بررسی تاثیر خصوصیات مختلف فیزیکی و شیمیایی بر شاخص شکل‌پذیری خاک

مریم قبله[۱]، فرزین شهبازی[۲]، محمد رضا نیشابوری[۳]، علی‌اصغر جعفرزاده[۴]
۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ۳-۴- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

شاخص شکل‌پذیری خاک در خاک‌شناسی به عنوان یکی از پارامترهای فیزیکی مطرح است که در مدیریت زمان کاشت، داشت، برداشت و عملیات خاک‌ورزی کاربرد دارد. بررسی‌های بیشتر نشان داده است که مقادیر ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، رس خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری و کربنات کلسیم معادل می‌توانند در مقدار شاخص شکل‌پذیری خاک تأثیر داشته باشند. بدین‌منظور تعداد ۵۶ نمونه خاک به صورت سیستماتیک (شبکه‌های ۷۰ ×۷۰ متری) از عمق ۵۰-۰ سانتی‌متری سطح خاک اراضی ایستگاه تولید بذر گیاهان دارویی و صنعتی سراب (استان آذربایجان‌شرقی) با مساحتی حدود ۲۴ هکتار برداشته شد سپس نمونه‌ها جهت انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافت. لذا مدل‌سازی آماری به صورت توابع انتقالی برای تعیین شاخص شکل‌پذیری خاک با استفاده از مقادیر ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، رس، ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری و کربنات کلسیم معادل انجام گرفت. ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی معنی‌داری را با شاخص شکل-پذیری خاک نشان داد.

واژه های کلیدی: ایستگاه سراب، توابع انتقالی، شاخص شکل‌پذیری

مقدمه

حدود آتربرگ خاک از ویژگی‌های مکانیکی مهم خاک می‌باشد که خاک را از نظر قوام یا پایداری[۱] در برابر تغییر شکل به سه حالت حد انقباض، حد شکل‌پذیری و حد سیلان تقسیم می‌کند. حد انقباض[۲] خاک را از حالت جامد به نیمه جامد، حد شکل‌پذیری خاک را از حالت نیمه جامد به حالت شکل‌پذیر و حد سیلان خاک را از حالت شکل‌پذیر را به حالت مایع جدا می‌کند (PCA، ۱۹۵۰). تعیین حدود آتربرگ و حد سیلان با استفاده از کاساگرانده (کاساگرانده، ۱۹۴۸) و همچنین شاخص مخروطی (کارلسون، ۱۹۸۱) قابل اندازه‌گیری است. روش‌های فوق به‌ویژه زمانی‌که تعداد نمونه‌ها زیاد است، وقت‌گیر و زمان‌بر بوده و استفاده از مدل‌های مختلف در این راستا می‌تواند کمک شایانی به محققین خاکشناسی و مهندسی بنماید. شاخص شکل‌پذیری بر اساس حدود آتربرگ به عنوان دامنه‌ای از آب تعریف شده است که در آن دامنه خاصیت شکل‌پذیری خاک نمایان است (سرجاکوب و همکاران، ۲۰۰۲). . آتربرگ (۱۹۱۱) شیمی‌دان و کشاورزی بود که نشان داد شکل‌پذیری یکی از ویژگی‌های خاص خاک رس می‌باشد. عوامل مؤثر بر شکل‌پذیری با رس یا با فرایندهای شکل‌پذیری ممکن است ارتباط داشته باشد (مارشال، ۱۹۵۵). عوامل مربوط به رس شامل محتوای رطوبتی، ترکیب کانی، توزیع اندازه ذرات، نوع کاتیون تبادلی، حضور مواد آلی و املاح (دومبلتون و وست، ۱۹۶۶) و همچنین عوامل مربوط به فرایند شامل فشار، دما و وضعیت آب مورد استفاده می‌باشد (اوز و همکاران، ۲۰۰۹). شکل‌پذیری خاک‌های ریزبافت به وسیله‌ی حد شکل‌پذیری و حد سیلان بیان می-شود که این شاخص تحت تأثیر مقدار ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، نوع و مقدار رس قرار می‌گیرد (دکستر و بیرد، ۲۰۰۱). ام باگوا و آبه (۱۹۹۸) طی تحقیق انجام گرفته بر روی خاک‌های نیجریه نشان دادند که یک رابطه خطی قوی بین حد سیلان

[1]Consistency
[2]Shrinkage limit

و حد شکل‌پذیری با ظرفیت تبادل کاتیونی، مواد آلی و درصد رس وجود دارد و از طرفی ایشان طی تحقیقی در همین خاک‌ها توانسته است ۷۹/۹٪ تغییرات حد سیلان را تنها به وسیله‌ی ظرفیت تبادل کاتیونی توضیح دهد. هدف اصلی این تحقیق بررسی رابطه بین شاخص شکل‌پذیری خاک و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و آزمایشات فیزیکی و شیمیایی خاک

حدود ۲۴ هکتار از اراضی ایستگاه تولید بذر گیاهان دارویی و صنعتی سراب (استان آذربایجان‌شرقی) واقع در محدوده‌ی طول جغرافیایی ″۱۱ ′۳۲ °۴۷ تا ″۳۴ ′۳۲ °۴۷ شرقی و عرض جغرافیایی ″۵۹ ′۵۴ °۳۷ تا ″۱۹ ′۵۵ °۳۷ شمالی انتخاب و تعداد ۵۶ نمونه از عمق ۵۰ سانتی‌متری با فواصل منظم (۷۰ متری) برداشته شده است. شایان ذکر است ۲/۲۱ هکتار از این اراضی دارای کاربری باغ می‌باشد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و برای انجام آزمایشات مقدماتی در آزمایشگاه آماده گردیدند. که در این پژوهش برای اندازه‌گیری بافت خاک از روش هیدرومتر با قرائت چهار زمانه (گی و بادر، ۱۹۸۶) و برای اندازه‌گیری ظرفیت تبادل کاتیونی در $pH=۸/۲$ از روش باور (باور و همکاران، ۱۹۵۲) استفاده گردید. ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری خاک بیانگر نسبت ظرفیت تبادل کاتیونی رس به درصد رس می‌باشد و به نوعی نشان دهنده نوع رس است. بدین‌منظور ظرفیت تبادل کاتیونی حاصل از کربن آلی (۲/۶۵ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم به‌ازای هر ۱٪ ماده آلی) از مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی کل کسر گردید (سایس و همکاران، ۱۹۹۳). همچنین برای تعیین کربن آلی و کربنات کلسیم به ترتیب از روش اکسیداسیون تر (نلسون و سامرز، ۱۹۸۲) و روش تیتراسیون (آلیسون و مودی، ۱۹۶۵) استفاده گردید. برای اندازه-گیری حدود آتربرگ (حد سیلان، حد شکل‌پذیری و شاخص شکل‌پذیری) از روش کاساگرانده استفاده شد (یانگ و وارکنتین، ۱۹۶۶).

تحلیل آماری

به منظور تست نرمال بودن داده‌ها از نرم‌افزار *SPSS* (روش کولموگروف-اسمیرنوف)[1] و همچنین برای ایجاد معادلات رگرسیونی با بکارگیری متغیرهای مستقل (درصد رس، ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده‌آلی، درصد کربنات کلسیم و نسبت ظرفیت تبادل کاتیونی به درصد رس) و متغیر وابسته (شاخص شکل‌پذیری خاک) از رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام استفاده گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و شاخص‌های اندازه‌گیری شده

مقدار رطوبت حد سیلان، حد شکل‌پذیری و همچنین شاخص شکل‌پذیری متاثر از ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد ماده آلی و درصد رس می‌باشد به طوری‌که بالاترین مقدار رطوبت حد سیلان و حد شکل‌پذیری مربوط به خاک‌هایی است که دارای مقادیر نسبتاً بالایی از ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی و درصد رس می‌باشد. چون رس‌ها و ماده آلی دارای سطح ویژه بسیار زیادی می‌باشند و از این طریق بر ظرفیت تبادل کاتیونی تاثیر می‌گذارند، یعنی با افزایش مقدار رس و ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی نیز افزایش می‌یابد و باعث افزایش رطوبت حد سیلان، حد شکل‌پذیری و شاخص شکل‌پذیری می‌شوند ولی این افزایش در حد سیلان بیشتر از حد شکل‌پذیری می‌باشد و باعث افزایش شاخص شکل‌پذیری می‌شود این نتایج با نتایج دکستر و بیرد (۲۰۰۱) و میرخانی و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد. همچنین هارول (۱۹۴۲) گزارش کرده بود که حد سیلان، حد شکل‌پذیری و شاخص شکل‌پذیری تحت تاثیر اندازه ذرات رس خاک قرار دارند به‌طوری‌که با کاهش اندازه ذرات رس خاک مقادیر حدود آتربرگ افزایش می‌یابد که مطابق با این نتایج می‌باشد به طوری که در مقادیر بالای ۳۰٪ مقادیر شاخص شکل-پذیری به ۲۰٪ یا بالاتر هم می‌رسد. از طرفی اسمیت و همکاران (۱۹۸۵) در تحقیقی مشابه گزارش کردند که رطوبت حد

[1] Kolmogorov-Smirnov

سیلان و حد شکل‌پذیری بستگی به ظرفیت تبادل کاتیونی و ماده آلی دارد و رطوبت حد سیلان به درصد رس بستگی ندارد بلکه وابسته به نوع رس می‌باشد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (۵۶ نمونه)

متغیر	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب تغییرات
کربنات کلسیم معادل	۱۲/۶۷	۱/۴۲	۳۴	۹/۳۲	۷۳/۵۵
ظرفیت تبادل کاتیونی	۲۲/۹۵	۹/۳۱	۳۲/۴۵	۹/۰۲	۲۶/۲۳
ماده آلی	۴/۰۹	۱/۱	۹/۳۴	۰/۷۸	۱۹/۰۷
رس	۳۶/۶	۱۲/.۰۲	۵۶/۶۷	۱۳/۱۲	۳۵/۸۴
ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۴۹	۰/۰۳	۶/۶۶
رطوبت حد سیلان	۵۲/۹۱	۴۲/۱۹	۶۸/۳۷	۶/۱۳	۱۱/۵۸
رطوبت حد شکل پذیری	۳۴/۱	۲۶/۶۲	۵۲/۵۷	۵/۲۴	۱۵/۳۷
شاخص شکل‌پذیری	۱۸/۹۴	۲۹/۶۵	۱۲/۹۳	۳/۴۴	۱۸/۱۶

*کربنات کلسیم معادل، ماده آلی و رس بر اساس (٪)، ظرفیت تبادل کاتیونی بر اساس (meq/100 gr) ، رطوبت حد سیلان، حد شکل‌پذیری و شاخص شکل‌پذیری براساس (٪)

تحلیل همبستگی

با استفاده از نرم‌افزار *SPSS* همبستگی آماری بین شاخص شکل‌پذیری با ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی منطقه به دست آمد و نتایج ضرایب همبستگی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

متغیر	PI(%)	CEC($Cmol_+kg^{-1}$)	OM(%)	Clay(%)	CCE(%)	ACEC($Cmol_+kg^{-1}clay$)
PI	۱					
CEC	۰/۷۱**	۱				
OM	-۰/۱۱*	-۰/۰۸	۱			
Clay	۰/۷**	۰/۹۴**	-۰/۳۸**	۱		
CCE	-۰/۱۷*	-۰/۴۷**	۰/۳۹**	-۰/۵۵**	۱	
ACEC	۰/۳۳**	۰/۵۴**	-۰/۷۴**	۰/۷۱**	-۰/۵۹**	۱

PI: شاخص شکل‌پذیری، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی، OM: ماده آلی، Clay:رس،CCE:کربنات کلسیم معادل وACEC: ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری

**معنی‌داری در سطح ۱٪ ، *معنی‌داری در سطح ۵٪

با توجه به نتایج علاوه بر درصد رس، ظرفیت تبادل‌کاتیونی و ماده‌آلی دو متغیر دیگر یعنی درصد کربنات کلسیم معادل و ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری در شاخص شکل‌پذیری تأثیردارد ولی در معادله رگرسیونی از بین ۵ متغیر مورد مطالعه برای تعیین شاخص شکل‌پذیری خاک، فقط ظرفیت تبادل کاتیونی معنی‌دار بوده و R^2 این مدل برابر ۰/۵ می‌باشد.

$$PI= 9.19+0.38CEC \quad (۱)$$

همچنین محققان دیگری مانند میرخانی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از متغیرهای درصد رس، کربن آلی و چگالی ظاهری با R^2=۰/۶۲ معادله‌ای برای شاخص شکل‌پذیری به دست آوردند و جانگ و همکاران (۱۹۹۰) با استفاده از متغیرهای درصد رس و کربن‌آلی معادله‌ای برای شاخص شکل‌پذیری بدست‌آورد و کتی و همکاران (۲۰۰۸) با متغیرهای ظرفیت تبادل کاتیونی و

درصد رس و احمدی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از متغیرهای درجه اشباع و درصد رس معادلاتی را برای شاخص شکل-پذیری بدست آوردند.

علیرغم اینکه بررسی‌های منابع نشان داده بود که شاخص شکل‌پذیری متأثر از ظرفیت تبادل کاتیونی ظاهری و درصد کربنات کلسیم معادل نیز می‌باشد، ولی این دو متغیر در معادله‌ی رگرسیونی برآورد شاخص شکل‌پذیری معنی‌دار نبودند و فقط ظرفیت تبادل کاتیونی معنی‌دار گردید (R^2=۰/۵). دلیل این امر می‌تواند ناشی از وابسته بودن ظرفیت تبادل کاتیونی به کربن‌آلی، بافت و نوع رس باشد. پایین بودن ضریب همبستگی شاخص شکل‌پذیری نیز نشان دهنده این است که این شاخص بایستی متأثر از عوامل دیگری هم باشد.

منابع

Ahmadi, A., Talaie, E. and Soukoti, R. 2012. Pedotransfer functions for estimating Atterberg limits in semi-arid areas. International Journal of Agriculture. 2(4): 491-495.

Allison, L.E. and Moodie, C.D.1965. Carbonates. In: Black, C.A. (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2, ASA: Madison, wl., 1379-1400 pp.

Atterberg, A. 1911. Die Plastizitat der Tone. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde. 1:10-43.

Bower, C.A., Reitemeier, R.F. and Fireman, M. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Journal of Soil Science. 73:251-261.

Casagrande, A. 1948. Classification and identification of soils. Transaction, American Society of Civil Engineers. 113:901-930.

Cathy, A. S., Moustafa, A.E. and Robert, J.E. 2008. Linear regression models to estimate soil liquid limit and plasticity index from basic soil properties. Soil Science. 173(1):25-34.

Dexter, R.A. and Bird, N.R.A. 2001. Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. Soil and Tillage Research. 57:203-212.

Dumbleton, M.J. and West, G. 1966. Some factors affecting the relation between the clay minerals in soils and their plasticity. Clay Minerals. 6:179-193.

Gee, W.G. and Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. In method of soil Analysis. Part I. A. Klute (ed.). Soil Science Society of America, Book Series 5, Madison, Wisconsin, ASA, SSSA, USA. 383-412 pp.

Harol, A. 1942. Classification of soils and control procedures used in construction of embankments: Public Roads. 22:263-265.

Jong, E.D., Acton, D.F. and Stonehouse, H.B. 1990. Estimating the Atterberg limits of southern Saskatchewan soils from texture and carbon content. Canadian Journal of Soil Science. 70:543-554.

Karlsson, R. 1981. Consistency Limits, Performance and Interpretation of laboratory investigations, part 6. Swedish Council of Building Research, Stocholm. Sweden.

Marshall, C.L. 1955. A new concept of clay plasticity. Bull. American Canser society. 34(2):54-56.

Mbagwa, J. S. C. and Abeh, G. 1998. Prediction of engineering properties of tropical soils using intrinsic pedological parameters. Soil Science, Baltimore.163(2):93-102.

Mirkhani, R., Shabanpour, M. and saadat, S. 2005. Using particle-size distribution and organic carbon percentage to predict the cation exchange capacity of soils of lorestan province. Journal of soil and water science. 19(2):235-242.

Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Page, A.L. and Keeney, D.R. (eds.), In: Methods of soil analysis. Part II. Agron Monogr. ASA, SSSA, Madison, USA. 539-580 PP.

PCA. 1950. PCA Soil Primer. Portland Cement Association. First edition. Chicago. 76pp.

Sirjacobs, D., Hanquet, B., Lebeau, F. and Destain, M.F. 2002. Online-soil mechanical resistance mapping and correlation with soil physical properties for precision agriculture. Soil and Tillage Research. 64:231-242.

Smith, C.W., Hadas, A., Dan, J. and Koyumdjisky, H. 1985. Shrinkage and Atterberg limits in relation to other properties of principal soil types in Israel. Geoderma. 35:47-65.

Sys, C., Van rast, E., Debaveye, Ir. J. and Beernaert, F.1993. Land evaluation. Part III. Agricultural publications. 199pp.

Uz, V., Ceylan, A., Yilmaz, B. and Ozdag, H. 2009. Plasticity and drying behavior of terra cotta bodies in the presence of cellulose. Applied Clay Science. 42 (3–4):675–678.

Yong, R.N. and Warkentin, B.P. 1966. Introduction to soil behavior. Macmillan series in civil engineering, NewYork. NY.

Effect of physical and chemical characteristics on soil plasticity index

M. Ghebleh[1], F. Shahbazi[2], M. Neyshaburi[3], A. Jafarzade[4]

1- Ph.D. student Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
2- Associate Professor Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
3-4- Professor Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.

Abstract

Soil plasticity index is one of the physical parameters for considering planting, harvesting and tillage practices management. Further studies have shown that the OM, CEC, clay content, ACEC and CCE may affect the soil plasticity index. For this purpose, 56 soil samples were systematically collected as grids of 70 × 70 m in vertical section of 50 cm where area extension is about 24 ha. It has located in Sarab Medicinal and Industrial Plants Seed Production Station. The samples were then transferred to the laboratory to be physically and chemically analyzed. Therefore, statistical modeling via transferring functional has conducted using OM, CEC, clay, ACEC, and CCE for determine plasticity index. Plasticity index is significantly correlated with CEC.

Keywords: soil plasticity index, Sarab station, transferring functional