

بررسی تغییرات منحنی ضریب هواگذری و پخشیدگی نسبی در دو بافت خاک متفاوت

فاطمه مسکینی ویشکایی^{۱*}، محمدحسین محمدی^۲، محمد رضا نیشابوری^۳

^۱ استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فن‌آوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
^۳ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

جریان پخشیدگی و توده‌ای گازها در خاک به ترتیب به ضریب پخشیدگی نسبی گاز در خاک (نسبت ضرایب پخشیدگی گاز در خاک به هوای آزاد $\frac{D_p}{D_0}$) و ضریب هواگذری خاک مرتبط است. این پژوهش با هدف تعیین منحنی تغییرات ضریب هواگذری و ضریب پخشیدگی در دو بافت خاک مختلف در شرایط رطوبتی مختلف خاک انجام شد. دو نمونه خاک با بافت لوم شنی و لوم رسی انتخاب شد. توزیع اندازه ذرات خاک، جرم مخصوص ظاهری، منحنی مشخصه آب خاک، منحنی هواگذری خاک و منحنی ضریب پخشیدگی گاز CO_2 در خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش تخلخل تهویه‌ای و کاهش مقدار رطوبت خاک مقدار ضریب هواگذری خاک‌ها نیز افزایش یافت. اما، در هر تخلخل تهویه‌ای معین، مقدار ضریب هواگذری در خاک لوم شنی بیشتر از خاک لوم رسی بود. علاوه بر این، با کاهش رطوبت خاک و افزایش تخلخل تهویه‌ای، مقدار $\frac{D_p}{D_0}$ در هر دو خاک به صورت غیرخطی افزایش یافت. در مقادیر تخلخل تهویه‌ای کم (کمتر از $15 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)، تغییرات $\frac{D_p}{D_0}$ در هر دو بافت خاک مورد مطالعه تقریباً مشابه بود. در تخلخل تهویه‌ای بالاتر، مقدار $\frac{D_p}{D_0}$ در خاک لوم رسی بیش‌تر بود. نتایج نشان داد که در مقادیر بالای رطوبت خاک، تغییرات مقدار ضریب پخشیدگی و ضریب هواگذری تنها متأثر از مقدار تخلخل تهویه‌ای خاک بود. اما، در مقادیر کم رطوبت خاک و تخلخل تهویه‌ای بالا، جرم مخصوص ظاهری خاک یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مقدار ضرایب مورد مطالعه بود.

کلمات کلیدی: انتشار گازهای گلخانه‌ای، تخلخل تهویه‌ای، تراکم خاک.

مقدمه

انتشار گازهای گلخانه‌ای از اکوسیستم‌های مختلف مانند: خاک‌های کشاورزی (Sainju و همکاران، ۲۰۰۸)، خاک‌های جنگلی (Reth و همکاران، ۲۰۰۵) و مراتع (van den Pol-van Dasselaar و همکاران، ۱۹۹۸) مورد بررسی قرار گرفته است. خاک‌های کشاورزی در انتشار سه گاز گلخانه‌ای CO_2 ، N_2O و CH_4 نقش به‌سزایی دارند. CO_2 گاز مرجع برای محاسبه مقدار کل گازهای گلخانه‌ای می‌باشد، لذا آگاهی از مکانسیم انتشار این گاز از خاک و برآورد کمی آن ضروری می‌باشد (Allaire و همکاران، ۲۰۱۲).

جریان کربن (به شکل CO_2) از خاک به اتمسفر ناشی از تنفس خاک و واکنش‌های شیمیایی است. تنفس خاک مجموعی از تنفس ریشه‌ها و میکرو و ماکروارگانسیم‌های خاک می‌باشد (Sheppard و همکاران، ۱۹۹۴). شدت و حجم این جریان در مقیاس جهانی بسیار بالا بوده و از 68 Pg C yr^{-1} (Raich و Schesinger، ۱۹۹۲) تا 100 Pg C yr^{-1} (Fox و Musselman، ۱۹۹۱) گزارش شده است و یکی از مسیرهای اصلی جریان کربن در چرخه جهانی کربن محسوب می‌گردد. شدت تنفس خاک با استفاده از شدت تولید CO_2 توسط موجودات زنده خاک کنترل می‌گردد، اما متأثر از عوامل مؤثر بر حرکت CO_2 به خارج از خاک نیز قرار می‌گیرد (Tufekcioglu و همکاران، ۲۰۰۱).

جذب یا انتشار گازها در خاک‌ها بوسیله فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در منطقه غیراشباع خاک کنترل می‌گردد و به ویژگی‌های خاک هم‌چون بافت و تخلخل کل خاک بسیار وابسته است (Deepagoda و همکاران، ۲۰۱۱). حرکت زیر سطحی گازها در فاز هوای خاک و در نتیجه انتشار گازها در سطح تماس خاک-اتموسفرد عمده‌تاً بوسیله فرآیند پخشیدگی رخ می‌دهد (Penman، ۱۹۴۰). نوسانات فشار هوا در نزدیک سطح خاک موجب

* ایمیل نویسنده مسئول: fatemeh.meskini@yahoo.com

تشدید حرکت گازها در نتیجه‌ی فرآیند جریان توده‌ای می‌گردد (Poulsen و همکاران، ۲۰۰۳). جریان پخشیدگی و توده‌ای گازها در خاک به ترتیب به ضریب پخشیدگی گاز در خاک (نسبت ضرایب پخشیدگی گاز در خاک به هوای آزاد) و ضریب هواگذری خاک (K_a) مرتبط است. در واقع، ضریب هواگذری خاک کنترل‌کننده انتقال همرفتی (توده‌ای) هوا در خاک در پاسخ به شیب فشار کلی گاز می‌باشد (Schjønning و Ball، ۲۰۰۲). Deepagoda و همکاران (۲۰۱۱) عوامل فیزیکی مختلف مؤثر بر ضریب پخشیدگی و هواگذری خاک را در ۱۵۰ نمونه دست‌نخورده خاک در دانمارک بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که تراکم خاک بیش از نوع بافت خاک بر ضریب پخشیدگی گاز در خاک و ضریب هواگذری خاک مؤثر بود. در حالی که نتایج Schjønning و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که تراکم بر تخلخل کل خاک تأثیر معنی‌داری نداشته و موجب کاهش منافذ درشت خاک گردید. بنابراین، موجب کاهش معنی‌دار ضریب هواگذری خاک شد اما بر ضریب پخشیدگی گاز در خاک اثر معنی‌داری نداشت.

با توجه به اینکه بسیاری از خدمات مهم اکوسیستمی خاک همچون تأمین اکسیژن مورد نیاز برای گیاه و موجودات زنده در خاک، خدمات مرتبط با سلامت و تولید محصول، انتقال مواد آلی فرار در سایت‌های آلوده، جذب و انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط جریان هوا در خاک توسط فرآیند پخشیدگی و جریان توده‌ای گازها در خاک کنترل می‌گردد. بنابراین، شناخت و درک تغییرات ضریب هواگذری و ضریب پخشیدگی خاک‌ها در شرایط رطوبتی مختلف خاک حائز اهمیت بسیار است. لذا، این پژوهش با هدف تعیین منحنی تغییرات ضریب هواگذری و ضریب پخشیدگی در دو بافت خاک لوم رسی و لوم شنی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش دو نمونه خاک با بافت لوم شنی ($E 48^{\circ}24' N 36^{\circ}40' E$ و ارتفاع ۱۶۵۱ متر) و لوم رسی ($E 48^{\circ}23' N 36^{\circ}41' E$ و ارتفاع ۱۵۷۶ متر) از اراضی دانشگاه زنجان در سال ۹۲ تهیه گردید. نمونه‌برداری به صورت دست‌نخورده توسط سیلندرهای نمونه‌برداری و به صورت مرکب از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر انجام گرفت. توزیع اندازه ذرات خاک‌ها با استفاده از هیدرومتر و الک، جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از نمونه دست‌نخورده و به روش سیلندر و منحنی مشخصه آب خاک با استفاده از ستون آب آویزان ($1-100$ cm)، دستگاه صفحات فشاری ($5000-100$ cm) و غشای فشاری (مکش $5000-15000$ cm) اندازه‌گیری شد (Dane و Hopmans، ۲۰۰۲).

اندازه‌گیری هواگذری خاک جهت تعیین سهم جریان توده‌ای در تهویه خاک با استفاده از یک دستگاه شامل یک بطری ماریوت، فشار سنج، و جایگاهی برای اتصال به نمونه خاک انجام شد (شکل ۱). پس از رساندن نمونه‌های خاک دست‌نخورده به رطوبت‌های مشخص و قرار دادن آنها در دستگاه، با اعمال اختلاف فشار بارومتریک مشخصی بر دو سر ستون خاک، میزان عبور هوا از خاک و زمان آن و در نتیجه سرعت گاز تعیین گردید. میزان هواگذری خاک با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید (Schjønning و Ball، ۲۰۰۲):

$$q_v = -[(K_a \Delta P_a A_s) / (\eta L_s)] \quad (1)$$

q_v : شدت جریان حجمی هوا ($\text{cm}^3 \text{s}^{-1}$); K_a : هواگذری ذاتی خاک (cm^2); ΔP_a : اختلاف فشار در دو سر نمونه خاک (cm); A_s : سطح مقطع خاک (cm^2); L_s : طول نمونه خاک (cm) و η گرانیوی دینامیک گاز ($\text{g cm}^{-1} \text{s}^{-1}$) است.



شکل ۱. نمایی از دستگاه دست‌ساز اندازه‌گیری ضریب هواگذری خاک

برای اندازه‌گیری ضریب پخشیدگی CO_2 در خاک از روش پیشنهادی Moldrup و Rolston (۲۰۰۲) استفاده شد. این دستگاه شامل یک وسیله اندازه‌گیری غلظت CO_2 ، یک کپسول CO_2 ، دو مخزن و یک جایگاه اتصال بین دو مخزن است که توسط خاک اشغال می‌شود. شیب جزئی گاز CO_2 در دو مخزن موجب پخشیدگی CO_2 در طول ستون خاک می‌گردد. با اندازه‌گیری تغییرات غلظت CO_2 طی زمان در مخزن دوم، ضریب پخشیدگی CO_2 خاک در هر رطوبت با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (Moldrup و Rolston، ۲۰۰۲):

$$\frac{M_g}{At} = -D_p \left(\frac{\partial C_g}{\partial x} \right) \quad (2)$$

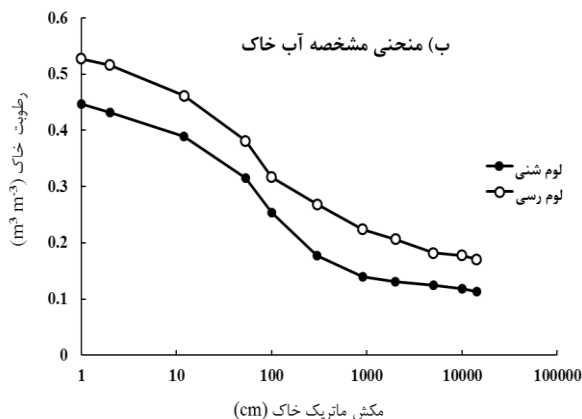
M_g : مقدار گاز انتشار یافته (g)، A: سطح مقطع نمونه خاک (cm^2)، C_g : غلظت گاز (g gas cm^{-3} soil air)، t: زمان (s)، x: طول نمونه خاک (cm) و D_p : ضریب پخشیدگی گاز در خاک ($cm^2 s^{-1}$) است. نسبت ضریب پخشیدگی گاز در خاک به ضریب پخشیدگی گاز در هوای آزاد ($\frac{D_p}{D_0}$) با فرض $D_0 = 1.38 \times 10^{-5} m^2 s^{-1}$ محاسبه گردید (Stepniewski و Glinski، ۱۹۸۵).



شکل ۲. نمایی از دستگاه دست‌ساز اندازه‌گیری ضریب پخشیدگی گاز CO_2 در خاک

نتایج و بحث

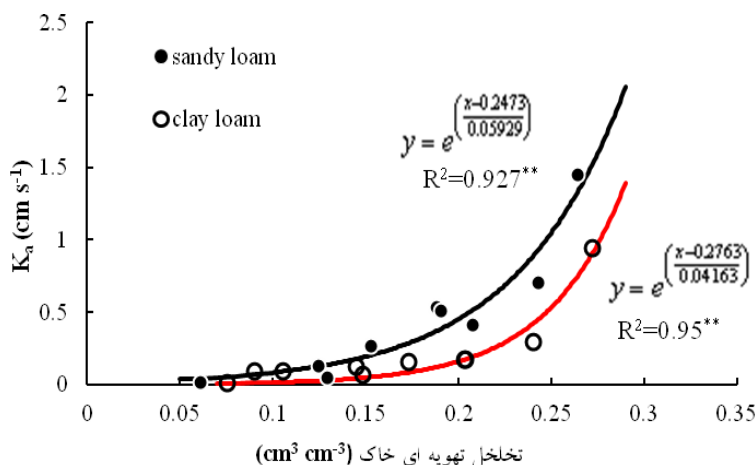
منحنی مشخصه آب خاک در دو بافت خاک مورد مطالعه در شکل ۳ ارائه شده است. خاک با بافت لوم شنی با جرم مخصوص ظاهری $g cm^{-3}$ ۱/۵ دارای ۱۴ درصد رسی و ۱/۳ درصد کربن آلی بود در حالی که دومین نمونه خاک با بافت لوم رسی ۳۰ درصد رسی، ۱ درصد کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری برابر با $g cm^{-3}$ ۱/۲۵ داشت.



شکل ۳. منحنی مشخصه آب خاک در دو بافت خاک لوم شنی و لوم رسی استان زنجان

جهت برآورد سهم جریان توده‌ای در تهویه خاک، منحنی هواگذری خاک اندازه‌گیری گردید. شکل ۴ تغییرات هواگذری خاک را به صورت تابعی از تخلخل تهویه‌ای خاک‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. با افزایش تخلخل تهویه‌ای و کاهش مقدار رطوبت خاک مقدار ضریب هواگذری خاک‌ها نیز افزایش یافت. اما، در هر تخلخل تهویه‌ای معین، مقدار ضریب هواگذری در خاک لوم شنی ($\rho_b = 1/5 \text{ g cm}^{-3}$) بیشتر از خاک لوم رسی ($1/25 \text{ g cm}^{-3}$) بود (شکل ۲). در یک تخلخل تهویه‌ای یکسان، خاک‌هایی با جرم مخصوص ظاهری بیشتر، با مقدار ذرات جامد نسبتاً بالاتر مقدار آب کمتری را نگه می‌دارند. از این رو پل‌های آبی کمتری بین ذرات ایجاد شده و موجب کاهش اعوجاج ناشی از وجود آب می‌گردد. در نتیجه این خاک‌ها نسبت به خاک‌هایی با جرم مخصوص ظاهری کمتر، ضریب هواگذری بیشتری دارند (Deepagoda و همکاران، ۲۰۱۱). مهم‌ترین عامل مؤثر بر ضریب هواگذری خاک، توزیع اندازه منافذ هادی هوا در خاک می‌باشد (Ball و Schjønning، ۲۰۰۲). در یک تخلخل تهویه‌ای مشخص، اندازه منافذ هادی هوا در خاک لوم شنی بزرگ‌تر از خاک لوم رسی می‌باشد (شکل ۳)، به همین دلیل در یک تخلخل تهویه‌ای مشخص ضریب هواگذری خاک لوم شنی بزرگ‌تر از خاک لوم رسی مشاهده شد.

اگر تغییرات مداوم فشار هوای روزانه تقریباً $1/36 \text{ cm}$ آب (1 Torr) و عمق متوسط توسعه ریشه 20 cm و هواگذری خاک در حدود 1 cm s^{-1} باشد (شکل ۴)، متوسط توده‌ای گاز جابجا شده کمتر از یک درصد حجم هوای خاک خواهد شد. بنابراین مقدار هوای جابجا شده در اثر انتقال توده‌ای (در تخلخل تهویه‌ای بزرگتر از $1/05$) در مقایسه با جریان پخشیدگی ناچیز می‌باشد. Jury و Horton (۲۰۰۴) نیز سهم جریان توده‌ای در تهویه خاک را کمتر از 10 درصد گزارش نمودند.



شکل ۴. منحنی هواگذری خاک به صورت تابعی از تخلخل تهویه‌ای خاک. نقاط توپر و توخالی به ترتیب مقادیر هواگذری اندازه‌گیری شده در خاک لوم شنی و لوم رسی می‌باشند. خطوط پیوسته برازش مدل نمایی را نشان می‌دهند. (** نشان‌دهنده معنی دار بودن ضریب تعیین به دست آمده در سطح احتمال 1 درصد می‌باشد).

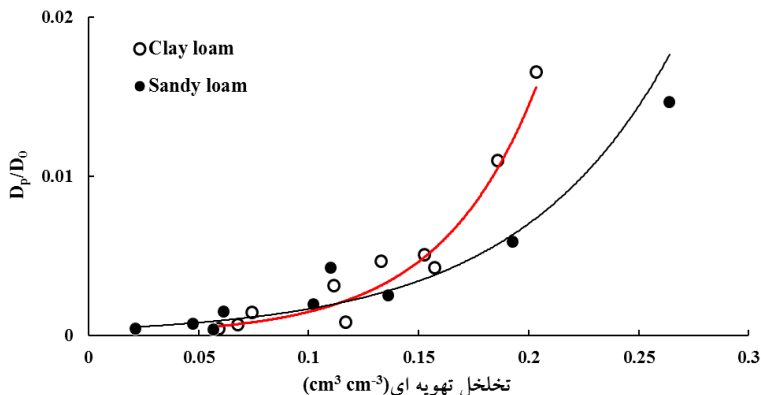
ضریب پخشیدگی گاز CO_2 (D_p) در خاک لوم شنی در دامنه رطوبتی $0.18-0.43 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ و در خاک لوم رسی در دامنه رطوبتی $0.47 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ - 0.32 اندازه‌گیری شده و بر حسب ضریب پخشیدگی نسبی ($\frac{D_p}{D_0}$) (ضریب پخشیدگی گاز CO_2 در هوا) بیان گردید. با کاهش رطوبت خاک و

افزایش تخلخل تهویه‌ای، مقدار $\frac{D_p}{D_0}$ در هر دو خاک به صورت غیرخطی افزایش یافت (شکل ۵). در مقادیر تخلخل تهویه‌ای کم (کمتر از $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)

تغییرات $\frac{D_p}{D_0}$ در هر دو بافت خاک مورد مطالعه تقریباً مشابه بود. در تخلخل تهویه‌ای بالاتر (رطوبت‌های کمتر)، مقدار $\frac{D_p}{D_0}$ در خاک لوم

رسی بیشتر بود. نتایج مؤید تأثیر منفی قابل توجه حضور آب بر پخشیدگی گاز CO_2 در خاک است. در خاک‌های مرطوب، آب در منافذ بین ذرات نگه-

داشته می‌شود که می‌تواند منجر به ایجاد اعوجاج و کاهش سطح مقطع جریان برای انتقال گاز و در نتیجه کاهش ضریب پخشیدگی گاز در خاک گردد (Deepagoda و همکاران، ۲۰۱۱). de Figueiredo Brito و همکاران (۲۰۰۹) نیز با افزایش تخلخل خاک مقدار جریان CO_2 بالاتری را مشاهده نمودند که دلیل این امر را حرکت بیشتر گاز در نتیجه‌ی تخلخل تهویه‌ای و $\frac{D_p}{D_0}$ بالاتر دانستند.



شکل ۵. تغییرات ضریب پخشیدگی نسبی گاز CO_2 در خاک ($\frac{D_p}{D_0}$) به صورت تابعی از تخلخل تهویه‌ای خاک در دو بافت خاک مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثرات بافت خاک و جرم مخصوص ظاهری خاک بر مقدار ضریب هواگذری و ضریب پخشیدگی نسبی در شرایط مختلف رطوبتی خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مقادیر بالای رطوبت خاک، تغییرات مقدار ضریب پخشیدگی نسبی و ضریب هواگذری تحت تأثیر بافت یا تراکم خاک نبوده و تنها متأثر از مقدار تخلخل تهویه‌ای خاک می‌باشد. اما، در مقادیر کم رطوبت خاک و مقادیر بالای تخلخل تهویه‌ای، روند تغییرات ضریب هواگذری و ضریب پخشیدگی نسبی متفاوت به دست آمد. در یک تخلخل تهویه‌ای مشابه، خاک لوم شنی به دلیل ایجاد پل‌های آبی کمتر و منافذ هادی بیشتر دارای ضریب هواگذری بزرگتری نسبت به خاک لوم رسی بود. در حالی که در شرایط مشابه، خاک لوم رسی (به دلیل جرم مخصوص ظاهری کمتر) دارای ضریب پخشیدگی نسبی بیشتری نسبت به خاک لوم شنی بود. نتایج نشان داد که به‌ویژه در شرایط رطوبتی خشک خاک و در تخلخل تهویه‌ای زیاد، جرم مخصوص ظاهری خاک بر ضریب هواگذری و ضریب پخشیدگی نسبی گاز CO_2 در خاک تأثیر متفاوتی داشت که نشان‌دهنده لزوم مطالعه تغییرات منحنی ضریب هواگذری و پخشیدگی خاک تحت تأثیر شرایط و عوامل مختلف به‌منظور درک تبادلات گازی در خاک و نقش آن‌ها در جذب و انتشار گازهای گلخانه‌ای است.



- Allaire, S. E., Lange, S. F., Lafond, J. A., Pelletier, B., Cambouris, A. N. and Dutilleul, P. 2012. Multiscale spatial variability of CO₂ emissions and correlations with physico-chemical soil properties. *Geoderma*, 170, 251-260.
- Ball, B. C. and Schjønning, P. 2002. Air permeability. In: *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods* (eds. Dane, J. H. and Topp, G. C.) Pp. 1141- 1162. SSSA Book Series, Madison, WI.
- Dane, J. H. and Hopmans, J. W. 2002. Pressure cell. In: *Methods of Soil Analysis. Part 4, Physical Methods* (ed. Dane, J. H. and Topp, G. C.) Pp. 684-688. SSSA Book Series, Soil Science Society of America, Inc, Madison, WI.
- de Figueiredo Brito, L., Junior, J. M., Pereira, G. T. and Souza, Z. M. 2009. Soil CO₂ emission of sugarcane fields as affected by topography. *Scientia Agricola*, 66, 77-83.
- Deepagoda, T. K. K. C., Moldrup, P., Schjonning, P., de Jong, L. W., Kawamoto, K., Komatus, T. 2011. Density-corrected models for gas diffusivity and air permeability in unsaturated soil. *Vadose Zone Journal*, 10, 226-238.
- Glinski, J. and Stepniewski, W. 1985. *Soil aeration and its role for plants*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Jury, W. A. and Horton, R. 2004. *Soil physics*. Wiley, Hoboken, New Jersey.
- Musselman, R. C. and Fox, D. G. 1991. A review of the role of temperate forests in the global CO₂ balance. *Journal Air Waste Management Association*, 41, 798-807.
- Raich, J. W. and Schlesinger, W. H. 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus*, 44, 81-89.
- Reth, S., Göckede, M. and Falge, E. 2005. CO₂ flux from agricultural soils in eastern Germany: comparison of a closed system with eddy covariance measurements. *Theoretical and Applied Climatology*, 80, 105-120.
- Rolston, D. E. and Moldrup, P. 2002. Gas diffusivity. In: *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods* (eds. Dane, J. H. and Topp, G. C.) Pp. 1113- 1140. SSSA Book Series, Madison, WI.
- Sainju, U. M., Jabro, J. D. and Stevens, W. B. 2008. Soil carbon dioxide emission and carbon content as affected by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization. *Journal of Environmental Quality*, 37, 98-106.
- Schjønning, P., Lamande, M., Berisso, F. E., Simojoki, A., Alakukku, L. and Andreasen, R. R. 2013. Gas diffusion, non-darcy air permeability, and computed tomography images of a clay subsoil affected by compaction. *Soil Science Society of America Journal*, 77 (6), 1977-1990.
- Sheppard, M. I., Ewing, L. L. and Hawkins, J. L. 1994. Soil processes and chemical transport - soil degassing of carbon-14 dioxide: rates and factors. *Journal of Environmental Quality*, 23, 461-468.
- van den Pol-van Dasselaar, A., Corré, W. J., Priemé, A., Klemetsson, A. K., Weslien, P., Stein, A., Klemetsson, L. and Oenema, O. 1998. Spatial variability of methane, nitrous oxide, and carbon dioxide emissions from drained grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, 62, 810-817.



Topic for submission: Soil and Climate Change

Estimation of soil mechanical resistance curve using soil water characteristic curve

Meskini-Vishkaee, F.¹, Mohammadi, M.H.², Neyshabouri, M.R.³

¹ Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

² Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

³ Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract

The diffusive and advective movement of gases in soils is controlled by the soil gas diffusivity (the ratio of gas diffusion coefficients in soil and free air, $\frac{D_p}{D_0}$) and the soil air permeability, respectively. This study was performed to determine soil

air permeability and soil gas diffusivity in two different soil textures under various soil moisture conditions. Two soil samples with sandy loam and clay loam textures were selected. Particle size distribution, bulk density, soil water characteristic curve, soil air permeability and soil gas diffusivity curves were measured. The result showed that as the soil aeration porosity increased, air permeability also increased in both soils. However, for a given aeration porosity, air permeability of sandy loam soil was more than that of clay loam soil. Moreover, as the frequency of the water filled pores decreases i.e., the soil aeration porosity increase, $\frac{D_p}{D_0}$ increase nonlinearly. At low aeration porosity ($a < 0.15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$),

variations of $\frac{D_p}{D_0}$ for both soils are approximately similar. At higher aeration porosity, ($a > 0.15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), $\frac{D_p}{D_0}$ is higher for the

clay loam soil. The results showed that in high soil moisture contents, changes in the amount of soil gas diffusivity and air permeability were only affected by soil aeration porosity. However, in low soil moisture content and high aeration porosity, soil bulk density was one of the most important factors affecting the studied coefficients.

Keywords: Greenhouse gases emission, aeration porosity, soil density.

* Corresponding author, Email: fatemeh.meskini@yahoo.com