محور مقاله: کیفیت خاک و مدیریت پایدار خاک

برای تخمین پخشیدگی گاز در خاکU-WLR Modelاستفاده از معادله

مصلح‌الدین رضایی[۱] و مجتبی فتحی [۱]

بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران،

چکیده

بررسی بسیاری از واکنشهای در خاک از قبیل شبیه سازی و تبادل اکسیژن و گاز کربنیک نیازمند تعیین ضریب پخشیدگی گاز در خاک می‌باشد. در این مطالعه ضریب پخشیدگی گاز بر روی سه نمونه ستون خاک لومی در تخلخل‌های ۰/۱۲۵، ۰/۱۵۰ و ۰/۱۷۵، پخشیدگی گاز در خاک به کمک معادله U-WLR Model تخمین زده شد. مقادیر Dp/Do اندازه‌گیری شده در رطوبت‌های بیش از اشباع خاکدانه‌ها و باشروع پر شدن خلل و فرج بین خاکدانه‌ها توسط آب به علت کاهش غیر متناسب سطح گردن‌های خلل و فرج بین خاکدانه‌ها همراه با کاهش تخلخل تهویه‌ای بشدت کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: رفتار گازها در خاک، تخمین پخشیدگی، تخلخل تهویه‌ای، **U-WLR Model**

مقدمه

بررسی بسیاری از واکنشهای در خاک نیازمند تعیین ضریب پخشیدگی گاز در خاک می‌باشد. شبیه سازی و تبادل اکسیژن (O2) و گاز کربنیک (Co2) بین نیوار و خاک، توزیع دوباره مواد شیمیایی فرار که برای کنترل بیماری‌ها و آفات بکار می‌رود و حرکت بخار آب در خاک از آن جمله‌اند. همچنین نتایج اندازه‌گیری انتشار و حرکت توده‌ای گاز در خاک می‌تواند عوامل کلیدی در ساختمان خاک را نشان دهد (Eden و همکاران، ۲۰۱۲).

پخشیدگی گاز در خاک بعلت کم شدن سطح قابل استفاده و افزایش طول مسیر حرکت ملکولی کندتر از محیط آزاد می‌باشد. ضریب پخشیدگی گاز در خاک بصورت Dp/Do که در آن Dp و Do بترتیب ضریب پخشیدگی گاز در خلل و فرج خاک و محیط آزاد می‌باشند Dp/Doو تخلخل تهویه‌ای (εa) با هم کاهش می‌یابند.

ضریب پخشیدگی گاز در خاک (Dp/Do) قابلیت جسم متخلخل را جهت انتقال گاز بصورت پخشیدگی بیان می نماید و در دامنه وسیعی مستقل از گاز نفوذ کننده بوده و در برگیرنده اثرات تخلخل، ضریب اعوجاج و پیوستگی خلل و فرج می‌باشد (کاری، ۱۹۸۴). ضریب اعوجاج مستقل از تخلخل نبوده و معمولا با افزایش تخلخل کاهش می‌یابد. میزان مؤثر بودن واحد حجم خلل و فرج برای پخشیدگی برابر است با Dp/(Doεa) و نشان دهنده کسری از خلل و فرج بصورت یک کانال مستقیم بوده که در آن گاز بدون مانع می‌تواند پخش گردد (Marshall ، ۱۹۶۲).

شکل ذرات و توزیع مکانی خلل و فرج به واسطه اثرات خود بر شکل هندسی خلل و فرج که خود ضریب اعوجاج و پیوستگی خلل و فرج را تعیین می کند بر پخشیدگی گاز در خاک اثر گذار است. هر چه خاک دانه ها کروی تر و کمتر ورقه‌ای شکل باشند مقدار Dp/Do در یک مقدار مساوی (εa) بیشتر است (دی-ورز، ۱۹۵۰). بعلت تعدیل شکل هندسی خلل و فرج به وسیله آب در خاک‌های مرطوب، شکل هندسی خلل و فرج اثر کمتری بر ضریب پخشیدگی نسبت به خاک‌های خشک دارد. کاری و روز (۱۹۸۵) Dp/Do را در نمونه‌های خرده سنگ‌های پورتلند که دارای توزیع سه گانه خلل و فرج بود اندازه‌گیری نمودند. کاهش Dp/Do در مقابل کاهش εa در سه بخش که بترتیب مطابق با زهکشی هریک از کلاس‌های خلل و فرج بود انجام

[1] * ایمیل نویسنده مسئول: mjtb.fathi@gmail.com

گردید. بیوجاسک و همکاران (۱۹۸۳) Dp/Do را برای خاک رسی اندازه گیری نمودند با ظاهر شدن شکاف‌های حاصله از انقباض خاک افزایش Dp/Do برابر با افزایش εa کزارش گردید.

تراکم و خیس نمودن خاک هر دو باعث کم شدن خلل و فرجی که گاز از درون آنها انتشار پیدا می‌کند می شوند. لیکن آب بعلت دارابودن کشش سطحی زیادتر نسبت به هوا، خلل و فرج کوچکتر و هوا خلل و فرج بزرگتر را اشغال می‌کند. راست و همکاران (۱۹۷۵) Dp/Do را برابر با ۰/۶εa+۰/۰۴ و ۰/۶۸εa-۰/۰۱ به ترتیب برای مواد خشک و مرطوب گزارش نموده و نتیجه گرفتند که Dp/Do برای مواد خشک بیشتر از مواد مرطوب در تخلخل یکسان است. کاری (۱۹۸۴) Dp/Do را در ستون خاک با خاکدانه‌های ۱ تا ۲ میلیمتری در ۵ سطح تراکم خاک مرطوب و در دامنه رطوبت اشباع تا خشکی (در مجاورت با P2O5) اندازه‌گیری نمود. Dp/Do با εa در دو بخش کاهش یافت، مرحله اول پر شدن خلل و فرج درون خاکدانه‌ها و در مرحله دوم پر شدن خلل و فرج بین خاکدانه‌ها. محل تقاطع این رابطه دو قسمتی بسمت تخلل کمتری با افزایش تراکم میل نمود. بیشترین مقدار تخلخلی که در آن Dp/Do بسمت صفر میل می‌کند در پوک ترین خاک مشاهده شد. برای تمامی سطوح تراکم و در دامنه εa> ۵ εa(تخلخل در ۵- کیلو پاسکال) رابطه (εa-۰/۰۱۱۵) Dp/Do=۰/۰۶۰۸ و پس از اشباع شدن درون خاکدانه‌ها رابطه نمایی بصورت Dp/Do=aεab حاصل گردید. مقدار b برای خاک غیر فشرده برابر با ۰/۶ و با افزایش تراکم از ۹.۸۷ به ۲.۶۷ کاهش پیدا نمود. برای هر سطح فشردگی کاهش Dp/Do در واحد حجم خلل و فرج داخل خاکدانه ها کمتر از خلل و فرج بین خاکدانه‌ای بود. لیکن تراکم و مرطوب شدن بین خاکدانه‌ها موجب کاهش مشابهDp/Do شدند.

بعلت در هم آمیختگی و پیچیدگی سیستم خلل و فرج و اثرات متقابل رطوبت و خواص مختلف خاک، استفاده از مدلهای ریاضی جهت تعیین میزان پیوستگی خلل و فرج جهت تعیین ضریب پخشیدگی گاز در خاک مورد توجه واقع شده است. Moldrup و همکاران (۲۰۱۲) معادله Dp/Do= εa^((1+Cm*Φ)*(εa/Φ)) را جهت تخمین پخشیدگی گاز در خاک ارائه نمودند که Cm ضریب پیچیدگی (Complexity) factor وΦ تخلخل کل خاک است.

مواد و روشها

خاک مورد مطالعه silty clay loam (۳۵٪ رس، ۶۰٪ سیلت و ۵٪ شن) با ساختمان ضعیف Blocky، Subangular (fine montmorillonyic mesic, Molic Ochraqualf) بود. نمونه‌های خاک به آرامی در بر روی میز آزمایشگاه بوسیله دسته هاونی که در ته آن یک قطعه پلاستیکی تعبیه شده بود کوبیده شد. سپس خاک از الک ۲ میلیمتری عبور داده شد و خاک باقی مانده بر روی الک مورد استفاده قرار گرفت.برای پخشیدگی در طول ستون خاک دراستوانه برنجی با قطر داخلی ۵/۳۵ سانتیمتر و بطول ۴ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. یک طرف انتهای ستون نمونه خاک قبل از ریختن خاک در درون آن بوسیله یک توری نازک پوشیده شد. توری بعد از مرطوب نمودن خاک و قبل از اندازه گیری ضریب پخشیدگی گاز در خاک برداشته می‌شد. همچنین بعلت آماس خاک، استوانه فقط،تا ارتفاع ۳۷ میلی‌متری از خاک پر می‌شد و بعد از جذب آب کل استوانه را پر می‌نمود. نمونه‌های خاک در سه مرحله که در هر مرحله یک سوم اراخاک پر و با ضربه متوالی تحکیم داده شد. جرم مخصوص ظاهری و حقیقی نمونه حاصله بترتیب برابر با ۱/۰۸و با ۲/۶۲ $gr.cm^{-3}$ بود.ضریب پخشیدگی گاز بر روی سه نمونه در تخلخل‌های ۰/۱۲۵، ۰/۱۵۰ و ۰/۱۷۵، اندازه‌گیری گردید. نمونه‌ها جهت خیس خوردن و مرطوب شدن بر روی یک جعبه مکش شنی قرار که در ۵- سانتیمتر پتانسیل آب تنظیم شده بود، با محلول ۸۳ و ۱۷/۵ میلی‌اکیوالانت در لیترکلرور کلسیم وکلرور منیزیم جهت جلوگیری از حبس هوا و پراکندگی خاکدانه‌ها به آرامی خیس گردید. در طول مدت خیس شدن خاک جهت جلوگیری از فعالیت میکروبی خاک محلولی شامل ۱/۳ تالوئین و ۲/۳ الکل متیکیک استفاده شد. تخلخل‌های مورد نظر با قرار دادن نمونه در هوای آزاد بر روی یک ترازوی با دقت ۰/۱۰ گرم بدست آمد. در این مطالعه Do از جداول استاندارد گاز ردیابی شده (اکسیژن در هوا) در محیط آزاد به ذست آمد.

نتایج و بحث

مقدار تعیین شده Dp/Do در این مطالعه نشان می‌دهد که Dp/Do رطوبت‌های بیش از اشباع خاکدانه‌ها و باشروع پر شدن خلل و فرج بین خاکدانه‌ها توسط آب به علت کاهش غیر متناسب سطح گردن‌های خلل و فرج بین خاکدانه‌ها همراه با کاهش تخلخل تهویه‌ای بشدت کاهش می‌یابد.

مقادیر Dp/Do در تخلخل‌های ۰/۱۲۵، ۰/۱۵۰ و ۰/۱۷۵، بتـــرتیب برابر ۳-۱۰x۵/۳(cv=٪۱۸)، ۳-۱۰x۱۸/۸ (cv=٪۱۲) و ۳-۱۰x۴۳/۹ (cv=٪۱۰) بدست آمد. برسی مدل Moldrup و همکاران (۲۰۰۰)، ((Dp/Do= εa^((1+Cm*Φ)*(εa/Φ)) در سه طوبت مورد مطالعه نشان داد که مقادیر Cm برای εa بترتیب برابر با ۰/۱۴. ، ۰.۱۶ و ۰/۲ می‌باشد.

کاری (۱۹۸۴) علت کاهش شدید سطح مقطع مؤثر در پخشیدگی که با کاهش تخلخل تهویه‌ای در بعد از اشباع شدن خلل و فرج داخل خاکدانه‌ها رخ می‌دهد را در اثر کاهش سطح گردن‌های حفرات عاری از آب در مقایسه با کاهش کمتر تخلخل کل بیان می‌نماید، که این اثر همراه با آماس خاک تشدید می‌گردد. میلینگتون و کورک (۱۹۶۰) این رفتار را به کاهش احتمال اتصال و پیوستگی خلل و فرج با یکدیگر همراه با کاهش تخلخل نسبت می‌دهند.

منابع

Aachib, M., Mbonimpa, M., and Aubertin, M. 2002. Measurement and predicting of the oxygen diffusion coefficient in partly saturated porous media. Submitted for publication, Journal of Environmental Engineering and Science.

Brooks, R.H., and Corey. A.J. Hidraulic properties of porous media. Hydrol. Paper 3, Colo. State Univ., Fort Collins, CO. 1964.

Lange S.F., Allaire S.E., Rolston D.E. 2009. Soil-gas diffusivity in large soil monoliths. Eur J Soil Sci. 60:1065-1077.

Marshall, T.J. 1959. The diffusion of gases through porous media. J. Soil Sci., 10:79-82.

Mbonimpa, M., Aubertin, M., Aachib, M., et Bussière, B. 2001. Oxygen diffusion and consumption in unsaturated cover materials. Submitted for publication to the Canadian Geotechnical Journal.

Moldrup, P., T. Olesen, J. Gamst, P. Schjønning, T. Yamaguchi, and D.E. Rolston. 2000. Predicting the gas diffusion coefficient in repacked soil: Water-induced linear reduction model. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:1588–1594.

Moldrup, P., T.K.K. Chamindu Deepagoda, S. Hamamoto, T. Komatsu, K. Kawamoto, D. E. Rolston, and L.W. de Jonge. 2012. Predicting the soil-gas diffusion coefficient in repacked and intact soil: A universal, water-induced linear reduction model. Soil Sci. Soc. Am. J.

Moldrup, P., T.K.K. Chamindu Deepagoda, S. Hamamoto, T.Komatsu, K. Kawamoto, D. E. Rolston, and L.W. de Jonge. 2012. Predicting the soil-gas diffusion coefficient in repacked and intact soil: A universal, water-induced linear reduction model. Soil Sci. Soc. Am. JSallam, A., Jury, W.A., and Letey, J. 1984. Measurement 4 of gas diffusion coefficient under relatively low air filled porosity. Soil Science Society of America Journal 48: 3-6.

Shackelford, C.D. 1991. Laboratory diffusion testing for waste disposal. A review. J. Contam. Hydrol. 7:177- 217.

Shair, F.H. and Cohen, D.S. 1969. Transient ordinary and forced diffusion in a tube connecting stirred-tank end bulbs of finite size. Chem. Eng. Sci., 24:39-48.

Shearer, R.C., and Millington, R.J. Diffusion in aggregated porous media. Soil Sci. 111:372-378., 1971.

Talbot, A. 1979. The accurate numerical integration of Laplace transforms. Journal Inst. Maths. Applics., 23:97-120.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Quality and Sustainable Soil Management

Estimation of Soil Gas Diffusionn using U-WLR Model

Mosleh_Edin Rezaii and Mojtaba Fathi [*1]

Soil and water research department, Isfahan agricultural and natural resources research and education center, AREEO, [1and2] Isfahan, Iran

Abstract

Determination of soil gas diffusion coefficient is necessary in many reactions in soil such as oxygen and carbon dioxide simulating studies. In this study, the gas diffusion coefficient was measured on three samples of loamy soil columns in porosity of 0.015, 0.150 and 0.175. The distribution of gas in the soil was estimated using the U-WLR Model equation. The results showed that Dp / Do values measured in moisture content less than soil saturation water is greatly reduced due to the reduction of soil porosity.

Keywords: behavior of gases in soil, distribution estimation, aeration porosity

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