شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: پیدایش و رده‌بندی خاک

طبقه‌بندی کمی شکل منافذ خاک با استفاده از نرم‌افزار Image Tool

آیدا بخشی خرم‌دره[۱*]، احمد حیدری[۲]، محمدحسین محمدی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[۲] استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

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

چکیده

منافذ یکی از اجزاء اصلی ساختمان خاک را تشکیل می‌دهند. توزیع منافذ از نظر اندازه و شکل بیش‌ترین تاثیر را در کیفیت ساختمان خاک دارد. شیوه مطالعه منافذ خاک عاملی تعیین کننده در صحت داده‌های به دست آمده است. میکرومورفولوژی خاک با ارائه روش‌های تجزیه و تحلیل تصویر که امکان مطالعه مستقیم ساختمان خاک را فراهم می‌کند یکی از مهمترین روش‌های مطالعه دقیق ساختمان خاک و به‌ویژه خصوصیات منافذ خاک است. در این پژوهش طبقه‌بندی کمی شکل منافذ خاک با تجزیه و تحلیل تصویر دو بعدی نمونه‌های دست نخورده و تلقیح شده و با استفاده از نرم‌افزار Image Tool انجام شد. منافذ درشت و متوسط خاک در ۵ کلاس طبقه‌بندی شدند و نمودار فراوانی منافذ در هریک از کلاس‌های تعیین شده مورد مقایسه و تفسیر قرار گرفت. نتایج این پژوهش بر رد فرض گرد بودن سطح مقطع منافذ خاک دلالت داشت و نشان داد بیش‌ترین منافذ خاک‌های مورد مطالعه را منافذ کشیده تشکیل می‌دهند. بررسی نتایج این پژوهش بر لزوم بازنگری در رابطه با شیوه مطالعه ساختمان خاک تاکید دارد و نیز اصلاح فرضیات و بهبود معادلات مربوط به فرایندهای خاکی را ضروری می‌سازد.

کلمات کلیدی: ساختمان خاک، تجزیه و تحلیل تصویر، شکل منافذ.

مقدمه

میکرومورفولوژی خاک یک روش کاربردی است که امکان تهیه تصاویر دیجیتال با قابلیت تفکیک بالا و پردازش و تحلیل تصاویر را فراهم می‌سازد (Pires et al., 2009). تجزیه و تحلیل دوبعدی به دلیل هزینه کم و دسترسی راحت به صورت متعدد در مطالعه تخلخل خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد (Passoni et al., 2014). همین طور تجزیه و تحلیل تصویر حاصل از مقاطع نازک خاک به عنوان روشی با بازده مناسب در زمینه ارزیابی ساختمان خاک معرفی شده است (Cooper et al., 2016). مشاهده مستقیم منافذ خاک از نظر درک چگونگی تاثیر عملیات مدیریتی بر خصوصیات فیزیکی خاک اهمیت دارد (Rasa et al., 2012). در واقع کاربرد اصلی میکرومورفولوژی خاک در بحث ساختمان، بررسی نحوه تاثیر عملیات کشت و کار و سامانه مدیریت خاک بر خصوصیات فیزیکی خاک از جمله تراکم (Castilho et al., 2015) و اندوده سطحی (Bagheri et al., 2012) است. مواد طبیعی ازجمله خاک معمولاً بر اساس شکل منافذ یا ذرات و توزیع اندازه‌ای این اجزا که با استفاده از روش‌ها و ابزاری مشخص تعیین می‌گردند شناسایی می‌شود (Schmitt et al., 2016). با این حال، تعیین اندازه و شکل منافذ که جزو ویژگی‌های کلیدی در محیط‌های متخلخل است همواره با عدم قطعیت همراه است (Bagheri et al., 2015). به دلیل اهمیت شکل منافذ در انتقال مواد در محیط‌های متخلخل ازجمله خاک (Wiedenmann et al., 2013) تحقیقاتی به منظور طبقه‌بندی شکل منافذ خاک در تصاویر دو بعدی انجام گرفته است (Passoni et al., 2014; Cooper et al., 2016). همچنین اطلاع از شکل منافذ در کنترل نحوه جریانات زیرزمینی حائز اهمیت است (Schmitt et al., 2016) و نیز بسیاری از خصوصیات ازجمله نفوذپذیری، هدایت الکتریکی و خاصیت موییینگی وابستگی مستقیمی به شکل منافذ دارد (Buller et al., 1990). با این وجود، طبقه‌بندی شکل منافذ عمدتاً به صورت کیفی انجام گرفته است (Passoni et al., 2014; Cooper et al., 2016) و این در حالی است که کسب آگاهی از نحوه طبقه‌بندی کمی منافذ در محیط خاک در عین ضرورت می‌تواند بسیار راهگشا باشد. در مطالعات خاکشناسی به‌ویژه فیزیک خاک، به ناچار همواره فرض بر این است که سطح مقطع منافذ دارای شکل گرد هستند (Assouline and Rouault, 1997).

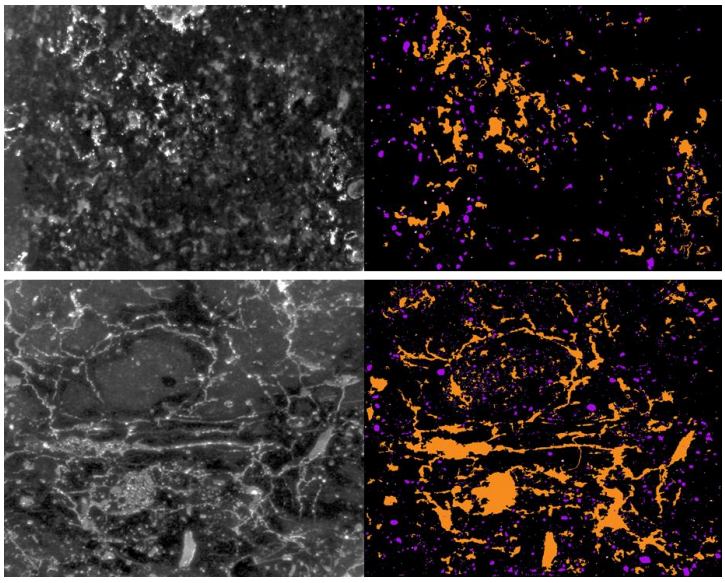
* ایمیل نویسنده مسئول: aida_bakhshi@ut.ac.ir

نرم افزار آنالیز تصویر اجازه می‌دهد کاربر اطلاعات بخصوصی را از یک تصویر استخراج کند و نرم‌افزار رایگان و در دسترس Image Tool یکی از نرم‌افزارهایی است که قادر به استخراج اطلاعات کمی از منافذ خاک در تصاویر دو بعدی می‌شود. این نرم افزار قادر است اجزای مختلف خاک از جمله منافذ را از نظر شکل، اندازه، جهت‌گیری، کشیدگی و غیره طبقه‌بندی کند بنابراین، هدف از انجام این پژوهش طبقه‌بندی کمی منافذ در عمق‌های مختلف چند خاکرخ بر اساس روش تجزیه و تحلیل تصویر مقاطع نازک و به‌وسیله نرم‌افزار Image Tool است.

مواد و روش‌ها

درسال ۱۳۹۵-۱۳۹۴، ۳۸ نمونه دست نخورده از مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران با استفاده از استوانه‌های استاندارد نمونه‌برداری و جعبه‌های کوبینا[1] تهیه گردید. مختصات جغرافیایی منطقه در حدود "۰۸ '۵۸ °۵۰ طول شرقی و "۳۵ '۴۸ °۳۵ عرض شمالی واقع شده است. هفت خاکرخ که از ۱ تا ۷ نام‌گذاری شده‌اند مورد مطالعه خاکشناسی قرار گرفت. داده‌های ورودی به نرم‌افزار Image Tool از نمونه‌های خاک دست نخورده‌ای استخراج گردید که ابتدا خشک شده و سپس در کارگاه میکرومورفولوژی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران تلقیح گردید. مایه تلقیح شامل رزین پلی‌استر و غلظت‌های مشخصی از کاتالیزور، سخت کننده، استون و ماده رنگی فلورسنت است مطابق با روش Castro et al. (۲۰۰۳) فراهم شد. برای بهبود شرایط تلقیح، اضافه کردن مایه تلقیح در چند مرحله انجام شد و در هر مرحله نمونه‌ها درون دسیکاتور قرار گرفت تا از خروج هوا و جایگزینی مایه تلقیح با هوای محبوس شده اطمینان حاصل شود. پس از گذشت زمان کافی و سخت شدن نمونه‌های خاک تلقیح شده، عملیات سایش و برش و تصویربرداری با دوربین دیجیتال تحت نور UV به صورت متناوب انجام شد. سپس تصاویر استخراج شده وارد نرم‌افزار Image Tool شد تا طبقه‌بندی کمی و تجزیه و تحلیل تصاویر در آن انجام شود. نرم‌افزار Image Tool تصاویر دریافتی را پس از تشخیص منافذ و پرسش صحت سنجی از کاربر در رابطه با شناسایی انجام شده، به صورت سیاه و سفید آستانه‌بندی کرده و بخش تخلخل خاک را از بخش جامد جدا می‌کند. در این پژوهش پس از آستانه‌بندی تخلخل خاک، از افزونه طبقه‌بندی شکل منافذ برای انجام طبقه‌بندی مورد نظر استفاده شد. برای این منظور منافذ در کلاس‌های مختلف گردی که با اعداد شاخص ۰/۰۱ تا ۱۰ نمایش داده می‌شود قرار گرفت. در نهایت داده‌های مربوط به کلاس‌دهی منافذ هر تصویر به صورت یک فایل Excel ذخیره و تحلیل‌های لازم با استفاده از نسخه ۲۰۱۶ این نرم‌افزار صورت پذیرفت. لازم به ذکر است که روش‌های تجزیه و تحلیل تصویر تنها قادر به مشاهده منافذ درشت[2] و متوسط[3] است و منافذ ریزتر فراتر از توان مشاهده میکروسکوپ‌های نوری است (Bullock et al., 1985). بنا بر عقیده Bullock et al. (۱۹۸۵) منافذ متوسط دارای قطری حدود ۵۰ تا ۵۰۰ میکرومتر و هستند و منافذ درشت در دامنه ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ میکرومتر قرار می‌گیرند. بنابراین، در این پژوهش منظور از منافذ کل، منافذ ناشی از ساختمان منحنی مشخصه آب خاک (SWC[4]) است که در دامنه قطر ۵۰ تا ۵۰۰۰ میکرومتر قرار می‌گیرد و بنا بر معادله لاپلاس (معادله ۱) تا مکش حدود ۶۰ سانتی‌متر را در SWC پوشش می‌دهد. در (شکل ۱) دو نمونه از تصاویر سیاه و سفید و کلاس‌دهی شده توسط نرم‌افزار Image Tool مشاهده می‌شود که تصاویر را بعد از قرار دادن در هر کلاس، با رنگ‌های نارنجی (کلاس ۰/۵ – ۰/۰۱) بنفش (کلاس ۱ – ۰/۵)، بنفش کم‌رنگ (کلاس ۲ - ۱)، آبی (کلاس ۵ - ۲) و سبز (کلاس ۱۰ - ۵) نمایش می‌دهد.

[1] - Kubiena box
[2] - Macropores
[3] - Mesopores
[4] - Soil Water Characteristic Curve



شکل ۱. نمونه‌ای از تصاویر سیاه و سفید و کلاس‌دهی شده توسط نرم افزار Image Tool

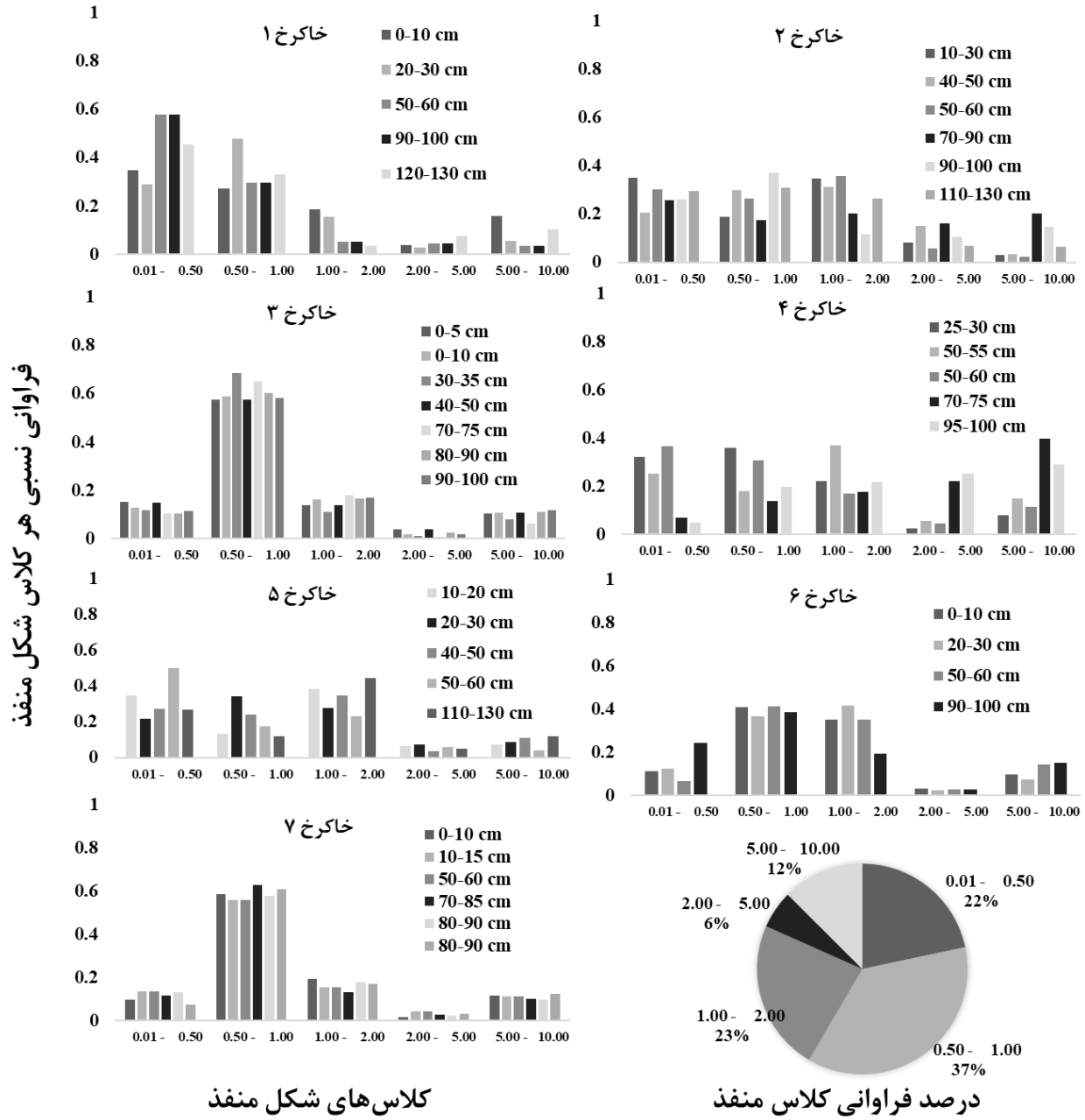
نتایج و بحث

۵ کلاس شکل (گرد شدگی[1]) منافذ شامل ۰/۵ - ۰/۰۱، ۱ - ۰/۵، ۲ – ۱، ۵ – ۲ و ۱۰ – ۵ به صورت بدون بعد[2]در نرم‌افزار Image Tool تعریف شد. به طوری که، هرچه کلاس گردشدگی منفذ نزدیک به ۱۰ باشد، بیش‌ترین شباهت را به یک منفذ با سطح مقطع گرد دارد و بالعکس حفرات دارای کلاس گردی نزدیک به ۰/۰۱ نیز شبیه یک منفذ صفحه‌ای بودند. بررسی منحنی‌های فراوانی در (شکل ۲) نشان داد در همه عمق‌ها و خاکرخ‌های مطالعه شده بیش‌ترین منافذ در کلاس‌های شکل کم‌تر از ۲ قرار داشتند. به عبارتی نه‌تنها در خاک‌های مورد مطالعه بیش از ۸۰ درصد منافذ ناشی از ساختمان فاصله قابل ملاحظه‌ای از شکل گرد دارند بلکه اغلب آن‌ها کشیده[3]و شبیه به منفذ صفحه‌ای هستند. با توجه به تاثیر قابل ملاحظه‌ای که منافذ ناشی از ساختمان خاک بر فرایندهای جریان آب دارند (Beven and Germann, 2013) مطالعه دقیق خصوصیات هندسی آن‌ها ازجمله شکل منافذ حائز اهمیت است. با توجه به این‌که تنها ۱۲ درصد از سطح مقطع کل منافذ ناشی از ساختمان خاک در نمونه‌های مورد مطالعه، نزدیک به گرد هستند، در نتیجه‌ی این پژوهش فرضیه کروی بودن تمام منافذ خاک (Assouline and Rouault, 1997) با قاطعیت رد می‌شود. فرض گرد بودن سطح مقطع منافذ، مطالعات پایه‌ای[4]ساختمان خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد و در نتیجه ضروری است تا تحقیقات در زمینه مشاهده مستقیم منافذ توسعه یابد تا مسیر جدیدی برای انجام مطالعات صحیح و دقیق در رابطه با ساختمان، تخلخل و فرایندهای مربوط به آن‌ها ازجمله نفوذ آب در خاک، توسعه ریشه و انتقال آب، گازها و املاح (Schmitt et al., 2016). گشوده شود. در مطالعات فیزیک خاک، پس از تعیین SWC اقدام به تخمین منحنی توزیع اندازه‌ای منافذ (PoSD[5]) می‌شود که برای این تبدیل از معادله لاپلاس ساده شده (معادله ۱) استفاده می‌شود. لزوم صحت نتایج این معادله گرد بودن سطح مقطع منافذ تشکیل دهنده خاک است. این در حالی است که نتایج این پژوهش این فرض را رد و به‌علاوه بر صفحه‌ای بودن اغلب منافذ خاک‌های کشاورزی مورد مطالعه تاکید می‌کند.

$$h = \frac{0.3}{d}$$ معادله (۱)

در این معادله h و d به ترتیب مکش ماتریک و قطر منفذ بر حسب (سانتی‌متر) است.

[1] - Roundness
[2] - Dimensionless
[3]- Elongated
[4] - Basic
[5] - Pore Size Distribution



شکل ۲. منحنی‌های فراوانی شکل منفذ در هر خاکرخ خاک مورد مطالعه و منحنی فراوانی هر کلاس منفذ نسبت به کل منافذ مشاهده شده در مجموع تصاویر

عمده منافذ درشت دارای شکل کشیده و صفحه‌ای هستند (شکل ۱) و Image Tool آن‌ها را در کلاس گردشدگی کم‌تر از ۲ قرار می‌دهد، به طوری که کلاس مربوط به منافذ گرد به سختی در تصاویر قابل مشاهده است. بنابراین اگر فراوانی منافذ موجود در کلاس‌های مختلف شکل حفرات بر اساس مساحت آن‌ها به دست آید آن‌گاه نسبت منافذ گردشده به کشیده بسیار ناچیز خواهد بود. به‌علاوه منافذ درشت در فرایندهای انتقال آب و املاح نقش اصلی را ایفا می‌کنند (Jarvis, 2007) و این اهمیت منافذ صفحه‌ای را که بیش‌ترین درصد تخلخل درشت خاک را تشکیل می‌دهند دوچندان می‌کند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش بر اساس روش‌های میکرومورفولوژی و به‌وسیله نرم‌افزار Image Tool مطالعه‌ای در رابطه با تخلخل خاک انجام شد. یافته ابتدایی این است که نرم‌افزار Image Tool قادر است علاوه بر مشاهده حفرات درشت و حفرات متوسط، آن‌ها را از نظر شکل طبقه‌بندی نماید. یافته بعدی این پژوهش رد قاطعانه فرض گرد بودن سطح مقطع منافذ ناشی از ساختمان خاک است که بر غالبیت حفرات صفحه‌ای و کشیده تاکید می‌کند که در رابطه با فرایندهای مرتبط با آب حائز اهمیت اند. این دو یافته در مجموع سمت و سویی به تحقیقات آینده می‌دهد که اولاً موجب استفاده از روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل تصویر برای مشاهده مستقیم منافذ خاک می‌شود و ثانیاً با آگاهی بر نحوه توزیع شکل منافذ خاک، روش‌ها و الگوهای جدید و مناسبی را برای تخمین فرایندهای مرتبط با ساختمان خاک پدید می‌آورد. شدت اختلافات مشاهده شده از فرض گرد بودن سطح مقطع منافذ خاک، پیش‌بینی چنین چشم انداز تحقیقاتی را در علوم خاک اجتناب ناپذیر می‌کند.

منابع

Assouline, S. and Rouault, Y., 1997. Modeling the relationships between particle and pore size distributions in multicomponent sphere packs: Application to the water retention curve. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *127*(1-3), pp.201-210.

Bagheri, G.H., Bonadonna, C., Manzella, I. and Vonlanthen, P., 2015. On the characterization of size and shape of irregular particles. *Powder Technology*, *270*, pp.141-153.

Bagheri, I., Kalhori, S.B., Akef, M. and Khormali, F., 2012. Effect of compaction on physical and micromorphological properties of forest soils. *American Journal of Plant Sciences*, *3*(1), pp.159-163.

Beven, K. and Germann, P., 2013. Macropores and water flow in soils revisited. *Water resources research*, *49*(6), pp.3071-3092.

Buller, A.T., Berg, E., Hjelmeland, O., Kleppe, J., Torsaeter, O. and Aasen, J.O., 1990. North Sea Oil and Gas Reservoirs–II. *Graham and Trotman, London*, *234237*.

Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G. and Tursina, T., 1985. *Handbook for soil thin section description*. Waine Research.

Castilho, S.C.D.P., Cooper, M. and Silva, L.F.S.D., 2015. Micromorphometric analysis of porosity changes in the surface crusts of three soils in the Piracicaba region, São Paulo State, Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, *37*(3), pp.385-395.

Castro, S.S., Cooper, M., Santos, M.C. and Vidal Torrado, P., 2003. Soil micromorphology: concepts and applications. *Topics in Soil Science*, *3*, pp.107-164.

Cooper, M., Boschi, R.S., Silva, V.B.D. and Silva, L.F.S.D., 2016. Software for micromorphometric characterization of soil pores obtained from 2-D image analysis. *Scientia Agricola*, *73*(4), pp.388-393.

Jarvis, N.J., 2007. A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: Principles, controlling factors and consequences for water quality. *European Journal of Soil Science*, *58*(3), pp.523-546.

Passoni, S., Borges, F.D.S., Pires, L.F., Saab, S.D.C. and Cooper, M., 2014. Software Image J to study soil pore distribution. *Ciência e Agrotecnologia*, *38*(2), pp.122-128.

Pires, L.F., Reichardt, K., Cooper, M., Cássaro, F.A., Dias, N.M. and Bacchi, O.O., 2009. Pore system changes of damaged Brazilian oxisols and nitosols induced by wet-dry cycles as seen in 2-D micromorphologic image analysis. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, *81*(1), pp.151-161.

Rasa, K., Eickhorst, T., Tippkötter, R. and Yli-Halla, M., 2012. Structure and pore system in differently managed clayey surface soil as described by micromorphology and image analysis. *Geoderma*, *173*, pp.10-18.

Schmitt, M., Halisch, M., Müller, C. and Fernandes, C.P., 2016. Classification and quantification of pore shapes in sandstone reservoir rocks with 3-D X-ray micro-computed tomography. *Solid Earth*, *7*(1), pp.285-300.

Wiedenmann, D., Keller, L., Holzer, L., Stojadinović, J., Münch, B., Suarez, L., Fumey, B., Hagendorfer, H., Brönnimann, R., Modregger, P. and Gorbar, M., 2013. Three-dimensional pore structure and ion conductivity of porous ceramic diaphragms. *AIChE Journal*, *59*(5), pp.1446-1457.

Topic for submission: Soil Genesis and Classification

Quantitative classification of soil pores shape by using of Image Tool software

Bakhshi-Khorramdarre*[1], A., Haidari[2], A., Mohammadi[3], M.H.

[1] Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran
[2] Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran
[3] Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran

Abstract

Pores are one of the main components of the soil structure. The pores size and shape distribution has the greatest impact on the soil structural quality. The method of studying soil pores is a determining factor in the accuracy of the provided data. Soil micromorphology is one of the most important ways to accurately study the soil structure, especially the properties of the pores, by providing image analysis methods that directly study soil structure. In this study, quantitative classification of soil pores shape was done by two-dimensional image analysis of undisturbed and impregnated soil samples. Image analysis was performed using *Image Tool* Software. The coarse and medium soil pores were classified in 5 classes and the frequency of the pores in each of the classes was compared and interpreted. The results of this study were to deny the assumption of the sphericality of soil pores cross section and showed that the most of the studied soil pores are elongated. The results of this study emphasize that the soil structure study need for a revise and it also make essential the modifying of assumptions and improving the equations that related to soil processes.

Keywords: Soil Structure, Image Analysis, Pores shap.

* Corresponding author, Email: aida_bakhshi@ut.ac.ir