شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

بررسی روابط فرکتالی توزیع اندازه ذرات اولیه خاک با برخی ویژگی‌های خاک (مطالعه موردی: منطقه کوهین)

مینا نیک‌قلب‌پور[۱*]، مائده دانش‌یار[۲]، حسین اسدی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۲] دانش آموخته گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

[۳] دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

چکیده

توزیع اندازه ذرات اولیه شاخص مهمی برای ارزیابی و روابط خاک با سایر اجزای آن است. لذا در پژوهش حاضر برای بررسی روابط بعد فرکتال با برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، ۳۳ نقطه با فواصل ۵۰ متری در طول یک زمین‌نما در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب دانشگاه تهران واقع در منطقه کوهین انتخاب و نمونه‌برداری به صورت مرکب از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری انجام شد. تجزیه و تحلیل‌های رگرسیون خطی برای تعیین قدرت روابط بین بعد فرکتال و درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، درصد ماده آلی، پایداری خاکدانه و تخلخل خاک انجام شد. نتایج آماری نشان داد که بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات اولیه همبستگی قوی و مثبتی با مقدار رس، همبستگی منفی ضعیفی با شن و همبستگی مثبت ضعیفی با میانگین وزنی قطر خاکدانه دارد. نتایج در هر دو لایه مورد مطالعه مشابه بوده بنابراین می‌توان بیان داشت که تجزیه و تحلیل‌های فرکتالی روش مفیدی برای کمی کردن و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد.

کلمات کلیدی: بافت خاک، پایداری خاکدانه، تخریب خاک، ماده آلی

مقدمه

خاک به عنوان محیطی متخلخل از ذراتی در اندازه و شکل‌های مختلف تشکیل شده و ساختمان و ویژگی‌های آن به واسطه‌ی توزیع اندازه ذرات خاک تعیین می‌شود. توزیع اندازه ذرات اولیه خاک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک است که تاثیر زیادی بر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، حرکت آب در خاک، انتقال آلودگی و فرسایش خاک داشته (Ghanbarian and Daigle, 2015) و به عنوان شاخص مهمی برای ارزیابی خاک و روابط بین ویژگی و عملکردهای مختلف آن به‌کار می‌رود (Wei و همکاران ۲۰۱۵). روش‌های متعددی برای تعیین توزیع اندازه ذرات اولیه خاک در نظر گرفته شده است. مثلث بافت خاک روش متداول و اصلی بررسی توزیع اندازه ذرات خاک است، که با تعاریف قراردادی اندازه‌ی سه ذره اصلی خاک (شن، سیلت و رس) و کلاس‌های بافت خاک محدود شده است. علاوه بر این باید در نظر داشت که تغییرات و نوسانات بالایی در توزیع اندازه ذرات خاک در هر کلاس بافتی وجود دارد. بنابراین استفاده از مثلث بافت خاک نمی‌تواند اطلاعات کاملی در مورد توزیع اندازه ذرات اولیه خاک در اختیار قرار دهد (Birkhofer و همکاران ۲۰۱۲). خاک به دلیل داشتن محیطی متخلخل که از ذرات متفاوت با شکل‌های نامنظم و خود متشابه تشکیل شده است، به وضوح ویژگی‌های فرکتالی را نشان داده و از مفاهیم و قوانین حاکم بر هندسه فرکتال تبعیت می‌کند (Liu و همکاران ۲۰۰۹). مطالعات Deng و همکاران (۲۰۱۷, a) نشان داد با توجه به اینکه روابط معنی‌داری بین بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات اولیه خاک و ویژگی‌های خاک وجود دارد لذا بعد فرکتال شاخص مناسبی برای شناخت بهتر توزیع ذرات اولیه خاک است. مطالعات Deng و همکاران (۲۰۱۸) در خاک‌هایی با بافت‌های متفاوت نشان داد که بعد فرکتال با افزایش مقدار رس زیادتر شده و با افزایش مقدار شن کاهش می‌یابد. نتایج مطالعه Xu و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی ویژگی‌های فرکتالی توزیع اندازه ذرات خاک در بخشی از حوزه آبخیز رود دن چین نشان داد که بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات اولیه خاک همبستگی قوی مثبتی با مقدار رس-سیلت، همبستگی منفی با شن ریز و شن درشت و همبستگی منفی ضعیفی با مقدار گراول دارد. با توجه به اینکه در زمینه اندازه‌گیری‌های فرکتالی توزیع اندازه ذرات اولیه خاک در مناطق دیم مطالعات کمی انجام شده است لذا هدف از پژوهش حاضر محاسبه بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات اولیه خاک و بررسی روابط آن با برخی ویژگی‌های خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

* ایمیل نویسنده مسئول: nikghalbpour@gmail.com

پژوهش حاضر در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب دانشگاه تهران با مساحت ۸۷ هکتار واقع در منطقه کوهین استان قزوین که دارای کاربری کشت دیم در امتداد خطوط تراز می‌باشد، انجام شد. برای انجام پژوهش حاضر، نمونه‌برداری به صورت مرکب از دو عمق سطحی (۱۵-۰ سانتی-متر) و زیر سطحی (۳۰-۱۵ سانتی‌متر) در ۳۳ نقطه با فواصل ۵۰ متری انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده بعد از هوا خشک شدن جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از الک دو میلی‌متری و انجام آزمایش پایداری خاکدانه به روش الک تر از الک ۴/۷۵ میلی‌متری عبور داده شدند. اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات اولیه به روش هیدرومتری با قرائت ۲۴ ساعت، اندازه‌گیری ماده‌آلی با روش‌های مرسوم انجام شدند (Carter and Gregorich, 2006). تمامی اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام شد. در بخش آمار کلاسیک، به منظور تشخیص تمرکز و پراکندگی داده‌ها، آماره‌های حداقل، حداکثر، انحراف معیار، میانگین و ضریب تغییرات ویژگی‌های مورد مطالعه محاسبه شد. توزیع اندازه ذرات خاک در دامنه‌های کوچک‌تر از ۰/۰۰۲، (۰/۰۰۵-۰/۰۰۲)، (۰/۰۲-۰/۰۰۵)، (۰/۰۵-۰/۰۲)، (۰/۱-۰/۰۵)، (۰/۲۵-۰/۱)، (۰/۵-۰/۲۵)، (۱-۰/۵) و (۲-۱) میلی‌متر تعیین شد. کلاس‌های شن با استفاده از سری الک و بقیه کلاس‌ها به روش هیدرومتری تعیین شد. بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات خاک از معادله‌ی (۱) به روش بهینه‌سازی با نرم افزار MATLAB تخمین زده شد (Bird و همکاران ۲۰۰۰).

معادله (۱)

$$M_s(d \le d_i) = cd_i^{3-D}$$

که در آن D بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات، M_s (d≤di) جرم تجمعی ذرات خاک در اندازه کوچک‌تر از d_i، d_i حد بالایی اندازه‌ی ذرات در هر کلاس و c ضریب ثابت می‌باشد.

نتایج و بحث

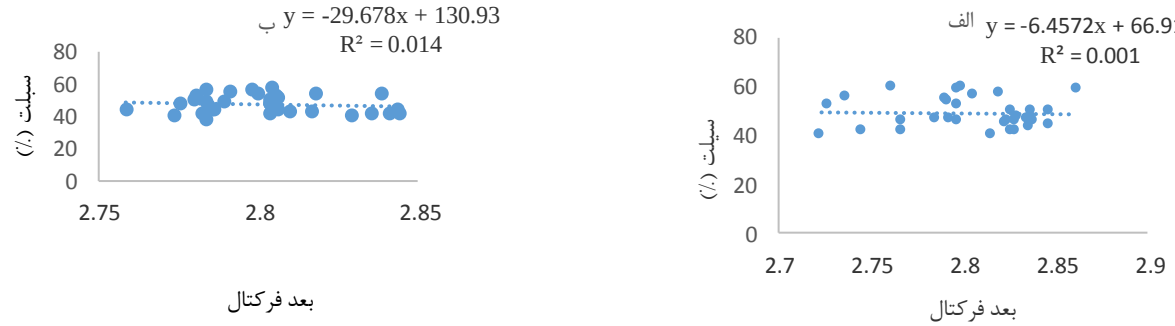
آماره‌های توصیفی ویژگی‌های مورد مطالعه در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱. آماره‌های توصیفی ویژگی‌های خاک مورد مطالعه

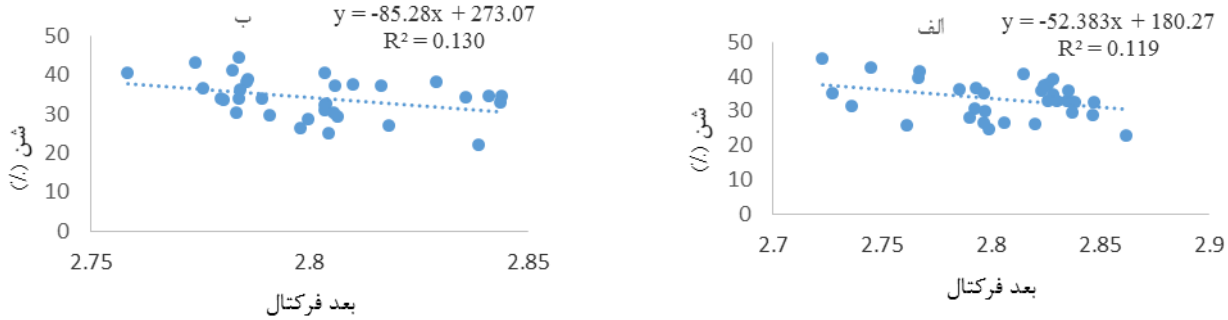
ویژگی خاک	واحد	عمق (cm)	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین	چولگی	ضریب تغییرات (٪)
میانگین وزنی قطر خاکدانه	mm	۰-۱۵	۰/۳۶	۰/۹۸	۰/۱۶	۰/۶۵	۰/۵۹	۲۵/۳۵
		۱۵-۳۰	۰/۳۹	۱/۲۵	۰/۲۱	۰/۷۴	۰/۶	۲۷/۷۹
شن	%	۰-۱۵	۲۲/۷۶	۴۵/۳۰	۵/۵۲	۳۳/۳۸	۰/۱	۱۶/۵۳
		۱۵-۳۰	۲۱/۹۹	۴۴/۳۸	۵/۲۴	۳۴/۱۶	-۰/۲۱	۱۵/۳۳
سیلت	%	۰-۱۵	۳۹/۹۷	۵۹/۶۴	۶	۴۸/۸۱	۰/۴۵	۱۲/۲۹
		۱۵-۳۰	۳۸/۵	۵۸/۳۳	۵/۵۶	۴۷/۷۹	۰/۲۷	۱۱/۶۴
رس	%	۰-۱۵	۱۲/۵۵	۳۲/۲۰	۲/۵۶	۱۷/۸۱	-۰/۰۳	۱۴/۴۰
		۱۵-۳۰	۱۳/۴۷	۲۳/۲۷	۲/۸	۱۸/۰۵	۰/۵۴	۱۵/۵۲
ماده آلی	%	۰-۱۵	۰/۵۷	۱/۷۱	۰/۲۸	۱/۰۷	۰/۶۹	۲۶/۴۶
		۱۵-۳۰	۰/۶۱	۱/۴۱	۰/۲۲	۱/۰۵	-۰/۱۸	۲۰/۸۵
بعد فرکتال	-	۰-۱۵	۲/۷۲	۲/۸۶	۰/۳۶	۲/۸	-۰/۷	۱۲/۸۶
	-	۱۵-۳۰	۲/۷۶	۲/۸۴	۰/۰۲	۲/۸	۰/۵	۰/۷۱
تخلخل کل	%	۰- ۱۵	۴۶/۵۲	۵۷/۱۵	۲/۰۱	۵۲/۰۲	-۰/۰۲	۳/۸۷
		۱۵- ۳۰	۴۵/۶۸	۵۵/۵۵	۲/۶۹	۴۹/۸۱	۰/۵۲	۵/۴

در بین ویژگی‌های خاک اندازه‌گیری شده می‌توان دریافت که درصد سیلت در عمق سطحی با مقدار ۱۱/۶۴ دارای کم‌ترین ضریب تغییرات و درصد رس در عمق زیر سطحی ۲۰/۴۶ بیش‌ترین ضریب تغییرات می‌باشند. به نظر می‌رسد ضریب تغییرات کم به دلیل شرایط ذاتی خاک در منطقه مورد مطالعه باشد. در ادامه تجزیه و تحلیل‌های رگرسیون خطی برای تعیین قدرت روابط بین مقادیر بعد فرکتال توزیع اندازه ذرات و درصد شن، درصد سیلت، درصد رس، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، تخلخل و ماده‌ی آلی در لایه‌های ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک انجام شد. نتایج آماری به دست آمده در شکل‌های (۱) تا (۶) نشان داده شده است.

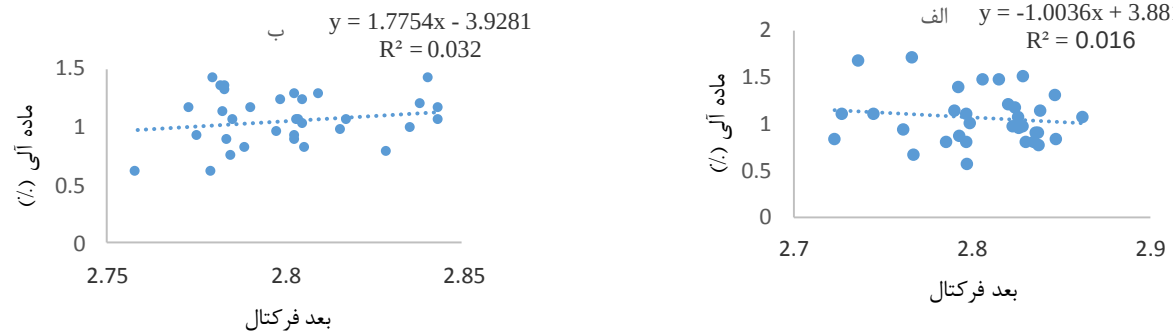
شکل ۱. رابطه بعد فرکتال با درصد رس خاک، الف) ۱۵-۰ سانتی‌متری، ب) ۳۰-۱۵ سانتی‌متری



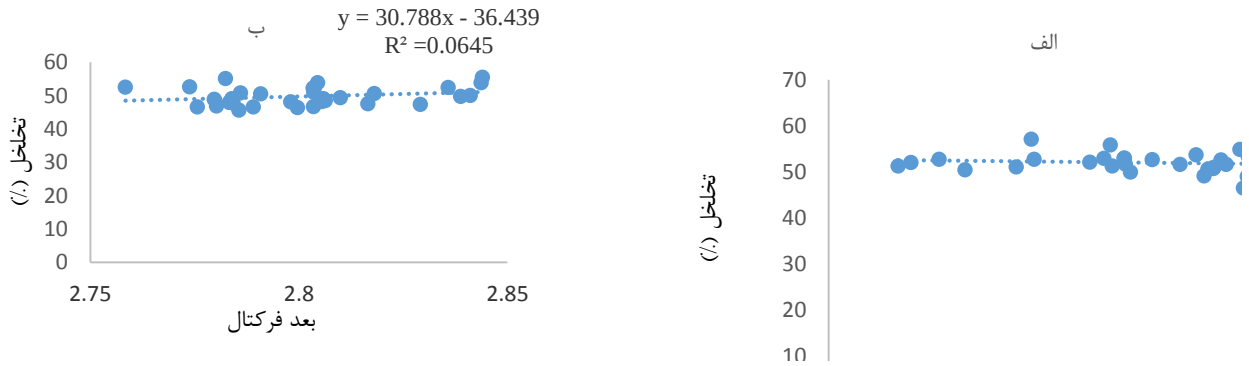
شکل ۲. رابطه بعد فرکتال با درصد سیلت خاک، الف) ۱۵-۰ سانتی‌متری، ب) ۳۰-۱۵ سانتی‌متری



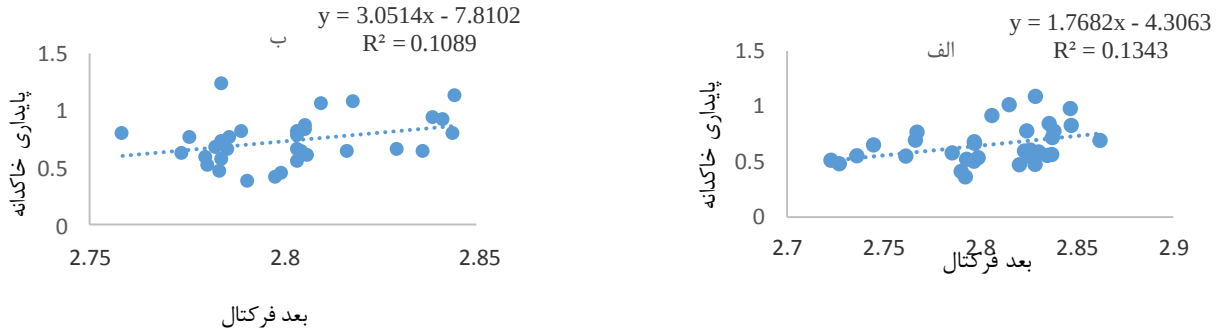
شکل ۳. رابطه بعد فرکتال با درصد شن خاک، الف) ۱۵-۰ سانتی‌متری، ب) ۳۰-۱۵ سانتی‌متری



شکل ۴. رابطه بعد فرکتال با درصد ماده آلی، الف) ۱۵-۰ سانتی‌متری، ب) ۳۰-۱۵ سانتی‌متری



شکل ۵. رابطه بعد فرکتال با تخلخل کل، الف) ۱۵-۰ سانتی‌متری، ب) ۳۰-۱۵ سانتی‌متری



شکل ۶. رابطه بعد فرکتال با پایداری خاکدانه، الف) ۱۵-۰ سانتی‌متری، ب) ۳۰-۱۵ سانتی‌متری

شکل‌های (۱) و (۳) نشان می‌دهند که بعد فرکتال رابطه‌ی قوی و مثبتی با مقدار رس خاک، رابطه‌ی منفی ولی نه چندان قوی با درصد شن خاک دارد، بنابراین می‌توان بیان کرد که خاک‌های با درصد رس بالاتر و شن کمتر، بعد فرکتال بزرگ‌تری دارند. مطالعات Liu و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که بعد فرکتال همبستگی مثبت و معنی‌داری با مقدار رس خاک ولی همبستگی منفی و معنی‌داری با مقدار شن دارد. مطالعات Deng و همکاران (۲۰۱۸) در خاک‌هایی با بافت‌های متفاوت نشان داد که بعد فرکتال با افزایش مقدار رس زیادتر شده و با افزایش مقدار شن کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان بیان داشت که ابعاد فرکتالی به فرایند درشت شدن بافت خاک حساس هستند. از این رو تجزیه و تحلیل بعد فرکتالی توزیع اندازه ذرات خاک رویکرد مفیدی برای کمی کردن و ارزیابی درجه تخریب خاک در میان انواع خاک‌های مشابه است (Xu و همکاران ۲۰۱۳؛ Su و همکاران ۲۰۰۴). از سوی دیگر رابطه‌ی قوی بین بعد فرکتال با درصد سیلت و ماده آلی خاک مشاهده نگردید (شکل ۲ و ۴). ولی مطالعات Yu و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که بعد فرکتال همبستگی معنی‌دار مثبتی با مقدار ماده آلی دارد، زیرا تجمع کربن آلی و عناصر غذایی، توسعه ساختمان خاک و برخی ویژگی‌های بیولوژیکی که طی فرایندهای خاکسازی رخ می‌دهند، با افزایش انتخابی ذرات ریز خاک همراه هستند. بر این اساس، ابعاد فرکتال بزرگ‌تر عمدتا نشان دهنده‌ی همبستگی بالای ذرات ریز خاک با مقدار ماده آلی می‌باشند. به نظر می‌رسد عدم مشاهده ارتباط قوی بین بعد فرکتال با ماده آلی می‌تواند ناشی از کم بودن مقدار فراوانی ماده آلی در منطقه مورد بررسی باشد. عدم مشاهده ارتباط قوی بعد فرکتال با درصد سیلت نیز می‌تواند به دلیل تفاوت در توزیع اندازه ذرات سیلت باشد (Kutlu و همکاران ۲۰۰۸). بعد فرکتال همبستگی مثبت و ضعیفی با پایداری خاکدانه نشان داد (شکل ۶). هم‌چنین همبستگی معنی‌داری با تخلخل کل خاک وجود مشاهده نشد (شکل ۵) که با نتایج Deng و همکاران (۲۰۱۷, b) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل‌های فرکتالی امکان استفاده‌ی کامل از اطلاعات توزیع اندازه ذرات خاک فراهم کرده و روش مفیدی برای کمی کردن و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ارائه می‌دهد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بعد فرکتال پارامتر مناسبی برای پیش‌بینی درصد رس و شن خاک یا به عبارتی بافت و توزیع اندازه ذرات اولیه خاک می‌باشد. با این حال بعد فرکتال با سایر ویژگی‌های مورد بررسی روابط قوی نشان نداد. با توجه به

اینکه نتایج مطالعات مختلف در این زمینه گاها در تضاد با یکدیگر هستند، لذا بررسی‌های بیش‌تر در اراضی و کاربری‌های مختلف با خاک‌هایی با توزیع اندازه ذرات متفاوت ضروری است.

منابع

Bird, N., Perrier, E. and Rieu, M. 2000. The water retention function for a model of soil structure with pore and solid fractal distributions. European Journal of Soil Science, 51, 55-63.

Birkhofer, K., SchoÈning I., Alt, F., Herold, N., Klarner, B. and Maraun, M. 2012. General relationships between abiotic soil properties and soil biota across spatial scales and different land-use types. Plos One, 7, 1-8.

Carter, M. R. and Gregorich, E. G. 2006. Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science, Second Edition.

Deng, J., Li, J., Deng, G., Zhu, H. and Zhang, R. 2017 a. Soil properties of Mongolian pine plantations in the Mu Us Desert, China. Scientific Report, 7, 1-14.

Deng, Y., Cai, C. H., Xia, D., Ding, SH. and Chen, J. 2017 b. Fractal features of soil particle size distribution under different land-use patterns in the alluvial fans of collapsing gullies in the hilly granitic region of southern China. Plos One, 12 (3), 1-21.

Deng, J., Ma, Ch. and Yu, H. 2018. Different Soil Particle-Size Classification Systems for Calculating Volume Fractal Dimension: A Case Study of Pinus sylvestris var. Mongolica in Mu Us Sandy Land, China. Applied Sciences, 8, 1872.

Ghanbarian, B. and Daigle, H. 2015. Fractal dimension of soil fragment mass-size distribution: A critical analysis. Geoderma, 245, 98-103.

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, 445-449.

Liu, X., Zhang, G. C., Heathman, G. C., Wang, Y. Q. and Huang, C. H. 2009. Fractal features of soil particle-size distribution as affected by plant communities in the forested region of Mountain Yimeng, China. Geoderma, 154 (1-2), 123-130.

Liu, Y. Y., Gong, Y. M., Wang, X. and Hu, H. 2013. Volume fractal dimension of soil particles and relationships with soil physical-chemical properties and plant species diversity in an alpine grassland under different disturbance degrees. Journal of Arid Land, 5(4), 480-487.

Su, Y. Z., Zhao, H. L., Zhao, W. Z. and Zhang, T. H. 2004. Fractal features of soil particle size distribution and the implication for indicating desertification. Geoderma, 122, 43-49.

Wei, Y. J., Wu, X. L. and Cai, C. F. 2015. Splash erosion of clay-sand mixtures and its relationship with soil physical properties: the effects of particle size distribution on soil structure. Catena, 135, 254-262

Xu, G., Li, Z. and Li, P. 2013. Fractal features of soil particle-size distribution and total soil nitrogen distribution in a typical watershed in the source area of the middle Dan River, China. Catena, 101, 17-23.

Yu, J., Lv, Xi., Bin, M., Wu, H., Du, S., Zhou, M., Yang, Y. and Han, G. 2015. Fractal features of soil particle size distribution in newly formed wetlands in the Yellow River Delta. Scientific Report, 5, 1-9.

.

Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

Study of fractal relationship with soil particle size distribution and some soil properties (Case study: Kuhin region)

Nik Ghalb Pour[*1], M., Daneshyar[2], M., Asadi[3], H.

[1] PhD. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran
[2] MSc Graduate, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Guilan, Iran
[3] Associate Professor, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, University of Tehran

Abstract

Soil particle distribution as an important factor is used for soil evaluation and its relation to other soil fractions. To assess relationships between the fractal dimensions and some physical and chemical properties, 33 points of 50-meter intervals along a landscape in Kuhin region (Research Station of Soil and Water Conservation of Tehran University) were selected. To measure soil physical and chemical properties, composite soil samples were collected from the surface (0-15cm) and subsurface (15-30cm) layers. Linear regression analyses were performed to determine the strength of the relationships between fractal dimension values and the percentage of clay, silt, sand, organic matter, mean weight diameter (MWD) and soil porosity. The statistical results show that the fractal dimension of PSD has a strong positive correlation with the clay percentage, a weak negative correlation with sand percentage and a weak positive correlation with MWD. Similar results were observed for both two soil layers. Therefore, fractal analyses can use as a useful method for quantifying and evaluation of soil physical and chemical properties.

Keywords: Organic matter, Soil degradation, Soil stability, Soil texture

[*] Corresponding author, Email: nikghalbpour@gmail.com