



تأثیر عملیات کشاورزی بر توزیع اندازه منافذ خاک

دلنیا باپیری، حبیب خداوردی لو*، محسن برین و یوبرت قوستا

به ترتیب، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشیار گروه علوم خاک، استادیار گروه علوم خاک، و دانشیار گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

Email: h.khodaverdiloo@urmia.ac.ir

چکیده

عملیات کشاورزی می‌تواند پیامدهایی منفی بر کیفیت خاک‌ها داشته باشد. در این پژوهش، توزیع اندازه منافذ سه خاک زراعی با خاک‌های شاهد غیرزراعی همجوار آن‌ها مقایسه گردید. در هر منطقه مورد مطالعه، چهار نمونه خاک (شامل دو نمونه خاک زراعی و دو نمونه خاک غیرزراعی مجاور آن) انتخاب گردید. منحنی توزیع اندازه منافذ خاک پس از اندازه‌گیری منحنی مشخصه رطوبتی خاک‌ها با استفاده از رابطه مویینگی بدست آمد. نتایج نشان داد که بطور کلی، کشت و کار سبب افزایش کل تخلخل، منافذ درشت و گذرگاهی شد و در عوض منافذ میانه، ریز، ذخیره‌ای و باقیمانده، که منافذی مهم بعنوان زیستگاه ریزجانداران است، را کاهش داد. می‌توان نتیجه گرفت که عملیات کشت و کار، موجب کاهش کیفیت شده و سبب تشدید فرسایش خاک می‌گردد که باید با مدیریت مناسب از آن جلوگیری شود.

واژه‌های کلیدی: زمین‌های کشاورزی، زمین‌های بایر، منافذ خاک

مقدمه

در کشورهای در حال توسعه به علت آسیب‌پذیری خاک‌های کشاورزی از نظر زیست‌محیطی، توجه به کیفیت خاک اهمیت اقتصادی دارد (Wander et al., 2002). منظور از کیفیت خاک توانایی خاک برای دریافت، ذخیره و تصفیه آب، مواد غذایی و انرژی است. برای ارزیابی کیفیت خاک از شاخص‌های کیفیت خاک بهره‌گیری می‌شود. آن دسته از ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری خاک که بر ظرفیت خاک در تولید محصول تأثیر می‌نهند شاخص‌های کیفیت خاک نامیده می‌شوند (Arshad and Martin, 2002). شاخص‌های کیفیت خاک باید (۱) دربرگیرنده و تأثیرگذار بر فرآیندهای زیست‌محیطی، (۲) در برگیرنده ویژگی‌های خاک، (۳) حساس به تغییرات محیطی و مدیریتی و (۴) قابل اندازه‌گیری، دسترسی و پردازش کمی باشد (Doran and Jones, 1996).

یکی از جنبه‌های اساسی در کیفیت خاک، مطالعه شاخص‌های فیزیکی مرتبط با پایداری ساختمان خاک و برقراری نسبتی مناسب از آب و هوا در ناحیه رشد ریشه است. تعیین توزیع اندازه منافذ خاک از این جهت دارای اهمیت است. براساس نقش منافذ در انتقال یا نگهداری آب، سیستم منافذ خاک از سه دسته منافذ اصلی تشکیل شده است: (۱) منافذ خیلی ریز یا میکروسکوپی؛ (۲) منافذ ریز (تقسیم شده به منافذ پیکره‌ای یا بافتی و منافذ ساختمانی) یا منافذ مویینه (۳) منافذ درشت یا غیرمویینه (Kutilek, 2004).

Lin و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که ۱۰٪ از منافذ درشت (بزرگتر از ۰/۵ میلی‌متر) و منافذ میانه (۰/۵-۰/۰۶ میلی‌متر) در حدود ۸۹٪ از کل انتقال جریان آب را بر عهده دارند. ساختار و عملکرد منافذ درشت شاخصی سودمند از کیفیت خاک است، زیرا این منافذ در برابر تراکم عمودی نسبتاً مقاوم هستند (Alakukku, 1996). Kay و VandenBygaart (۲۰۰۲) گزارش کردند که با تبدیل خاک‌ورزی سنتی به روش بی‌خاک‌ورزی بطور کلی بخش منافذ ۵۰۰-۱۰۰ میکرون افزایش و منافذ ۱۰۰-۳۰ میکرون کاهش یافت. در خاک‌های بدون کشت، بخش بیشتری از نفوذ و جریان فعال از طریق منافذ درشت ساخته شده توسط فون یا ریشه گیاهان قبلی است (Tebbrugge and During, 1999)، در حالیکه در خاک‌های شخم خورده با ساختمان پایدار، جریان ترجیحی از طریق منافذ بین‌خاکدانه‌ای سهم عمده‌ای دارند (Lin et al., 1999). با این حال، میزان منافذ سهیم در جریان اغلب بدلیل اندازه‌گیری‌های وقت‌گیر، تعیین نمی‌شود. محدوده شعاع منافذ در گستره‌ای معادل ۲۵-۰/۲۵ میکرون، بعنوان

منافذ ذخیره‌ای پنداشته شده‌اند (Pagliai et al., 2004) و منافذی با شعاع بزرگتر بعنوان منافذ گذرگاهی تلقی گردیدند (Ehlers et al., 1995).

به دست آوردن تعداد، اندازه، شکل و توزیع اندازه منافذ خاک برای ارزیابی شرایط فیزیکی و ساختمان خاک مفید است (Carter and Ball, 1993). کشت و کار همچنین می‌تواند توزیع اندازه منافذ را با ایجاد منافذ موقت تحت تاثیر قرار دهد (Topaloglu, 1999). شیوه‌های کشت و کار می‌تواند پیوستگی منافذ و همچنین منافذ درشت را مختل کرده، جریان آب بین لایه شخم و لایه زیرین را بکاهد (Bouma, 1991). Je'gou و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که تراکم خاک متوسط طول منافذ را کاسته، و تعداد منافذ ریز را افزایش می‌دهد. کشت و کار می‌تواند ساختمان خاک را با ایجاد منافذ درشت، که بطور چشمگیری هدایت هیدرولیکی اشباع را افزایش می‌دهند، تغییر دهد (Bouma, 1991).

هدف از این پژوهش، بررسی آثار درازمدت عملیات کشاورزی بر توزیع اندازه منافذ خاک در برخی مناطق استان آذربایجان غربی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در برخی خاک‌های استان آذربایجان غربی واقع در سیرداغی (۳۷° ۲۹' ۲۴،۱" شمالی ۴۵° ۱۳،۸" شرقی)، زیوه (۳۷° ۱۳' ۵۶،۸" شمالی ۵۴° ۴۴' ۵۱،۱۱" شرقی) و نالو (۳۹° ۳۷' ۳۸،۲" شمالی ۵۹° ۴۴' ۲۲،۹" شرقی) انجام شد. رژیم رطوبتی در دو منطقه نالو و سیرداغی Dry Xeric و رژیم حرارتی Mesic و در زیوه به ترتیب بصورت Typic Xeric و Mesic بود. در این مطالعه خاک‌های زراعی و غیرزراعی که در همسایگی نزدیک به همدیگر و قابل مقایسه بودند، ارزیابی و مقایسه شدند. در هر منطقه از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری، سه نمونه خاک (هر کدام شامل چهار نمونه خاک دست‌نخورده و چهار نمونه خاک دست‌خورده شامل دو نمونه خاک زراعی و دو نمونه خاک غیرزراعی مجاور آن) جمعاً ۱۲ نمونه خاک دست‌نخورده و ۱۲ نمونه خاک دست‌خورده جمع‌آوری و ویژگی‌های آن تعیین گردید. نمونه‌های دست‌نخورده خاک با استفاده از استوانه‌هایی با ارتفاع ۴/۵ سانتی‌متر و حجم ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب برداشت شد. نمونه‌ها پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل داده شد. نمونه‌ها جهت کارهای فیزیکی پس از هوا خشک کردن از الک گذرانده و آزمایشات لازم روی آنها صورت گرفت.

به منظور تعیین منحنی رطوبتی از دستگاه صفحات فشاری استفاده شد. برای این کار تعداد ۱۶ نمونه دست‌نخورده خاک مربوط به نقاط نمونه‌برداری برداشته شد و در سیلندهای مخصوص قرار داده شد. سپس نمونه‌ها از پایین و به صورت مویین با آب اشباع شدند، صفحات سرامیکی دستگاه صفحات فشاری نیز قبل از قرار گرفتن نمونه‌ها بر روی آنها، اشباع شدند. برای اعمال فشارهای پایین (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰hPa) از جعبه شن و برای فشارهای بالا (۱۲۰، ۲۰۰، ۳۳۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۸۰۰۰، ۱۵۰۰۰hPa) از دستگاه صفحات فشاری استفاده گردید. اعمال مکش‌ها تا زمانی که رطوبت خاک با فشار اعمال شده به تعادل می‌رسید ادامه می‌یافت و پس از به تعادل رسیدن، نمونه وزن شده و مجدداً برای اعمال فشار بعدی به محفظه باز گردانده شد. در نهایت نیز پس از اعمال آخرین فشار نمونه‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شدند. همچنین، درصد رطوبت اشباع نمونه‌ها نیز اندازه‌گیری شد. به این ترتیب، مقدار رطوبت خاک در یازده مکش (و با احتساب رطوبت اشباع خاک به عنوان مکش صفر در دوازده نقطه رطوبت - مکش به دست آمد، خاک همراه با رطوبت اشباع خاک به عنوان مکش صفر، در مجموع دوازده نقطه رطوبتی از نمونه‌های خاک به دست آمد، که معادلات مورد نظر منحنی رطوبتی بر نمونه‌ها برآزش یافت. معادله تابع دو تخیلی منحنی مشخصه رطوبتی $\theta(\psi)$ زیر برای خاک‌هایی متشکل از هر دو گروه منافذ بافتی و ساختمانی مناسب است (Dexter et al., 2008):

$$\theta(\psi) = \theta_R + P_M e^{\left(\frac{\psi}{-\psi_M}\right)} + P_S e^{\left(\frac{\psi}{-\psi_S}\right)} \quad \psi \leq 0 \quad (1)$$

که در آن، θ_R ($m^3 m^{-3}$) مقدار رطوبت باقی مانده موثر خاک (وقتی که $\Psi \rightarrow -\infty$)، P_M ($m^3 m^{-3}$) تخلخل بافتی موثر خاک، P_S ($m^3 m^{-3}$) تخلخل ساختمانی موثر خاک، Ψ_M (cm) بار مکش آب منافذ در دنباله خشک یا نقطه عطف منافذ بافتی در نمودار $\theta(\Psi)$ ، و Ψ_S (cm) بار مکش در دنباله تر یا نقطه عطف ساختمانی در نمودار $\theta(\Psi)$ است. منحنی توزیع اندازه منافذ در اینجا به عنوان شیب منحنی نیمه لگاریتمی $\theta(\Psi)$ در برابر قطر معادل منافذ d_E (μm) در پایه ۱۰ رسم شده است (Jena and Gupta, 2002):

$$PVD \rightarrow \frac{-d(\theta)}{d \ln(-\Psi)} \text{ vs. } d_E \quad \Psi < 0 \quad (2)$$

که در آن $\theta(\Psi)$ مقدار حجمی رطوبت، و d_E با استفاده از معادله مویبگنی تعیین می شود (Or and Wraith, 2002):

$$d_E = \frac{4\gamma \cos(\omega)}{\rho_w g(-\Psi)} \approx \frac{29.74}{-\Psi}; \quad \Psi < 0; \quad d_E(\mu m); \quad 20^\circ C \quad (3)$$

که در آن $\gamma = 7/28 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-1}$ کشش سطحی آب منفذی، $\rho_w = 998/2 \text{ kg m}^{-3}$ چگالی آب، $g = 9/81 \text{ m s}^{-2}$ شتاب ثقل و $\omega = 0$ زاویه تماس آب منفذ است. با جایگذاری معادله ۱ در معادله ۳ خواهیم داشت:

$$\frac{-d\theta(\Psi)}{d \ln(-\Psi)} = \Psi \left[\frac{P_M}{-\Psi_M} e^{\left(\frac{\Psi}{-\Psi_M}\right)} + \frac{P_S}{-\Psi_S} e^{\left(\frac{\Psi}{-\Psi_S}\right)} \right]; \quad \Psi \leq 0 \quad (4)$$

اگر این معادله در برابر معادله (۴) در مقیاس \log_{10} رسم شود توزیع اندازه منافذ دو تخلخلی بدست می آید که در آن:

$$d_M = \frac{4\gamma \cos(\omega)}{\rho_w g(-\Psi_M)} \approx \frac{29.74}{-\Psi_M}; \quad \Psi_M(m); \quad d_M(\mu m) \quad (a5)$$

که d_M مد قطر معادل منافذ (با بیشترین فراوانی) برای دامنه بافتی خاک است که در Ψ_M تخلیه می شود و

$$d_S = \frac{4\gamma \cos(\omega)}{\rho_w g(-\Psi_S)} \approx \frac{29.74}{-\Psi_S}; \quad \Psi_S(m); \quad d_S(\mu m) \quad (b5)$$

d_S مد قطر معادل منافذ برای دامنه منافذ ساختمانی است که در Ψ_S تخلیه می گردد. از این رو، معادلات (۱)، (۴) و (۵) توزیع منافذ و اندازه منافذی با بیشترین فراوانی در دامنه منافذ بافتی و ساختمانی در یک خاک ساختمان دار را نشان می دهد. این معادلات صرفاً برای خاک های صلب (غیر منبسط)، که با تغییر در مقدار رطوبت یا مکش منقبض و منبسط نمی شوند، کاربرد دارد. این معادلات اغلب بر حسب مکش $(-\Psi)$ بیان می شوند نه بر حسب پتانسیل ماتریک (Ψ) تا تبدیل لگاریتمی تسهیل گردد. بر اساس قطر استوانه معادل پیشنهادی توسط Kay (۱۹۹۰)، منافذ درشت $\text{macro} > 30 \mu m$ ، منافذ متوسط $\text{meso} = 0.2-30 \mu m$ و منافذ ریز $\text{micro} < 0.2 \mu m$ محاسبه و براساس کارکرد آن ها به منافذ گذرگاهی $\text{transmission} > 50 \mu m$ ، ذخیره ای storage $0.5 - 50 \mu m$ و باقی مانده $\text{residual} < 0.5 \mu m$ تقسیم شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده های به دست آمده از این پژوهش با استفاده از آزمون t-test جفت شده انجام گرفت.

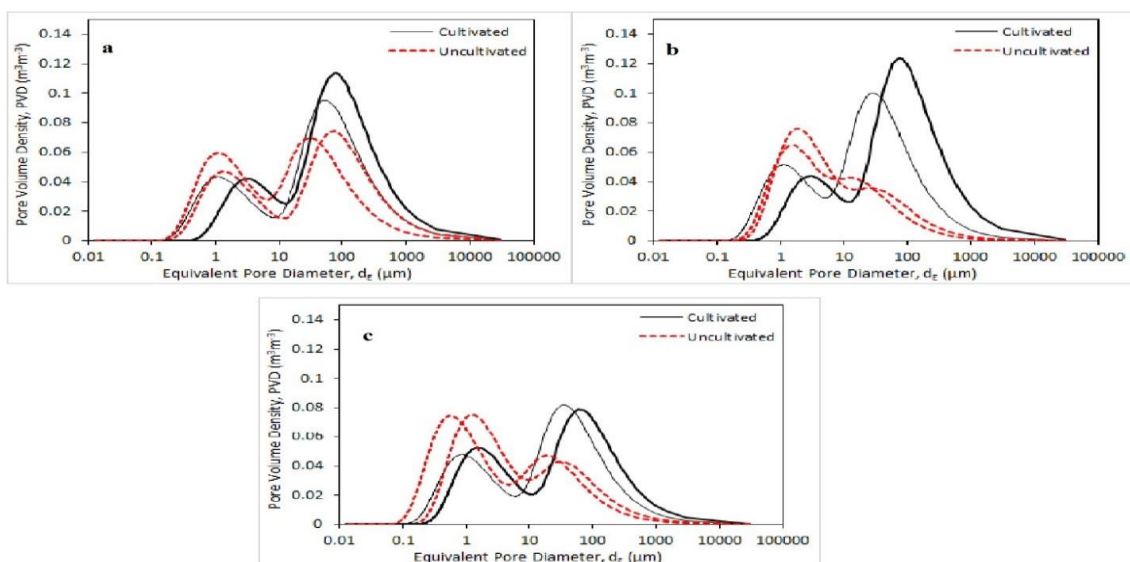
نتایج و بحث

کاربری های زراعی و غیرزراعی مربوط به هر منطقه علیرغم تفاوت اندک در فراوانی نسبی اندازه ذرات دارای کلاس بافتی یکسان بودند. ذرات رس و سیلت در تمامی زمین های مورد مطالعه غالب بود ($C+Si \geq 70$) و لذا خاک ها دارای بافت نسبتاً ریز بودند. خاک هایی که درصد بالایی از سیلت در دانه بندی خود دارند، عموماً مستعد فرسایش می باشند. در بررسی تفاوت چگالی

ظاهری بین کاربری زراعی و غیرزراعی در مناطق مورد مطالعه در سیرداغی و نازلو در دامنه مطلوب و برای منطقه زیوه کمی کمتر از مقدار بهینه آن شد (عسگرزاده و آقایی، ۱۳۹۵).

شکل ۱ توزیع اندازه منافذ و توزیع اندازه منافذ بافتی و ساختاری را نشان می‌دهد. منافذ بافتی به عنوان منافذ ریز بین ذرات معدنی، و منافذ ساختاری به عنوان ترک‌های بین منافذ درشت، منافذ زیستی (مثل ریشه‌راه‌ها، کرم‌راه‌ها و غیره) و فضاهای خالی بین دانه‌های را شامل می‌شود (Dexter, 1988؛ Dexter et al., 2008).

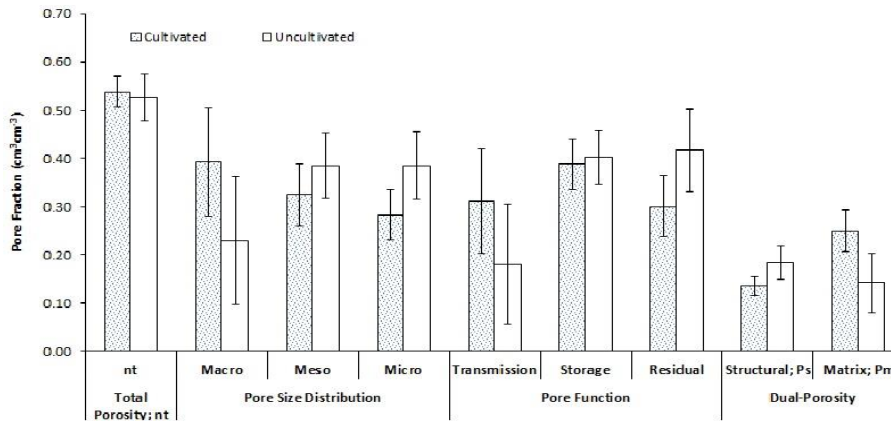
در مطالعه‌ای توسط دکستر و همکاران (۲۰۰۸) مقدار d_M به دامنه منافذ مقدار آب در دسترس (۳۰-۰/۲ میکرون) White, (2006)، در حالیکه مقدار d_s عمدتاً با اندازه منافذ مربوط به زهکشی و تهویه (۵۰۰-۳۰ میکرون) و زهکشی با سرعت بیشتر در منافذ درشت با محدوده (۵۰۰-۵۰۰۰ میکرون) متناسب است، پس این با اطلاعات بدست آمده از رینولدز و همکاران (۲۰۱۴) متناسب هستند که مطابق با نظر آنها مقدار آب در دسترس بیشتر توسط منافذ بافتی (P_M) و ظرفیت تهویه توسط منافذ ساختاری (P_s) تعیین می‌شود. تخلخل خاک (بویژه منافذ درشت) به تغییر کاربری بسیار حساس است (شکل ۲).



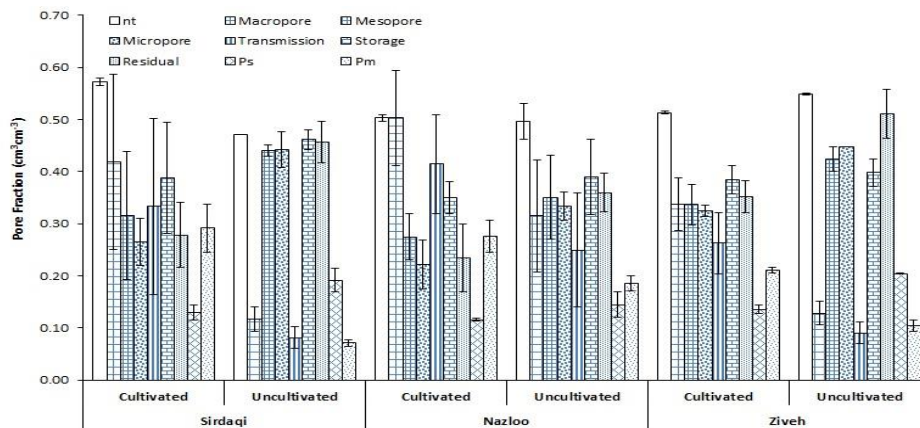
شکل ۱- منحنی توزیع منافذ ($m^3 m^{-3}$) در برابر قطر منافذ (μm) در خاک‌های تحت کشت (منحنی‌های امتد) و کشت نشده (منحنی‌های نقطه‌چین) در مناطق مورد مطالعه: a: نازلو؛ b: سیرداغی؛ c: زیوه).

دامنه مناسب $0/30 m^3 m^{-3} \leq n_{PAP} \leq 0/42 m^3 m^{-3}$, $0/13 m^3 m^{-3} \leq P_s \leq 0/19 m^3 m^{-3}$, $0/18 m^3 m^{-3} \leq P_M \leq 0/24 m^3 m^{-3}$ است (Reynolds et al., 2014). تخلخل بافتی با انجام عملیات خاک‌ورزی و از کاربری غیرزراعی به زراعی افزایش یافت و با توجه به دامنه مناسب آن در منطقه نازلو در هر دو کاربری، و در سیرداغی و زیوه در کاربری زراعی مقادیر آن در محدوده آرمانی و برای کاربری غیرزراعی سیرداغی و زیوه محدودکننده بود (شکل ۳).

تخلخل ساختمانی با انجام عملیات خاک‌ورزی و از کاربری غیرزراعی به زراعی کاهش یافت ولی در همه مناطق و در هر دو کاربری در دامنه مطلوب قرار داشت (شکل ۳). Kay و VandenBygaart (۲۰۰۲) گزارش کردند که با تغییر خاک‌ورزی سنتی به روش بی‌خاک‌ورزی بطور کلی بخش منافذ ۵۰۰-۱۰۰ میکرون افزایش و منافذ ۱۰۰-۳۰ میکرون کاهش یافت. منافذ بافتی اساساً مربوط به توزیع ذرات اولیه خاک است (شن، سیلت و رس) و منافذ ساختمانی مربوط به شکل، جهت و موقعیت قرارگیری خاکدانه‌های خاک است (Nimmo, 1997). منافذ بافتی به نسبت پایدارتر از منافذ ساختمانی هستند و منافذ ساختمانی بیشتر تحت تاثیر فرآیندهای طبیعی خاک یا فعالیت‌های انسانی از جمله شیوه‌های مدیریت کشاورزی، چرخه‌های مرطوب و خشک شدن، فعالیت کرم‌های خاکی و روش‌های برداشت قرار می‌گیرند (Pillai and McGarry, 1999).



شکل ۲- کسر حجمی منافذ خاک ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) در کاربری‌های زراعی و غیرزراعی. (n_T : مجموع منافذ بافتی و ساختمانی، macro: منافذ درشت $>30\mu\text{m}$; meso: منافذ متوسط $0.2-30\mu\text{m}$; micro: منافذ ریز $<0.2\mu\text{m}$; transmission: گذرگاهی $>50\mu\text{m}$; storage: ذخیره‌های $0.5-50\mu\text{m}$ و μm و residual: باقی‌مانده $<0.5\mu\text{m}$)



شکل ۳- کسر حجمی منافذ خاک ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) به تفکیک در مناطق مورد مطالعه. (n_T : مجموع منافذ بافتی و ساختمانی، macro: منافذ درشت $>30\mu\text{m}$; meso: منافذ متوسط $0.2-30\mu\text{m}$; micro: منافذ ریز $<0.2\mu\text{m}$; transmission: گذرگاهی $>50\mu\text{m}$; storage: ذخیره‌های $0.5-50\mu\text{m}$ و μm و residual: باقی‌مانده $<0.5\mu\text{m}$)

منابع

- عسگرزاده، ح.، آقایی، س. ۱۳۹۵. ارتباط شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک با رشد رویشی و جذب عناصر غذایی در گیاه آفتابگردان.
- Alakukku, L., 1996. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic I. Long-term effects on the properties of fine-textured soils. *Soil Till. Res.* 37: 223–238.
- Arshad, M.A., Martin, S., 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agric. Ecosys. Environ.* 88: 153–160.
- Bouma, J. 1991. Influence of soil macroposity on environmental quality. *Advances in Agron.* 46: 1–37.
- Carter, M.R. and Ball, B. 1993. Soil porosity. In M.R. Carter, Ed. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, FL. 581–588.
- Dexter, A.R. 1988. Advances in characterization of soil structure. *Soil and Till. Res.* 39: 199–238.
- Dexter, A.R., Czyz, E.A., Richard, G., Reszkowska, A., 2008. A user-friendly water retention function that takes account of the textural and structural pores spaces in soil. *Geoderma.* 143: 243–253.
- Doran J.W., and Jones A.J. 1996. *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America Special Publication, vol. 49. Soil Sci. Soc of Am. Madison, WI.



- Ehlers, W., Wendroth, O., de Mol, F., 1995. Characterizing pore organization by soil physical parameters. In: Hartge, K.H., Stewart, B.A. (Eds.), *Soil Structure—Its Development and Function*. Adv. Soil Sci. 32: 257–275.
- Je´gou, D., Brunotte, J., Rogasik, H., Capowicz, Y., Diestel, H., Schrader, S., Cluzeau, D., 2002. Impact of soil compaction on earthworm burrow systems using X-ray computed tomography: preliminary study. *Eur. J. Soil Biol.* 38: 329–336.
- Jena, A., and Gupta K. 2002. Determination of pore volume and pore distribution by liquid extrusion porosimetry without using mercury. *Ceramic Eng. Sci. Proc.* 23: 277–284.
- Kay, B.D., 1990. Rates of change of soil structure under different cropping systems. *Adv. Soil Sci.* 12: 1–52.
- Kay, B.D., VandenBygaart, A.J., 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil Till. Res.* 66: 107–118.
- Kuti´lek, M., 2004. Soil hydraulic properties as related to soil structure. *Soil Till. Res.* 79: 175–184.
- Lin, H.S., McInnes, K.J., Wilding, L.P., Hallmark, C.T., 1996. Effective porosity and flow rate with infiltration at low tensions in a well-structured subsoil. *Trans. ASAE.* 39: 131–133.
- Lin, H.S., McInnes, K.J., Wilding, L.P., Hallmark, C.T., 1999. Effects of soil morphology on hydraulic properties I. Quantification of soil morphology. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 948–954.
- Nimmo, J.R., 1997. Modeling structural influences on soil water retention. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 712–719.
- Pagliai, M., Vignozzi, N., Pellegrini, S., 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil Till. Res.* 79: 131–143.
- Pillai, U.P., McGarry, D., 1999. Structure repair of a compacted Vertisol with wet–dry cycles and crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 201–210.
- Reynolds, W. D., Drury, C. F., Yang, X. M., Tan, C. S. et Yang, J. Y. 2014. Impacts of 48 years of consistent cropping, fertilization and land management on the physical quality of a clay loam soil. *Can. J. Soil Sci.* 94: 403–419.
- Tebrügge, F., Düring, R.A., 1999. Reduced tillage intensity—a review of results from a long-term study in Germany. *Soil Till. Res.* 53: 15–28.
- Tebrügge, F., Düring, R.A., 1999. Reduced tillage intensity—a review of results from a long-term study in Germany. *Soil Till. Res.* 53: 15–28.
- Wander M.M., Walter G.L., Nissen T.M., Billero G.A., Andrews S.S., and Cavanaugh-Grant D.A. 2002. Soil quality: Sci and pro. *Agron.* 94: 23–32.
- White, R.E. 2006. *Principles and Practice of Soil Science*, 4th edition. Black well Publishing, Oxford, UK.

Soil pore size distribution as affected by cultivation

Abstract

Agricultural practices may decline the quality of soils. In this study, the pore size distribution of three cultivated soils was compared with the adjacent non-cultivated soils. At a given site, four soil samples (including two soil samples from cultivated lands and the two soil samples from adjacent non-cultivated lands) were collected. Soil pore size distribution curves were calculated according to the capillary equation after measuring the soil water retention curve. Results showed that, in general, cultivation increased the total porosity, macro-pores and transmission pores, while the volume fraction of meso-, micro-, storage-, and residual-pores was decreased. It could be concluded that agricultural practices declines the soil quality that should be avoided by proper soil management.

Keywords: Agricultural land, Virgin Ind, Pore size distribution