شنی-یونجه و 3/3 برابر خاک لوم شنی-گندم می‌باشد. ماکس و همکاران (17) گزارش کردند که رابطه پایداری خاکدانه‌ها و مقدار ماده آلی ممکن است پیچیده بوده و با هر افزایش ماده آلی و متناسب با آن، افزایش پایداری ساختمان مشاهده نشود. و گاهی وجود کانی‌های بی‌شکل آهن و آلومینیوم نیز با افزایش پایداری خاکدانه‌ها، بر تأثیر ماده آلی بر پایداری خاکدانه‌ها مؤثر باشد (20).

ارتباط بین مقاومت کششی خاکدانه‌ها و کلوخه‌ها و میزان رس و ماده آلی آن‌ها در شرایط رطوبتی مختلف برای سه گروه اندازه خاکدانه و کلوخه بدست آمد. با توجه به این‌که روند تغییرات در خاکدانه‌ها و کلوخه‌های با اندازه مختلف یکسان بود، ارتباط بین مقاومت کششی (Y) و تردی (F) خاکدانه‌ها و ویژگی‌های ذاتی شامل میزان رس و ماده آلی خاک‌ها تنها برای یک سری از اندازه خاکدانه (خاکدانه‌های اندازه 10-8 میلی‌متر)، به همراه ضرایب تبیین (R^2) در معادله‌های چند متغیره خطی زیر نشان داده شده است:

$$Y_{air\text{-}dry} = 52/1 + 64/2\ OM\% + 0/413\ Clay\% \quad R^2 = 0/82 \quad (4)$$

$$Y_{80\ kPa} = 42/7 + 11/9\ OM\% + 0/222\ Clay\% \quad R^2 = 0/95 \quad (5)$$

$$Y_{50\ kPa} = 20/3 + 2/5\ OM\% + 0/005\ Clay\% \quad R^2 = 0/77 \quad (6)$$

که در این معادلات $Y_{air\text{-}dry}$، Y_{80kPa} و Y_{50kPa} به ترتیب نشان‌دهنده مقاومت کششی خاکدانه‌ها در رطوبت هوا-خشک، رطوبت نظیر مکش ماتریک 80 و 50 کیلوپاسکال، OM% نشان دهنده درصد ماده آلی و Clay% بیانگر درصد رس خاک می‌باشند.

معادلات نشان می‌دهد که ماده آلی بیشترین نقش را در مقاومت کششی خاکدانه‌ها ایفا می‌کند؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار رطوبت، ضریب (نقش) ماده آلی و رس خاک (یا به عبارتی اثر بافت خاک) در مقاومت کششی (پایداری) خاکدانه‌ها کاهش یافت.

نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش مقدار رطوبت خاک، Y خاکدانه‌ها و کلوخه‌ها کاهش یافت (جدول 2). مقدار میانگین Y (میانگین نوع خاک و اندازه خاکدانه‌ها) در رطوبت هوا-خشک 1/1

برابر مقدار میانگین آن در مکش ماتریک 80 کیلو پاسکال و 2/4 برابر مقدار میانگین آن در مکش ماتریک 50 کیلو پاسکال بود. مقدار میانگین Y در مکش ماتریک 80 کیلو پاسکال 2/1 برابر مقدار میانگین آن در مکش ماتریک 50 کیلو پاسکال بود. فارل و همکاران (10) نیز دریافتند که با افزایش مقدار رطوبت خاک، مقاومت کششی خاکدانه‌ها کاهش می‌یابد. در واقع افزایش رطوبت خاک، باعث ضعیف شدن پیوند بین ذرات خاکدانه‌ها شده و مقاومت کششی آن‌ها را کاهش می‌دهد. همچنین مانکهلم و کی (19) با اندازه‌گیری مقاومت کششی خاکدانه‌ها در چهار رطوبت هوا-خشک و رطوبت‌های نظیر مکش‌های ماتریک 100، 30 و 10 کیلو پاسکال، نشان دادند که بیشترین Y را خاکدانه‌های هوا-خشک و پس از آن به ترتیب خاکدانه‌ها در مکش‌های ماتریک 100، 30 و 10 کیلوپاسکال داشتند.

نتایج نشان داد که مقاومت کششی خاکدانه‌ها و کلوخه‌ها با اندازه آن‌ها رابطه‌ای معکوس دارد (جدول 2). به این صورت که، با افزایش اندازه خاکدانه‌ها مقاومت کششی آن‌ها کاهش می‌یابد، که بیان‌گر این است که خاکدانه‌های بزرگ، مقاومت کمتری نسبت به خاکدانه‌های کوچک دارند. از این رو برای خرد شدن به واحدهای کوچک‌تر و مقاوم‌تر آمادگی بیشتری دارند. به طوری که میانگین مقدار Y (میانگین نوع خاک و رطوبت) در خاکدانه‌های 10-8 میلی‌متر 23 درصد بیشتر از خاکدانه‌های 25-15 میلی‌متر و 50 درصد بیشتر از کلوخه‌های 38-30 میلی‌متر بود.

مقادیر تردی خاک‌های مورد بررسی در مکش‌های ماتریک مختلف برای خاکدانه‌ها و کلوخه‌های با اندازه 10-8، 25-15 و 38-30 میلی‌متر در جدول 3 آورده شده است.

روند تغییرات تردی در بین خاکدانه‌های مورد بررسی به صورت لوم رسی-یونجه < لوم رسی-گندم <لوم شنی-یونجه < لوم شنی-گندم بود. به طوری که بیشترین میزان تردی (متوسط اندازه و میزان رطوبت) در خاک لوم شنی-گندم (0/2) و کمترین مقدار آن در خاک لوم رسی-یونجه (0/06) مشاهده شد. در واقع با کاهش میزان رس و افزایش شن در خاک‌ها میزان تردی افزایش یافت. احتمالاً اثر شن اینگونه می‌باشد که به عنوان هسته اصلی برای پیوستن ذرات به یکدیگر و تشکیل خاکدانه عمل می‌کند و چون هسته‌های ایجاد شده ناپایدار می‌باشند، از این رو تردی افزایش می‌یابد. ماکس و همکاران (17) نیز دریافتند که با افزایش مقدار شن درشت، تردی خاک کاهش یافته ولی با افزایش شن ریز، تردی خاک افزایش می‌یابد.

جدول3- اثر بافت خاک و نوع کشت بر تردی برای خاکدانه‌ها و کلوخه‌های با اندازه 10-8 میلی‌متر (F_1)، 25-15 میلی‌متر (F_2) و 38-30 میلی‌متر (F_3) در سه رطوبت متفاوت[1]

Table 3- Table 2- Effects of soil texture and cultivation type on friability for aggregates and clods with size of 8-10 mm (F1), 15-25 mm (F2) and 30-35 mm (F3) in different water content

بافت Texture	کشت Cultivation	$w_{air\text{-}dry}$			w_{80kPa}			w_{50kPa}		
		F_1	F_2	F_3	F_1	F_2	F_3	F_1	F_2	F_3
لوم‌رسی Clay Loam	یونجه Alfalfa	0.05^{c} (±0.02)	0.06^{c} (±0.04)	0.08^{c} (±0.02)	0.05^{c} (±0.03)	0.07^{d} (±0.03)	0.09^{d} (±0.05)	0.02^{b} (±0.00)	0.04^{c} (±0.01)	0.05^{d} (±0.02)
لوم‌رسی Clay Loam	گندم Wheat	0.06^{c} (±0.01)	0.08^{c} (±0.04)	0.12^{b} (±0.03)	0.06^{c} (±0.01)	0.11^{c} (±0.05)	0.19^{c} (±0.08)	0.05^{b} (±0.03)	0.10^{b} (±0.03)	0.08^{c} (±0.04)
لوم‌شنی Sandy Loam	یونجه Alfalfa	0.10^{b} (±0.06)	0.12^{b} (±0.07)	0.23^{a} (±0.10)	0.11^{b} (±0.05)	0.21^{b} (±0.13)	0.23^{b} (±0.06)	0.10^{a} (±0.06)	0.11^{b} (±0.02)	0.13^{b} (±0.07)
لوم‌شنی Sandy Loam	گندم Wheat	0.16^{a} (±0.11)	0.19^{a} (±0.04)	0.25^{a} (±0.15)	0.18^{a} (±0.09)	0.28^{a} (±0.07)	0.31^{a} (±0.14)	0.11^{a} (±0.08)	0.16^{a} (±0.05)	0.17^{a} (±0.03)
میانگین Mean		0.09	0.11	0.17	0.10	0.17	0.20	0.07	0.10	0.11

رطوبت به ترتیب در حد هوا-خشک $w_{air\text{-}dry}$؛ نظیر مکش ماتریک 80 کیلوپاسکال w_{80kPa}؛ و نظیر مکش ماتریک 50 کیلوپاسکال w_{50kPa}

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

اعداد درون پرانتز نشان‌دهنده انحراف معیار داده‌ها می‌باشد

Water content corresponding to air-dry $w_{ari\text{-}dry}$; matric suction of 80 kPa w_{80kPa}; and matric suction of 50 kPa w_{50kPa}, respectively

Values associated with the same letter within a column are statistically similar ($P < 0.05$)

Values in the parenthesis are standard deviations

نتایج نشان می‌دهد که اثر حجم هر خاکدانه بر مقاومت آن یا به عبارتی ویژگی تردی، در مقادیر رطوبت بیشتر از w_{PL}، اندک می‌شود؛ که احتمالاً علت آن نزدیکی ریزترک‌ها و نبود تأثیر آن بر مقاومت، در شرایط بسیار مرطوب است. در واقع نزدیک شدن ترک‌ها در اثر انبساط (یا پر شدن آن‌ها با آب) افزایش ویژه‌ای در مقاومت خاک ایجاد نمی‌کند و مقاومت خاک بین ترک‌ها مستقیماً با افزایش مقدار رطوبت، کم می‌شود (24).

همانطور که مشاهده می‌شود، در خاک لوم شنی-گندم، تغییرات F در برابر رطوبت بیشتر می‌باشد (جدول 3)، که احتمالاً مرطوب شدن نمونه‌ها به گونه‌ای بوده، که سبب شده است فرضیات نظریه شکست شکننده صادق نباشد و یا صاف شدگی نمونه‌های مرطوب‌تر در حین بارگذاری رخ داده است و یا شاید به دلیل ویژگی‌های این خاک باشد. اثر میزان رس و ماده آلی در سه رطوبت ذکر شده برای خاکدانه‌های اندازه 10-8 میلی‌متر در زیر آورده شده است:

$$R^2 = 0/73 \quad (7)$$

$$F_{air\text{-}dry} = 0/013 - 0/194\ OM\% - 0/011\ Clay\%$$

$$R^2 = 0/81 \quad (8)$$

$$F_{80\ kPa} = 0/091 - 0/552\ OM\% - 0/075\ Clay\%$$

$$R^2 = 0/66 \quad (9)$$

$$F_{50\ kPa} = 0/003 - 0/090\ OM\% - 0/006\ Clay\%$$

که در این معادلات $F_{air\text{-}dry}$، F_{80kPa} و F_{50kPa} به ترتیب نشان‌دهنده تردی خاکدانه‌ها در رطوبت هوا-خشک، رطوبت نظیر مکش ماتریک 80 و 50 کیلوپاسکال می‌باشد. در هر سه رطوبت، اثر رس و ماده آلی بر تردی خاکدانه‌ها معنی‌دار بود. تأثیرگذاری بیش از 17 برابری ماده آلی نسبت به رس در هوا-خشک، بیش از 7 برابر در رطوبت نظیر مکش ماتریک 80 کیلوپاسکال و بیش از 15 برابر در رطوبت نظیر مکش ماتریک 50 کیلوپاسکال، ماده آلی را به عنوان یک ویژگی ذاتی تأثیرگذار برمقدار تردی خاکدانه‌ها معرفی می‌کند. لازم به ذکر است که روند تغییرات در اندازه‌های دیگر خاکدانه و کلوخه (25-15 و 38-30 میلی‌متر) نیز به همین صورت بود که از آوردن آن خودداری گردید.

به منظور بررسی اثر وضعیت رطوبتی بر تردی خاک (F)، مقدار رطوبت مورد بررسی بر رطوبت حد خمیری تقسیم شده و مقدار F در برابر مقدار رطوبت نرمال شده بررسی گردید. نتایج نشان داد که حداکثر تردی در خاک لوم رسی- یونجه در رطوبت‌های برابر با w_{PL} 0/83 در خاک لوم رسی-گندم در رطوبتی برابر با w_{PL} 0/95، در خاک لوم شنی-یونجه در رطوبتی برابر با w_{PL} 0/95 و در خاک لوم شنی-گندم در w_{PL} 0/99 رخ داد. مانکهلم و کی (20) نیز گزارش کردند که حداکثر خردشدگی خاک در رطوبتی برابر با w_{PL} 1-0/9 به دست می‌آید.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش اندازه خاکدانه‌ها، تردی آنها نیز کاهش یافت (جدول 3)، به طوری که کمترین مقادیر تردی خاک‌های مورد بررسی در و کلوخه‌های اندازه 38-30 میلی‌متر به دست آمد؛ که نشان دهنده وجود نقاط ضعیف بیشتر در خاکدانه‌های بزرگتر و در نتیجه تمایل به خرد شدگی بیشتر در این خاکدانه‌ها می‌باشد.

لازم به ذکر است که مقدار تردی مستقل از مقدار مطلق مقاومت خاک بوده و یک خاک با هر مقدار مقاومت می‌تواند مقادیر متفاوتی از تردی داشته باشد (24). در واقع مقدار تردی نشان دهنده مقاومت کششی خاکدانه‌ها نبوده و تنها بیان‌گر تغییر مقاومت کششی با اندازه خاکدانه‌ها است و در دامنه‌ای از اندازه خاکدانه‌ها، خاک ممکن است با وجود تردی زیاد، مقاومت کششی بسیار زیادی نیز داشته باشد. از این رو تردی زیاد خاک، لزوماً نشان دهنده سهولت خاک‌ورزی نیست. ولی مقاومت کششی به طور ویژه به ساختمان خاک حساس می‌باشد؛ زیرا مقدار آن متأثر از ترک‌های ریز خاکدانه‌ها و یا ترک‌های خاک است (12).

نتایج نشان داد که در خاک لوم رسی-یونجه تغییرات مقاومت کششی و تردی با رطوبت خاک و اندازه خاکدانه‌ها بسیار کمتر و یکنواخت‌تر نسبت به سایر خاک‌های مورد بررسی می‌باشد؛ که نشان دهنده پایداری بیشتر ساختمان خاک در نتیجه وجود رس و ماده آلی بیشتر در این خاک‌ها، که هر دو از عوامل مؤثر بر پایداری ساختمان خاک می‌باشند، است.

نتایج نشان داد که مقاومت کششی خاکدانه و تردی خاک، دو شاخص مفید در ارزیابی ساختمان خاک می‌باشند. زیرا تغییرات آن‌ها توانست به خوبی اثر تیمارهای آزمایشی را منعکس کند.

نتیجه‌گیری کلی

1) در خاک لوم‌رسی زیر کشت یونجه، درصد رس و ماده آلی بیشتر موجب افزایش خاکدانه‌سازی و بهبود ساختمان خاک و پایداری منافذ گردیده است.

2) وضعیت رطوبتی خاک نقش موثر و معنی‌داری بر پایداری ساختمان خاک دارد. به گونه‌ای که پیوند میان مواد سیمانی‌کننده ذرات معدنی با کاهش مقدار آب خاک، افزایش می‌یابد.

3) نتایج نشان داد که مقدار تردی خاکدانه‌ها مستقل از مقدار مطلق مقاومت خاک می‌باشد؛ به طوریکه یک خاک با مقاومت کششی زیاد می‌تواند مقدار تردی زیادی نیز داشته باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه بوعلی‌سینا به علت تأمین بخشی از هزینه‌های این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع

1- Angers D.A., and Mehuys G.R. 1988. Effects of cropping on macro aggregation of marine clay soil. Canadian Journal of Soil Science, 68: 723-732.
2- Barzegar A.R., Rengasamy P., and Oades J.M. 1995. Effect of clay type rate of wetting on the mellowing of compacted soils. Geoderma, 68: 39-49.
3- Ben-Hur M., Shainberg I., Bakker D., and Keren R. 1985. Effects of soil texture and CaCo3 content on water filtration in crusted as related to water salinity. Irrigation Science, 6: 281-294.
4- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal, 54: 464-465.
5- British Standard 1377. 1975. Methods for Testing Soil for Civil Engineering Purposes. British Standard Institution, London, 134 pp.
6- Causarano H. 1993. Factors affecting the tensile strength of soil aggregates. Soil and Tillage Research, 28: 15-25.
7- Curtin D., Steppuhn H., and Selles F. 1994. Effects of magnesium on cation selectivity and structural stability of sodic soils. Soil Science Society of America Journal, 58: 730-737.
8- Dexter A.R., and Kroesbergen B. 1985. Methodology for determination of tensile strength soil aggregates. Journal of Agricultural Engineering Research, 31: 139-147.
9- Dexter A.R., and Watts C.W. 2000. Tensile strength and friability. In: Smith, K.A. and Mullins, C.E. (Eds). Soil and Environmental Analysis: Physical Methods. 2nd Edition. Marcel Dekker, Inc. pp. 405-433.
10- Farrell D.A., Greacen, E.L., and Larson W.E. 1967. The effects of water content on axial strain in a loam soil under tension and compression. Soil Science Society of America, Proceeding, 31: 445-450.
11- Hajabbasi M.A. 2007. Soil Physical properties. 1st Ed. Isfahan Univ. of Technology press. 288 p. (in Persian)
12- Hallett P.D., Bird N.R.A., Dexter A.R., and Seville J.P.K. 1995. The application of fracture mechanics to crack propagation in dry soil. European Journal of Soil Science, 49: 591-599.
13- Khazaei A., Mosaddeghi M.R., and Mahboubi A. 2008. Test conditions, and soil organic matter, clay and calcium carbonate contents' impacts on mean weight diameter and tensile strength of aggregates from some Hamadan soils. Journal of Agricultural and Natural Resource Sciences and Technology of IUT. 44: 123-135 (in Persian with English abstract).
14- Klute A. 1986. Water retention: laboratory methods. PP. 635-662. *In*: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd ed. Agron. Monog. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
15- Le Bissonnias Y. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crust ability and erodibility: theory and methodology. European Journal of Soil Science, 425-237.
16- Lyless L., and Woodruff N.P. 1962. How moisture and tillage can affect soil cloudiness for wind erosion. Soil Science, 43: 150- 159.
17- Macks S.P., Murphy B.W., Cresswell H.P., and Koen T.B. 1996. Soil friability in relation to management history and suitability for direct drilling. Australian Journal of Soil Research, 34: 343-360.
18- Munkholm L.J. 2001. Soil Fragmentation and friability effects of soil water and soil management. PhD Dissertation. PhD thesis, Department of crop physiology and soil science, Danish institute of agricultural science. 50p.
19- Munkholm L.J., and Kay B.D. 2002. Effect of water regime on aggregate-tensile strength, rupture energy, and friability. Soil Science Society of America Journal, 66: 702-709.
20- Oades J.M., and Waters A.G. 1991. Aggregate hierarchy in soils. Australian Journal of Soil Research, 29: 815-828.
21- Shainberg I., Rhoades J.D., and Prather R.J. 1981. Effect of mineral weathering on clay dispersion and hydraulic conductivity of solid soils. Soil Science Society of America Journal, 45: 273-277.
22- Tajik H., Rahimi H., and Pazira E. 2002. The effect of soil organic matter, electrical conductivity, and sodium adsorption ratio on tensile strength of aggregates. Agricultural and Natural Resource Sciences and Technology of IUT. 6 (3): 151–161 (in Persian with English abstract).
23- Tiplittgr G.B.D., Vandoren B., and Schimdt B.L. 1968. Effect of corn Stover mulch on no-tillage corn yield and water infiltration. Agronomy Journal, 60: 236-239.
24- Utomo W.H., and Dexter A.R. 1981. Soil friability. Journal of Soil Science, 32: 203- 213.
25- Walkly A., and Black I.A. 1934. An examination of digestion method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration. Soil Science, 37: 29-38.
26- Watts C.W., and Dexter A.R. 1998. Soil friability: theory, measurement and the effects of management and organic carbon content. European Journal of Soil Science, 49: 73-84.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 1, Mar.-Apr. 2016, p. 186-193

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 1، فروردین –اردیبهشت 1395، ص. 193-186

Effects of Soil Texture, Moisture Condition and Cropping Systems on Soil Friability

A. Safadoust[1]*

Received: 09-08-2014
Accepted: 28-11-2015

Introduction: Soil friability is defined as the tendency of a mass of unconfined intact soil in bulk to crumble and break up under applied stress into similar fragments, aggregates and individual soil particles with specific size range. Tensile strength is a term which defined as the stress, or force per unit area, required to cause soil to fail in tension. The stated parameters are almost considered as the key physical properties of agricultural soils, because the friable condition is a desirable feature for establishing adequate seedbeds during tillage practice. In spite of the relevance of the subject, information on the effects of intrinsic soil properties on the tensile strength and friability is limited in Iran. The objective of this study was to quantify and to relate tensile strength and friability of two texturally different soils of clay loam and sandy loam under two different cropping systems of wheat and alfalfa .

Materials and methods: The soil samples were collected from the 0–30 cm horizon of two sites of sandy loam (SL) and clay loam (CL) soils which were located inHamadan province in western Iran. Each soil had been under cultivation of either wheat (conventionally tilled) or alfalfa for 11 years. At the laboratory, the soils were gently dry-sieved to separate 8-10, 15-25 and 30-38 mm fractions. The tensile strength was calculated as suggested by Dexter and Kroesbergen, (1985) and the soil friability was calculated through the coefficient of variation method as proposed by Watts and Dexter (1998). The experiment was carried out at the air-dry water content and soil matric suctions of 80 and 50 kPa for three ranges of aggregate size (8-10 mm, 15-25 mm and 30-38 mm). Then the impacts of soil texture (clay loam and sandy loam) and cultivation types (alfalfa and wheat) were assessed in a factorial design at each water content. Regression analyses were carried out to evaluate the relationship between soil intrinsic properties (clay content and organic matter) and tensile strength and friability.

Results and discussion: The considered factors in this study i.e. soil texture and cultivation, in different water content and aggregate size, have a pronounced influence on the tensile strength and friability. The soil of clay loam-alfalfa displayed a higher increase in tensile strength than clay loam-wheat (21%), sandy loam-alfalfa (57%), and sandy loam-wheat (70%) that may be related to differences in organic matter content and clay amount. Both organic matter and clay content have been mentioned as aggregating agents that affected soil strength. The results indicated negatively correlation of tensile strength of soils aggregate with aggregates size and water content. In the other word at low water contents, smaller aggregates of all soil treatments have a small friability value and a large tensile strength, that is, the soils are very difficult to crush and at high water contents the soils have relatively small strengths. Soil texture and cultivations' combination affected friability in the order of CL-A (0.06) < CL-W (0.9) < SL-A (0.15) < SL-W (0.20). The results showed that the calculated amount of friability reaches maximum (0.16) at water content around the plastic limit (matric suction of 80 kPa). This is in good agreement with some earlier workers found that the water content giving the maximum soil crumbling on tillage is around 0.9-1.0 of the plastic limit .

Conclusion: Tensile strength and friability are influenced by several factors such as water content, clay content and soil organic matter. The influence of these factors on soil tensile strength and friability depends on climatic conditions, management practices, and soil composition. Since the formation of cracks in large aggregates occurs more intensively than in small aggregates, the decrease in strength in the large aggregate occurs more rapidly than that in the smaller aggregates; this resulted in greater value of friability of large aggregates compared to small aggregates. Friability on its own does not define the tensile strengths of aggregates, only the way (or except the condition) that the tensile strength changes with aggregate size. Soils may have high friability but also have very high strengths over a wide range of aggregate sizes. Our result showed that these two parameters could be considered as useful indicators of the soil structural condition and the friability of a soil is an important factor in determining soil response to tillage.

Keywords: Friability; Plastic limit; Aggregate; Cultivation; Tensile strength

1- Assistant Professor of Soil Science Department, College of Agricalture, Bu-Ali Sina University
(*- Corresponding Author Email: safadoust@basu.ac.ir)