اثر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر مقاومت خاک

آزاده صفادوست
استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، safadoust@basu.ac.ir

چکیده

مقاومت خاک مفهومی مهم در پیش‌بینی رفتار خاک در برابر نیروهای اعمال شده می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی مقاومت خاک تحت تأثیر برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک بود. نمونه‌برداری خاک از لایه رویین (۵-۲۰ سانتی-متری) زمین‌های زراعی در نوبت آیش، دارای مقادیر متفاوت از رس و ماده آلی انجام شد؛ به گونه‌ای که کمترین تغییر شکل و تخریب در خاکدانه‌ها رخ دهد. چگالی ظاهری و مقاومت کششی خاکدانه‌ها در حالت هوا-خشک به ترتیب به روش‌های کلوخه و برزیلی اندازه‌گیری شد. در بین ویژگی‌های مؤثر بر مقاومت کششی خاکدانه، بیشترین نقش مربوط به مقدار رس خاک بود. پس از آن مقدار ماده آلی و رسانایی الکتریکی مهم‌ترین ویژگی‌ها بودند. در حالی‌که مقدار ماده آلی خاک بیشترین تأثیر را بر چگالی ظاهری خاک داشت، و پس از آن مقدار رس و رسانایی الکتریکی قرار گرفتند. همچنین روابط رگرسیونی چند متغیره خطی با دقت زیاد بین چگالی ظاهری و مقاومت کششی خاکدانه‌ها با درصد رس، ماده آلی و رسانایی الکتریکی به دست آمد.

واژه های کلیدی: چگالی ظاهری، رس، ماده آلی، مقاومت کششی

مقدمه

ساختمان خاک در تأمین نیازهای گیاهان نقش مهمی دارد؛ به‌طوری که حرکت آب و هوا در خاک را تحت تأثیر قرار می-دهد. همچنین در گنجایش نگهداری آب در خاک نقش مؤثری دارد و با تأثیر بر ویژگی‌های مکانیکی خاک می‌تواند بر جوانه-زنی بذر، رشد ریشه، قابلیت تراکم و فرسایش خاک مهم باشد. تراکم خاک نوعی از تغییرات ساختمانی خاک است که نحوه آرایش و قرارگیری ذرات اولیه و خاکدانه‌ها را در کنار هم تعیین می‌کند. میزان تراکم خاک بر تخلخل، تعداد منافذ درشت و متوسط خاک اثر دارد. نفوذپذیری، هدایت گرمایی و آبی، گسترش طول ریشه گیاهان و تمامی واکنش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک به طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر تراکم قرار می‌گیرند.

تراکم‌پذیری خاک عامل مهمی در تعیین کیفیت خاک است و یافتن پارامتری که بتواند تا اندازه‌ای تراکم‌پذیری خاک را تخمین زند اهمیت بسیاری دارد. بون و همکاران (۱۹۸۶) گزارش کردند که چگالی ظاهری پارامتر مهم و مفیدی در تشخیص و تعیین میزان تراکم در خاک است. هاکنسون (۱۹۹۰) به طور مستقیم به بررسی ارتباط بین درجه تراکم‌پذیری با چگالی ظاهری پرداخت.

شناخت و بررسی شرایط تراکمی خاک، چگالی ظاهری و تخلخل خاک از مهم‌ترین پارامترها در میزان بازده محصولات زراعی و باغی هستند. از سوی دیگر بهینه بودن این پارامترها در خاک شرایط ایده‌آل را برای بهبود ساختمان خاک و خاکدانه-سازی در خاک فراهم می‌کند. اتومو و دکستر (۱۹۸۱) بیان کردند خاک زراعی برای تأمین شرایط فیزیکی مناسب برای رشد گیاه نیاز به ساختمان دانه‌ای مناسب و قدرت تهویه‌ای بالا دارد. همچنین خاک باید توان تحمل تنش‌های محیطی در برابر خرد شدن و متراکم شدن را داشته باشد. این محققین تراکم خاک را ناشی از مقاوت خاکدانه‌های منفرد موجود در خاک دانستند. برزگر و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که مقاومت خاک از عواملی اثر می‌پذیرد که با ویژگی‌های جزء رس (مانند گنجایش تبادل کاتیونی، مقدار و نوع رس و مقدار رش دیسپرس شونده) مرتبط باشد.

یکی از روش‌های اندازه‌گیری و تعیین مقاومت خاکدانه‌های منفرد روش مقاومت کششی خاکدانه‌ها است. مقاومت کششی خاک به عنوان تنش لازم برای انفصال ذرات خاک تعریف شده است. کی و دکستر (۱۹۹۲) گزارش کردند خاک‌هایی که دارای مقاومت کششی بیشتر هستند، در برابر گسیختگی مکانیکی ناشی از خاک‌ورزی مقاوم‌ترند که این مسئله بر کاربری زراعی خاک‌ها مؤثر است.

محققین بسیاری بر اثرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر چگالی ظاهری و مقاومت کششی خاکدانه‌ها مطالعه کرده‌اند. فدرر و همکاران (۱۹۹۳) مطالعه جامعی بر اثرات ماده آلی بر تغییرات چگالی ظاهری در برخی خاک‌ها انجام داد و همبستگی بالایی را بین این ویژگی و چگالی ظاهری بدست آورد. این محققین با اندازه‌گیری ماده آلی خاک، چگالی ظاهری خاک‌ها را پیش‌بینی کردند. جونز (۱۹۸۳) گزارش کرد که افزایش درصد رس خاک با مجموع درصد رس و سیلت خاک سبب کاهش در چگالی ظاهری می‌شود. این محقق چگالی ظاهری را در مکش ۳۳ کیلوپاسکال در لایه‌های خاک مورد بررسی قرار داد.

همان‌طور که مطالعات نشان می‌دهد مقاومت در برابر نیروهای وارده به خاک در اثر خاک‌ورزی، بارندگی و آبیاری و داشتن ساختمانی متخلخل بیان‌کننده خاکی با ساختمان مناسب است. از آنجا که مقاومت خاکدانه‌ها در ارزیابی خاک اهمیت زیادی دارد، هدف از این پژوهش بررسی اثر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر پارامترهای مرتبط با مقاومت خاک مانند چگالی ظاهری، مقاومت کششی و تخلخل خاک و همچنین ارائه روابط رگرسیونی برای برآورد آنها در برخی خاک‌های مورد مطالعه بود.

مواد و روش‌ها

پس از بررسی مقدماتی، ۹۸ خاک از سری‌های مهم خاک‌های استان همدان انتخاب شدند. نمونه‌ها از لایه ۲۵ سانتی‌متری خاک رویین با بیش‌ترین دقت و کم‌ترین خردشدگی برداشته شدند. نمونه خاک‌های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل گردیده و هوا-خشک شدند و سپس برخی ویژگی‌های آنها شامل توزیع اندازه ذرات اولیه به روش پی‌پت (گی و باودر، ۱۹۸۶)، مقدار ماده آلی به روش اکسیداسیون تر (والکلی و بلک، ۱۹۳۴)، چگالی ظاهری به روش کلوخه (بلک و هارتج، ۱۹۸۶)، رسانایی الکتریکی با استفاده از EC-متر (رادوس، ۱۹۹۶) چگالی حقیقی با استفاده از پیکنومتر و و تخلخل خاک با استفاده از چگالی ظاهری و حقیقی اندازه‌گیری شدند. برخی ویژگی‌های نمونه خاک‌های مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است.

مقاومت کششی خاکدانه‌ها و کلوخه‌ها به روش غیرمستقیم برزیلی تعیین شد، به این صورت که برای هر خاک تعداد ۳۰ 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:

$$Y = \frac{0.576\,P}{d_{eff}^2} \qquad (۱)$$

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 (۱۰):

$$d_{eff} = d_0\left(\frac{M_a}{M_0}\right)^{0.33} \qquad (۲)$$

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

بررسی‌های آماری و روابط رگرسیونی ساده و چندگانه با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و Excel انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد ارزیابی خاک‌ها در این پژوهش شامل درصد رس (Clay)، سیلت (Silt)، شن (Sand)، رسانایی الکتریکی (EC)، درصد کربنات کلسیم ($CaCO_3$) و درصد ماده آلی (OM)، مقاومت کششی خاکدانه‌ها (Y)، چگالی ظاهری (BD) و چگالی حقیقی (PD) و تخلخل (P) بودند. مقادیر حداکثر، حداقل و انحراف معیار این ویژگی‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- توصیف آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی

	رس	سیلت	شن	کربنات کلسیم	ماده آلی	رسانایی الکتریکی	چگالی ظاهری	چگالی حقیقی	تخلخل	مقاومت کششی خاکدانه
	٪					dSm^{-1}	Mgm^{-3}	Mgm^{-3}	٪	kPa
حداکثر	۵۷/۵۰	۵۸/۰۰	۷۸/۰۰	۳۷/۵۰	۳/۶۵	۱/۳۵	۱/۶۳	۲/۷۴	۵۱/۵	۱۸۴
حداقل	۸/۵۰	۱۱/۰۰	۱۲/۰۰	۰/۵۰	۰/۲۴	۰/۲۳	۱/۳۲	۲/۵۱	۳۲/۰	۸۲
انحراف معیار	۹/۱۱	۷/۷۴	۱۳/۴۵	۸/۳۸	۰/۶۴	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۱۱	۱۳/۵	۳۴

روابط رگرسیون خطی معنی‌دار نشان داد که از بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، مقاومت کششی خاکدانه‌ها در حالت هوا-خشک با افزایش درصد رس (R^2= ۰/۷۳)، ماده آلی (R^2= ۰/۶۹) و رسانایی الکتریکی (R^2= ۰/۵۱) افزایش و با افزایش درصد شن (R^2= ۰/۴۹) کاهش یافت ($P < ۰/۰۱$). همچنین سه ویژگی درصد رس (R^2= ۰/۶۱)، ماده آلی (R^2= ۰/۸۱) و رسانایی الکتریکی (R^2= ۰/۶۲) دارای اثرات کاهشی بر چگالی ظاهری بودند ($P < ۰/۰۱$). در حالی‌که اثرات درصد رس (R^2= ۰/۵۸)، ماده آلی (R^2= ۰/۶۳) و رسانایی الکتریکی (R^2= ۰/۴۶) بر تخلخل خاک به صورت افزایشی بود ($P < ۰/۰۱$).

رابطه رگرسیونی چند متغیره خطی بین مقاومت کششی خاکدانه‌ها در حالت هوا-خشک با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها به همراه ضریب تبیین (R^2) در معادله رگرسیونی زیر نشان داده شده است:

$$Y= 54.9 + 1.29\ OM + 1.68\ EC + 22.69\ Clay - 10.42\ Sand \qquad R^2=0.73$$

در این معادله اثر مثبت ماده آلی، رس و رسانایی الکتریکی بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها کاملاً واضح است. با این حال اثر شن بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها منفی می‌باشد.

برزگر و همکاران (۱۹۹۵) اثر شوری، قلیائیت و ماده آلی را بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها بررسی کردند و دریافتند که اثر رسانایی الکتریکی و مقدار ماده آلی بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها افزایشی بود و هر دو پارامتر اثر قلیائیت را تعدیل می‌کردند. هورن و دکستر (۱۹۹۸) نشان دادند که مقاومت کششی خاکدانه‌ها با افزایش نقاط تماس بین حوزه‌های رسی افزایش می‌یابد.

رابطه بین مقاومت کششی خاکدانه‌ها و چگالی ظاهری نیز مورد بررسی قرار گرفت:

$$Y= -22.8 + 1.64\ \frac{1}{\rho_b} \qquad R^2=0.67\%$$

معادله رگرسیونی بالا نشان می‌دهد که با کاهش BD مقاومت کششی خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد. نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها با مقاومت کششی خاکدانه‌ها هماهنگی دارد. به طوری‌که با افزایش ماده آلی، مقاومت کششی خاکدانه‌ها افزایش یافت، در حالی‌که چگالی ظاهری کاهش یافت. همچنین دکستر و واتس (۲۰۰۰) دریافتند که با افزایش مقدار ماده آلی، مقاومت کششی خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد. آنها خاک‌هایی با مدیریت‌های مختلف را بررسی کرده و نشان دادند که ماده آلی تأثیر مثبتی در افزایش مقاومت کششی خاکدانه‌ها دارد.

ارتباط بین چگالی ظاهری با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها به همراه ضریب تبیین (R^2) در معادله رگرسیونی زیر نشان داده شده است:

$$BD= 1.56 - 0.052\ OM - 0.0854\ EC + 12.7\ Clay \qquad R^2=0.79$$

ماده آلی، رس و کاتیون‌های تبادلی در خاک با هم‌آوری ذرات در کنار هم سبب خاکدانه‌سازی و افزایش حجم منافذ خاک شده و در نتیجه با افزایش تخلخل خاک سبب کاهش چگالی ظاهری خاک می‌شوند. زین و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه روی رابطه چگالی ظاهری و ماده آلی، همبستگی منفی بالایی بین ماد آلی و BD بدست آورد. برنوکس و همکاران (۱۹۹۸) اثر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر چگالی ظاهری خاک را مورد بررسی قرار دادند. در حالی‌که اثر مقدار شن افزایشی بود، این پژوهش‌گران بیشترین ضریب تبین را برای معادلات رگرسیونی بین چگالی ظاهری و درصد کربن آلی و شن خاک بدست آوردند.

ارتباط بین تخلخل با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها به همراه ضریب تبیین در معادله رگرسیونی زیر نشان داده شده است:

$P= 45.9 + 3.98\ OM + 0.435\ EC + 31.7\ Clay$ $R^2=0.59$

تخلخل خاک از رابطه بین چگالی ظاهری و حقیقی به دست می‌آید و این امر بستگی شدید تخلخل به این دو پارامتر را نشان می‌دهد. در نتیجه رابطه تخلخل با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شدیداً تحت تأثیر این ویژگی‌ها بر چگالی ظاهری و حقیقی می‌باشد. ماده آلی، رس و رسانایی الکتریکی در خاک با هم‌آوری ذرات در کنار هم سبب افزایش تخلخل می‌شوند. در این پژوهش نیز تأثیر مقدار ماده آلی، رس و رسانایی الکتریکی بر افزایش تخلخل خاک افزایشی ارزیابی شد.

نتیجه‌گیری

در بررسی اثر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر مقاومت خاک، نتایج نشان داد که بیشترین نقش مربوط به مقدار رس، ماده آلی و رسانایی الکتریکی خاک بود. همچنین چگالی ظاهری از مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها می‌باشد.

منابع

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.

Bernoux M., Arrouays D., Cerri C., Volkoff B. and Jolivet C. 1998. Bulk densities of Brazilian Amazon soils related to other soil properties. Soil Science Society America Journal, 62:743–9.

Black G.R. and Hartge K.H. 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.) ″Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods″. SSSA/ASA. Monograph 9. 2nd ed. pp: 347–380.

Boon F.R., van der Werf H.M.G., Kroesbergen B., ten Hag B.A. and Bores A. 1986. The effect of compaction of the arable layer in sandy soils on the growth ofmaize for silage. 1. Critical matric water potentials in relation to soil aeration and mechanical impedance. Netherland Journal Agricultural Science, 34: 155–171.

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.

Federer C.A., Turcotte D.E. and Smith C.T. 1993. The organic fraction–bulk density relationship and the expression of nutrient content in forest soils, Canadian Journal of Forest Research. 23: 1026–1032.

Gee G.W. and Bauder J.W. 1986 Particle-size distribution. PP. 384–411. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd ed., Agron. Monog. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Hakansson I. 1990. A method improved for characterizing the state of compactness of the plough layer. Soil and Tillage Research. 16: 105–120.

Horn R., and Dexter A.R. 1989. Dynamic of soil aggregation in an irrigated desert loess. Soil and Tillage Research, 13: 253–266.

Jones, C.A. 1983. Effect of soil texture on critical bulk densities for root growth. Soil Science Society America Journal. 47: 1208–1211.

Kay B.D. and Dexter A.R. 1992. The influence of dispersible clay and wetting/drying cycles on the tensile strength of a red-brown earth. Australian Journal of Soil Research, 30: 297–310.

Utomo W.H. and Dexter A.R. 1981. Age hardening of agricultural top soils. Journal of Soil Science, 32: 335–350.

Walkley 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.

Rhoades J.D. 1996. Salinity electrical conductivity and total dissolved solid. In: Page, A.L., Somner, C.E. and Nelson, P.W. (Eds.) "Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods". ASA/SSSA Madison, Wisconsin, USA. pp: 417–436.

Zinn Y.L., Lal R. and Resck D.V.S. 2005. Texture and organic carbon relations described by a profile pedotransfer function for Brazilian Cerrado soils. Geoderma, 127(1–2): 168–173.

Effect of some soil physical and chemical properties on soil strength

A. Safadoust
Assistant Professor of Soil Science Department, College of Agricalture, Bu-Ali Sina University;
safadoust@basu.ac.ir

Abstract
Soil strength is an important concept in predicting soil behavior to applied forces. The objective of this study was to evaluate soil strength under effects of some soil physical and chemical properties. Soil samples were taken from the surface layer (5-20 cm) of natural untilled agricultural soils with different clay and organic matter content; in such a way that minimum structural deformation or destruction happened. Bulk density and tensile strength of aggregates was determined by clod-method and the Brazilian test at air-dry condition, respectively. Among the properties affecting tensile strength, clay amount had the greatest role followed by organic matter and electrical conductivity. Whereas the amount of organic matter had the greatest affect on bulk density and followed by clay content and electrical conductivity. Furthermore, highly-significant linear multiple regression equations were obtained between bulk density and tensile strength of aggregates with clay and organic matter content and electrical conductivity.

Keywords: Bulk density, Clay, Organic matter, Tensile strength