نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیستم، شماره پنجم، ۱۳۹۲
http://jwsc.gau.ac.ir

اثر تردد ماشین‌آلات کشاورزی بر ویژگی‌های منافذ متوسط و درشت هدایت‌کننده آب در خاک با استفاده از نفوذسنج صفحه‌ای

*زهرا درویش‌پسند[۱]، غلامعباس صیاد[۲]، مهرداد شریعتی[۳] و یعقوب منصوری[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، [۲]استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، [۳]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، [۴]استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۵

چکیده

تراکم خاک در نتیجه تردد ماشین‌آلات، ویژگی‌های هیدرولیکی و منافذ خاک را تغییر می‌دهد که این تغییرات رشد ریشه، حرکت آب و املاح را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. آگاهی از ویژگی‌های منافذ فعال هدایت‌کننده آب در خاک از اهمیت بالایی برای تشخیص حرکت آب و املاح در خاک برخوردار می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی اثر تراکم خاک بر برخی ویژگی‌های هیدرولیکی خاک شامل تخلخل، تعداد منافذ متوسط و درشت و سهم این منافذ برای جریان آب در خاک بود. برای این منظور فاکتورهای هیدرولیکی مؤثر یک خاک سیلتی لوم در آزمایش مزرعه‌ای در مکش‌های ۱٤، ٤، ۱ و ۰ سانتی‌متر آب توسط دستگاه نفوذسنج صفحه‌ای اندازه‌گیری شدند. تیمارها شامل شاهد (بدون عبور تراکتور)، ۲ بار و ٤ بار عبور تراکتور بودند. نتایج نشان داد که در تیمار شاهد، منافذ درشت و متوسط در لایه بالایی وجود دارد، در حالی‌که در ۲ تیمار دیگر در اثر تراکم ناشی از تردد تراکتور و فشار ناشی از آن، این دسته از منافذ تخریب و کاهش پیدا کرده بودند. در هر ۳ تیمار، منافذ درشت به‌رغم حجم خیلی‌کم، منافذ اصلی شرکت‌کننده برای جریان آب در خاک بودند.

واژه‌های کلیدی: تراکم خاک، منافذ متوسط و درشت، نفوذسنج صفحه‌ای، ویژگی‌های هیدرولیکی خاک

*مسئول مکاتبه: z.darvishpasand@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

با پیشرفت و توسعه تکنولوژی در سال‌های اخیر، کشاورزان به استفاده مفیدتر از نیروی کارگری، کاهش هزینه‌های تولید در هکتار و افزایش ظرفیت کاری ادوات ترغیب شده‌اند. افزایش ظرفیت ماشین‌های کشاورزی، اگرچه برتری‌هایی را به‌دنبال داشته است اما باعث فشردگی و افزایش گسترده تراکم خاک شده و اثرات منفی بر تولید محصولات کشاورزی گذاشته است. مخرب‌ترین اثر تردد ماشین‌های کشاورزی در مزارع، تراکم (فشردگی) خاک است. افزایش تراکم در خاک باعث کاهش خلل و فرج خاک شده، تهویه خاک و میزان اکسیژن آن را کاهش و دی‌اکسیدکربن را افزایش می‌دهد. این تغییرات باعث تأثیر منفی روی رشد گیاه می‌گردند. هم‌چنین تنش مکانیکی ناشی از عبور و مرور ماشین‌آلات کشاورزی باعث شکستن و خردشدن خاک‌دانه‌ها و اکسیداسیون مواد آلی تثبیت‌شده در خاک‌دانه‌ها می‌شود. از جهت دیگر تردد ماشین‌آلات، ویژگی‌های هیدرولیکی و منافذ خاک‌های کشاورزی را تغییر می‌دهد که این تغییرات، رشد ریشه و حرکت آب و املاح را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. مشاهده‌های مزرعه‌ای نشان داده است که مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی مانند آفت‌کش‌ها می‌توانند به سرعت در منطقه غیراشباع خاک به‌وسیله جریان ترجیحی (حرکت در منافذ درشت خاک) انتقال یافته و باعث آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی گردند (آنگولا- جارامیلو و همکاران، ۲۰۰۲). نقش منافذ متوسط و درشت برای جریان آب در خاک، به‌ویژه برای نفوذپذیری و حرکت سریع آب، املاح و آلاینده‌ها به‌خوبی شناخته شده است، به‌طوری‌که یکی از موضوعات مهم در مطالعات خاک‌شناسی می‌باشد (مورت و آرئو، ۲۰۰۷). بنابراین اندازه‌گیری ویژگی‌های هیدرولیکی خاک که شامل هدایت هیدرولیکی خاک و کمی‌سازی خصوصیات منافذ فعال در جریان آب می‌باشد، از اهمیت بالایی برای بیش‌تر مطالعات وابسته به خاک شامل کشاورزی، جنگل‌داری و هیدرولوژی برخوردار است. از جهت دیگر به‌دلیل طبیعت ناپایدار منافذ درشت خاک و نیز کمبود روش‌های اندازه‌گیری مناسب، بیان کمی خواص نام‌برده مشکل می‌باشد. اما در دهه‌های اخیر، نفوذسنج صفحه‌ای[1] (دیسک پرامتر) به‌عنوان یک وسیله عمومی و با ارزش برای مطالعات ویژگی‌های هیدرولیکی خاک‌های اشباع و نزدیک به اشباع می‌باشد. این وسیله یک روش به‌نسبت سریع با حداقل دست‌خوردگی خاک است که به‌طور مؤثر در دامنه مکشی آب منفذی نزدیک به صفر، جایی‌که منافذ درشت دارای بیش‌ترین فعالیت هیدرولیکی هستند و برای انتقال آب و املاح فعالیت می‌کنند، عمل

1- Disk Infiltrometer

www.SID.ir

می‌نماید (شریعتی، ۲۰۰۹؛ آنکنی و همکاران، ۱۹۹۱a؛ پروکس و وایت، ۱۹۸۸). بنابراین هدف از این مطالعه برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی و پارامترهای کمی توصیف‌کننده منافذ متوسط و درشت فعال هدایت‌کننده آب یک خاک سیلتی لوم تحت تراکم (ناشی از تردد ماشین‌آلات) با استفاده از نفوذسنج صفحه‌ای بود. با توجه به برتری داشتن ارزیابی خصوصیات هیدرولیکی در خاک‌های ساختمان‌دار در شرایط طبیعی در مقایسه با شرایط آزمایشگاهی، این مطالعه در مزرعه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

تعیین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک: برای تعیین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، در روش آنکنی و همکاران (۱۹۹۱b) که براساس تحلیل‌های وودینگ (۱۹٦۸) پایه‌گذاری شده است، حداقل به دو شدت نفوذ نهایی در دو مکش متفاوت (h_1 و h_2) نیاز می‌باشد، تا بتوان به‌وسیله یک تخمین مناسب از هدایت هیدرولیکی اشباع Ks (سانتی‌متر بر ثانیه) و عدد جذب α (یک بر سانتی‌متر) و با استفاده از مدل نمایی گاردنر (۱۹۵۸) تخمین مناسبی برای هدایت هیدرولیکی غیراشباع $k(h_i)$ ایجاد شده در مکش h_i به‌دست آورد:

$$k(h_i) = k_s \exp(h_i a) \qquad (۱)$$

تحت جریان پایدار، تحلیل‌های وودینگ برای شدت نفوذ از یک حوضچه مدور با شعاع r_i (سانتی‌متر) تحت یک بارآبی ثابت (مکش ثابت) در سطح خاک، براساس معادله نمایی گاردنر برای هدایت هیدرولیکی غیراشباع شرح داده شده به‌وسیله رابطه ۱ خواهیم داشت:

$$Q(h_i) = \pi r_i^2 k(h_i) + \frac{4 r_i}{\alpha} k(h_i) \qquad (۲)$$

که در آن، $Q(h_i)$: شدت جریان پایدار بر حسب (سانتی‌متر بر ثانیه)، در مکش ایجاد شده h_i می‌باشد. پارامترهای مجهول در رابطه ۲ عبارتند از عدد جذب α و هدایت هیدرولیکی غیراشباع $k(h)$ که می‌توان α را با استفاده از رابطه زیر برآورد نمود:

$$\alpha = \frac{\ln[Q(h_1)/Q(h_2)]}{h_1 - h_2} \qquad (۳)$$

www.SID.ir

که در آن، h_1 و h_2 مکش‌های اعمال‌شده می‌باشند و $Q(h_1)$ و $Q(h_2)$ به‌ترتیب شدت نفوذ نهایی در مکش‌های h_1 و h_2 می‌باشند. می‌توان با استفاده از چینش دوباره رابطه ۲، $k(h_i)$ را از رابطه زیر به‌دست آورد:

$$k(h_i) = \frac{Q(h_i)}{\pi r_i^2 + \frac{4 r_i}{\alpha}} \qquad (4)$$

حال با قرار دادن $k(h_i)$ در رابطه ۱ که همان معادله گاردنر می‌باشد، هدایت هیدرولیکی اشباع را می‌توان محاسبه نمود.

$$k_s = \frac{k(h_i)}{\exp(\alpha h_i)} \qquad (5)$$

تعیین منافذ فعال هدایت‌کننده آب در خاک: مدل واتسون و لوکس‌مور (۱۹۸۶) برای برآورد ویژگی‌های منافذ متوسط و درشت خاک براساس چندین فرضیه بنا شده است که شامل: ۱) جریان خطی برای آب منفذی، ۲) منافذ استوانه‌ای صاف و ۳) تعیین شعاع منفذ براساس تئوری صعود موئینگی، می‌باشند. این مدل اثر طول منفذ بر شدت جریان آب، براساس آن‌چه توسط اسمیتم (۱۹۸۶) به‌عنوان یک اثر غالب بیان شد، را نادیده می‌گیرد. در این روش C_i معادل حداکثر شعاع منفذ است که تحت مکش آبی اعمال‌شده (h_i)، پر از آب باقی‌مانده است که براساس تئوری صعود موئینگی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C_i = -\frac{2\sigma}{\rho g h_i} \qquad h_i < 0 \qquad (6)$$

در رابطه ۶، σ: کشش سطحی آب (گرم بر مجذور ثانیه)، ρ: دانسیته آب (گرم بر سانتی‌مترمکعب) و g: شتاب ثقل (سانتی‌متر بر مجذور ثانیه) می‌باشند. در این مطالعه تقسیم‌بندی منافذ به این صورت انجام شد که منافذ درشت آن دسته منافذی هستند که در مکش بیش‌تر از ۴ سانتی‌متر آب (C_i>۰/۳۷۵ میلی‌متر) زه‌کشی می‌شوند و منافذ متوسط، منافذی هستند که در مکش بین ۴ و ۱۴ سانتی‌متر آب (۰/۳۷۵>C_i>۰/۱۰۷ میلی‌متر) زه‌کشی می‌شوند. با استفاده از قانون پوازی برای جریان در یک لوله موئینه، واتسون و لوکس‌مور (۱۹۸۶) حداکثر تعداد منافذ درشت و متوسط فعال در واحد سطح، (N_{C_i}) را به‌صورت زیر تعریف نمودند:

www.SID.ir

$$N_{C_{\cdot}} = \frac{\lambda\mu(k_i - k_{i-1})}{\rho g \pi(C_{\cdot}^{\epsilon})} \qquad i = 1,2,...,n \qquad (7)$$

که در آن، $C_{\cdot}$: حداکثر شعاع منافذ برای دامنه مکشی خاک (سانتی‌متر)، k_i و k_{i-1}: هدایت هیدرولیکی غیراشباع در دو مکش متوالی اعمال شده (سانتی‌متر بر ثانیه) و μ: گرانروی آب (گرم بر سانتی‌متر ثانیه) می‌باشند. آن‌ها همچنین تخلخل مؤثر هدایت‌کننده آب را به‌صورت زیر تعیین نمودند:

$$\theta_{C_{\cdot}} = N_{C_{\cdot}} \pi(C_{\cdot}^{2}) \qquad (8)$$

در رابطه ۷ فرض می‌شود جریان خطی بوده و منافذ درشت کاملاً پر از آب بوده و به‌هم پیوسته نیستند و نیز اثر اعوجاج و گردنه‌های منفذ بر جریان آب معنی‌دار نمی‌باشد. بنابر چنین فرضیاتی نتیجه می‌شود که ($N_{C_{\cdot}}$) در واقع یک برآورد نسبی از منافذ فعال هیدرولیکی در عمق‌های سطحی در خاک می‌باشد و یک عدد مطلق از تعداد منافذ نیست (واتسون و لوکس‌مور، ۱۹۸٦). کامریا و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند با فرض $\frac{d_{\psi}}{d_z} = 0$ سهم هر کلاس منفذ از کل جریان آب، $K_{\Delta i}$ (درصد)، می‌تواند طبق رابطه زیر محاسبه گردد:

$$k_{\Delta i}(\%) = \frac{k_i - k_{i-1}}{k_s} \times 100 \qquad i = 1,2,...,n \qquad (9)$$

که در آن، n: تعداد اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در هر توالی، k_i و k_{i-1}: هدایت هیدرولیکی برای دو مکش متوالی و K_s: هدایت هیدرولیکی اشباع می‌باشند.

منطقه آزمایشی: آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. در ابتدا زمین توسط گاوآهن شخم (حدود ۳۰ سانتی‌متر) زده شد تا علاوه‌بر زیر خاک بردن کاه و کلش و علف‌های هرز، تراکم قبلی موجود در زمین نیز از بین رود. به‌طور متوسط در هر مزرعه برای یک دوره کشت ٤-۲ بار عبور ماشین‌آلات وجود دارد، که تعداد تردد ماشین‌آلات در محل دور زدن به ١٦-۸ بار نیز می‌رسد. در این پژوهش از تیمارهایی که به شرایط واقعی در مزرعه در یک دوره کشت نزدیک‌تر بودند، استفاده گردید. به این جهت مطالعه با ۳ تیمار تراکمی شامل شاهد (بدون

www.SID.ir

عبور)، ۲ بار عبور، و ٤ بار عبور تراکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار انجام گردید. تراکتور مورد استفاده در این پژوهش، مدل MF399 از تراکتورهای رایج میان‌قدرت در ایران است. مشخصات عمومی تراکتور مورد استفاده در جدول ۱ ارایه شده است. در هر تیمار در ۳ مکان مجزا با استفاده از دستگاه نفوذسنج صفحه‌ای[1] با قطر دیسکت ۲۰ سانتی‌متر داده‌های لازم برای برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک برداشت گردید (برای صحت‌سنجی دستگاه، مانند ارزیابی توانایی اعمال مکش‌های مختلف و نیز توانایی خود تنظیمی دستگاه برای اندازه‌گیری ضریب هدایت هیدرولیکی غیراشباع و اشباع در خاک‌هایی با بافت‌های مختلف انجام شده است (شریعتی، ۲۰۰۹).

جدول ۱- مشخصات تراکتور مورد استفاده در مطالعه.

مشخصه	واحد
عرض تراکتور	۲ متر
طول تراکتور	٤/۳ متر
وزن تراکتور (باک پر)	۳٦۷۷ کیلوگرم
حداکثر بار استاتیکی اکسل جلو	٤۹۰٤ کیلوگرم
سرعت پیشروی	٤: ۰/٤ کیلومتر بر ساعت ۵: ۵/۷ کیلومتر بر ساعت ٦: ۷/٤ کیلومتر بر ساعت

روش اندازه‌گیری نفوذپذیری آب در خاک: ابتدا سطح خاک تمیز (عاری از سنگ و کاه و کلش) و سپس به حالت تراز در آورده شد، پس از آن یک لایه به قطر ۵-۳ میلی‌متر از ماسه نرم بر روی مکان موردنظر برای تماس بهتر و کامل‌تر دیسک با خاک زیرین ریخته شد. برداشت داده توسط دستگاه نفوذسنج صفحه‌ای از مکان‌های مجاور با فاصله حدود ۵۰-۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر انجام شد تا از اختلاط جبهه‌های رطوبتی هر برداشت با برداشت قبلی جلوگیری شده و نیز اختلافات مکانی موجود در خاک به حداقل برسد. برج حباب دستگاه نفوذسنج صفحه‌ای، پتانسیل یا مکش h، مورد استفاده بر روی سطح را با تنظیم ارتفاع آب در لوله ورودی هوا کنترل می‌کند، آن‌چنان‌که منافذ خاک به‌طور ذاتی به انرژی معادل h، برای غالب آمدن بر آبی که در زیر آن مکش در مخزن نگه‌داری می‌شود نیاز دارند.

۱- ساخت شرکت مهندسی کشاورزی فرخ‌پارس چهارمحال

Archive of SID
www.SID.ir

اندازه‌گیری‌های نفوذپذیری با چهار مقدار مکش ۱٤، ٤، ۱ و ۰ سانتی‌متر آب انجام گردید. میزان افت سطح آب در مخزن دستگاه، تحت مکش تنظیم‌شده در فواصل زمانی معین قرائت گردید. در ادامه تجزیه و تحلیل داده‌های خام صحرایی به روش آنکنی و همکاران (۱۹۹۱b) برای تعیین ویژگی‌های هیدرولیکی و نیز برآورد خصوصیات منافذ فعال هدایت‌کننده آب در خاک به روش واتسون و لوکس‌مور (۱۹۸٦) انجام گردید.

نتایج و بحث

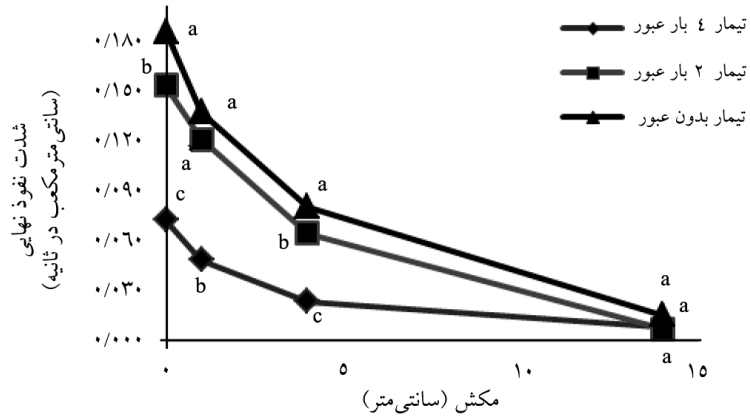
وزن مخصوص ظاهری خاک: خاک مزرعه در هر ۳ تیمار مورد پژوهش با دارا بودن ۲۲ درصد رس، ۵۱ درصد سیلت و ۲۷ درصد شن در کلاس بافت سیلتی لوم قرار گرفت. مقادیر متوسط وزن مخصوص ظاهری تیمارها در سطح خاک در ۳ تکرار تعیین گردید که در جدول ۲ ارایه شده است. اعداد به‌دست آمده از مقادیر وزن مخصوص ظاهری خاک در ۳ تیمار نشان می‌دهد که فرآیند تراکم باعث کاهش تخلخل کل و در نتیجه افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک شده است.

جدول ۲- متوسط وزن مخصوص ظاهری سطح خاک و رطوبت حجمی اولیه و نهایی ۳ تکرار برداشت داده در تیمارها.

تیمار مورد مطالعه	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	رطوبت حجمی اولیه (سانتی‌مترمکعب بر سانتی‌مترمکعب)	رطوبت حجمی نهایی (سانتی‌مترمکعب بر سانتی‌مترمکعب)
شاهد (بدون عبور تراکتور)	۱/۲۸	۰/۱٤	۰/۳٤
۲ بار عبور تراکتور	۱/۳٦	۰/۱٦	۰/۳۲
٤ بار عبور تراکتور	۱/٤۹	۰/۱٦	۰/۳۱

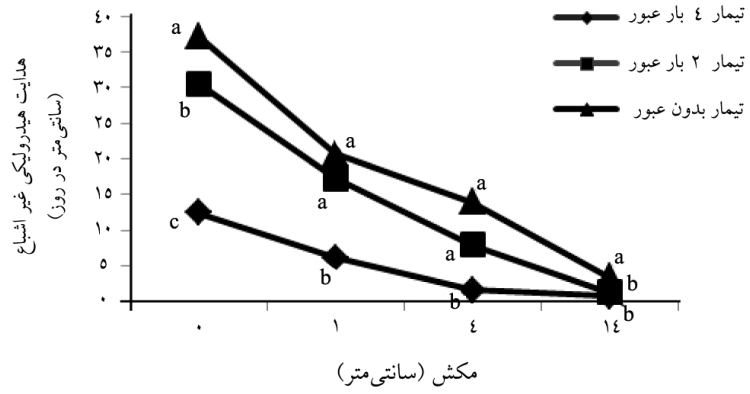
شدت نفوذ نهایی و هدایت هیدرولیکی خاک: شکل‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب شدت نفوذ نهایی و هدایت هیدرولیکی غیراشباع اندازه‌گیری‌شده در مکش‌های مختلف و تیمارهای مورد آزمایش را نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، در همه مکش‌ها بیش‌ترین شدت نفوذ آب در خاک و هدایت هیدرولیکی غیراشباع مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین مقادیر را تیمار ٤ بار عبور با بیش‌ترین سطح فشردگی شامل می‌باشند. اختلاف بین شدت نفوذ آب در خاک و هدایت هیدرولیکی غیراشباع در ۳ تیمار به‌طور مشخص اثر سطح فشردگی (تراکم خاک) را نشان می‌دهد.

www.SID.ir



شکل ۱- مقایسه متوسط شدت نفوذ نهایی در مکش‌های مختلف ۳ تیمار.

(نقاط دارای حروف همانند دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با آزمون LSD نیستند)



شکل ۲- مقایسه متوسط هدایت هیدرولیکی غیراشباع در مکش‌های مختلف ۳ تیمار.

با تجزیه و تحلیل آماری داده‌های برآوردشده شدت نفوذپذیری نهایی در هر مکش، مشخص گردید که اثر تراکم خاک بر این پارامتر در مکش‌های ۰، ۱ و ٤ سانتی‌متر آب در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار و در مکش ۱٤ سانتی‌متر آب معنی‌دار نمی‌باشد. عدم معنی‌داری در مکش بالا (۱٤ سانتی‌متر آب) به منافذ فعال در نفوذ آب در خاک تحت این مکش بر می‌گردد. با افزایش تراکم خاک، مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت، به‌صورتی‌که در تیمار ٤ بار عبور (تیمار با

www.SID.ir

بیش‌ترین سطح تراکم)، کم‌ترین مقدار هدایت هیدرولیکی غیراشباع در هر ٤ مکش اندازه‌گیری گردید (شکل ۱). هدایت هیدرولیکی قدرت و توان خاک را در انتقال آب نشان می‌دهد و نتایج این پژوهش نشان داد که تراکم خاک به‌طور معنی‌داری بر خصوصیات هیدرولیکی، نفوذپذیری و جریان آب در خاک اثر می‌گذارد (آنکنی و همکاران، ۱۹۹۱b؛ یاوزکان، ۲۰۰۰؛ مورت و آرئو، ۲۰۰۷).

همچنین در شکل‌های ۱ و ۲ مشخص است که بیش‌ترین اختلاف در شدت نفوذ نهایی و هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک بین ۳ تیمار در مکش‌های کم می‌باشد و در مکش‌های بالاتر داده‌های نزدیک به هم به‌دست آمد. در مکش‌های نزدیک به صفر، جریان آب توسط منافذ درشت انجام شده و با افزایش مکش در خاک، جریان توسط منافذ متوسط کنترل می‌گردد و همه متغیرها به‌صورت تدریجی کاهش می‌یابند. در بخش تئوری نیز ذکر شد از مکش‌های کم (کم‌تر از ٤ سانتی‌متر آب) برای تعیین منافذ درشت استفاده می‌شود. با توجه به شکل ۲ افزایش هدایت هیدرولیکی غیراشباع در مکش‌های کم (۰ و ۱ سانتی‌متر آب) یعنی در شرایط رطوبتی نزدیک به اشباع نشان‌دهنده وجود شبکه‌های منافذ درشت در هر ۳ تیمار تراکمی بود.

ویژگی‌های منافذ فعال هیدرولیکی خاک: حداکثر تعداد منافذ فعال هیدرولیکی در واحد سطح (N_{C_i}) در ۲ کلاس اندازه منفذ (متوسط و درشت) برای هر ۳ تیمار بر طبق مدل واتسون و لوکس‌مور (رابطه ۷) محاسبه گردید که نتایج در جدول ۳ ارایه شده است. اثر تیمار بر پارامتر ذکر شده در سطح ۰/۰۰۱ درصد معنی‌دار گردید.

جدول ۳- تعداد منافذ فعال هیدرولیکی در واحد سطح در ۲ کلاس اندازه متوسط و درشت (داده‌ها میانگین ۳ تکرار هستند)

تیمار	حداکثر شعاع منفذ (C_i) (میلی‌متر)	
	منافذ درشت*	منافذ متوسط
شاهد (بدون عبور تراکتور)	۲۰	۲٤٦٤
۲ بار عبور تراکتور	۱٦	۲٤۲۱
٤ بار عبور تراکتور	۹	٤۹۹

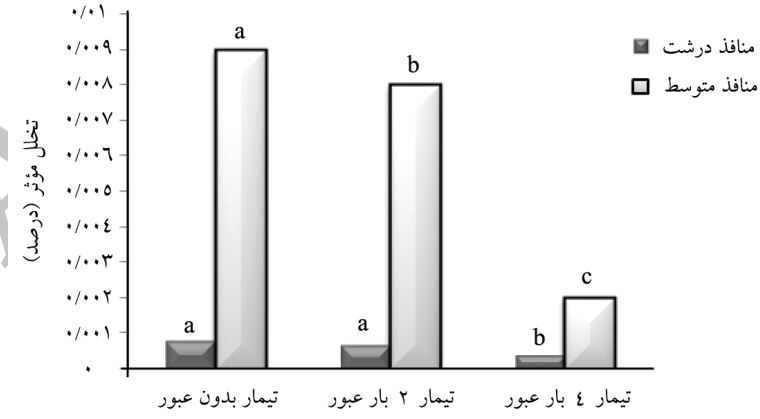
*منافذ درشت (منافذی با شعاع بزرگ‌تر از ۰/۳۷۵ میلی‌متر) و منافذ متوسط (منافذی با شعاع بین ۰/۳۷۵ و ۰/۱۰۷ میلی‌متر).

حداکثر تعداد منافذ فعال هیدرولیکی رابطه معکوسی با شعاع منفذ دارد، به‌صورتی‌که برای همه تیمارها تعداد منافذ فعال هیدرولیکی در واحد سطح، با کاهش شعاع منفذ از ۰/۳۷۵–۰/۱۰۷ میلی‌متر افزایش یافت. تعداد منافذ درشت در تیمار ۲ بار و ٤ بار عبور نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۵ و ۵۲

www.SID.ir

درصد کاهش یافتند، در حالی‌که تعداد منافذ متوسط به‌ترتیب ۱ و ۷۹ درصد نسبت به تیمار بدون عبور تراکتور کاهش داشتند. در تیمار شاهد، منافذ درشت و متوسط در لایه سطحی ایجاد شده بود، در صورتی‌که در ۲ تیمار دیگر در اثر تراکم ناشی از تردد تراکتور، این دسته از منافذ خاک سطحی تخریب و کاهش پیدا کرده بودند که این امر باعث کاهش هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک گردید (شکل ۲). بنابراین عبور چرخ‌های تراکتور در لایه بالایی (در حداکثر عمق خاک‌ورزی) یک اثر فیزیکی مستقیم بر روی خاک می‌گذارد و باعث شکسته‌شدن و تخریب خاک‌دانه‌های خاک می‌گردد و آن‌ها را به خاک‌دانه‌های کوچک‌تر تبدیل می‌کند. در حقیقت تراکم ناشی از تردد ماشین‌آلات کشاورزی منافذ را به‌سمت ریزتر شدن پیش می‌برد. همچنین می‌توان بیان نمود که منافذ درشت (ماکروپورها) به نوع مدیریت خاک بسیار حساس می‌باشند. منافذ درشت و طیف کوچکی از منافذ متوسط (مزوپورها) حداقل پایداری را در کلاس اندازه ذرات دارند.

تخلخل مؤثر (θ_{C}) برای هر ۳ تیمار بر طبق مدل واتسون و لوکس‌مور (رابطه ۷) محاسبه شد (شکل ۳). تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به تخلخل مؤثر نشان داد که اثر تیمار تراکم بر تخلخل مؤثر در هر ۲ کلاس منافذ درشت و متوسط در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بود. مقادیر به‌دست آمده نشان می‌دهد در همه تیمارها منافذ درشت درصد خیلی کمی از کل تخلخل را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین تیمار ٤ بار عبور به‌دلیل تراکم بیش‌تر ناشی از تردد تراکتور، کم‌ترین تخلخل مؤثر را در بخش منافذ درشت و متوسط نشان داد.



شکل ۳- مقایسه تخلخل مؤثر محاسبه شده به‌عنوان درصدی از تخلخل کل برای هر کلاس منفذ در ۳ تیمار.
(نقاط دارای حروف همانند دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با آزمون LSD نیستند)

www.SID.ir

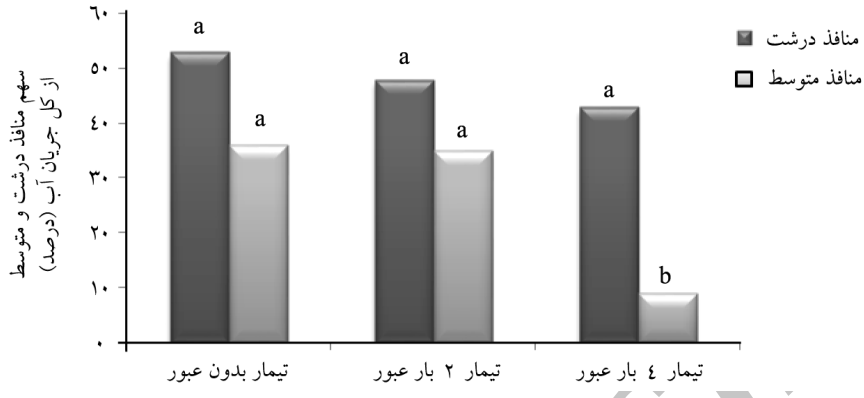
فرایند تراکم حجم کل خلل و فرج را کاهش داده است، در نتیجه خصوصیات هیدرولیکی خاک به‌طور معنی‌داری تغییر کرده است. در این مطالعه در بخش شدت نفوذ نهایی و هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک (شکل‌های ۱ و ۲) مشاهده شد که کم‌ترین شدت نفوذ آب در خاک و هدایت هیدرولیکی غیراشباع در هر ٤ مکش مربوط به تیمار ٤ بار عبور با کم‌ترین تخلخل موثر هیدرولیکی می‌باشد. تخلخل درشت فضایی است که مسیرهای ترجیحی جریان را به‌وجود می‌آورند. مشاهده‌های مزرعه‌ای نشان داده که مواد شیمیایی کشاورزی (آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها) می‌توانند به سرعت بین نواحی غیراشباع خاک‌ها از طریق مسیرهای جریان ترجیحی انتقال یابند، بنابراین وجود این مسیرها خطر آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را افزایش دهند (آنگولا جارامیلو و همکاران، ۲۰۰۰). با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که اندازه، تعداد و تخلخل منافذ در خاک‌های دارای ساختمان که همگی در ویژگی‌های انتقال و ابقاء آب شرکت دارند، متأثر از تراکم می‌باشند. در نهایت تراکم ناشی از تردد ماشین‌آلات در مزرعه، چگالی ظاهری خاک را افزایش داده و حجم کل منافذ درشت را کاهش می‌دهد و در نتیجه خصوصیات هیدرولیکی خاک به‌طور معنی‌داری تغییر می‌کند. نتایجی مشابه توسط آنکنی و همکاران (1991a)، کامریا و همکاران (۲۰۰۳) و مالون و همکاران (۲۰۰۳) گزارش گردیده است. شکل ٤ سهم منافذ درشت و متوسط از کل جریان آب در خاک برای هر ۳ تیمار محاسبه شده را نشان می‌دهد. نبود اختلاف معنی‌دار بین سهم منافذ درشت در جریان آب نشان می‌دهد که منافذ درشت در هر ۳ تیمار، منافذ اصلی در انتقال آب در خاک هستند و تراکم خاک بر این پارامتر تأثیرگذار نبود (جدول ٤).

جدول ٤- تجزیه و تحلیل آماری سهم ۲ کلاس منفذی از کل جریان تعیین شده در ۳ تیمار.

پارامتر	آزمون F	سطح معنی‌داری
سهم منافذ درشت از کل جریان آب	۰/۱۰۸	۰/۸۹۹^{ns}
سهم منافذ متوسط از کل جریان آب	۷۱/٤٤	۰/۰۰۰**

** معنی‌داری در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌داری.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ٤- مقایسه سهم منافذ درشت و متوسط از کل جریان آب در خاک در ۳ تیمار.
(نقاط دارای حروف همانند دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با آزمون LSD نیستند)

این پژوهش نشان داد به‌رغم مقدار خیلی‌کم تخلخل منافذ درشت نسبت به تخلخل منافذ متوسط در هر ۳ تیمار، این منافذ بیش‌ترین سهم از جریان آب در خاک را به خود اختصاص داده‌اند، بنابراین منافذ درشت مسیرهای اصلی جریان آب در خاک محسوب می‌شوند. این مشاهده‌ها با نتایج کامریا و همکاران (۲۰۰۳) و مورت و آرئو (۲۰۰۷) مطابقت دارد. نتایج تجزیه آماری سهم منافذ درشت از کل جریان آب در خاک نیز گواهی بر نتایج بیان شده می‌باشد، زیرا اثر تراکم بر این فاکتور معنی‌دار نشده است و در همه تیمارها منافذ درشت سهم اصلی از جریان را شامل می‌شوند، اما سهم منافذ متوسط در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار شده است (جدول ٤). پژوهش‌های انجام شده برای کمی‌سازی جریان منافذ درشت تحت شرایط بارندگی نشان داده است که بیش از ۷۰ درصد جریان آب در این منافذ حرکت می‌کند. در واقع وقتی مکش نزدیک به صفر باشد جریان آب و املاح، بیش‌تر از طریق منافذ درشت انجام می‌گیرد و منافذ کوچک مسیرهای فرعی آب می‌باشند. جریان در منافذ درشت و تغییرپذیری فاصله‌ای به‌عنوان یک پارامتر مهم برای واکنش‌های انتقال آب و املاح در خاک محسوب می‌گردد. بنابراین می‌توان کاهش در نفوذپذیری آب در خاک را به‌وسیله تابعی نمایی از اندازه منافذ بزرگ شرکت‌کننده در جریان توصیف نمودند.

www.SID.ir

منابع

1.Angulo-Jaramillo, R., Vandervaere, J.P., Roulier, S., Thony, J.L., Gaudet, J.P., and Vauclin, M. 2000. Field measurement of soil surface hydraulicproperties by discand ring infiltrometers. A review and recent developments. Soil and Tillage Res. 55: 1-29.

2.Ankeny, M.D., Kaspar, T.C., and Horton, R. 1991.Characterization of tillage and traffic effects on unconfined Infiltration measurements. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 837-840.

3.Ankeny, M.D., Kaspar, T.C., and Horton, R. 1991. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 467-470.

4.Cameira, M.R., Fernando, R.M., and Pereira, L.S. 2003. Soil macropore dynamics affected by tillage and irrigation for a silty loam alluvial soil in southern Portugal. Soil and Tillage Res. 70: 131-140.

5.Gardner, W.R. 1958. Some steady-stade solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evapopration from water table. Soil Science. 85: 228-232.

6.Malone, R.W., Logsdon, S., Shipitalo, M.J., Weatherington-Rice, J., and Ahuja, L. 2003. Tillage effect on macroporosity and herbicide transport in percolate. Geoderma. 116: 191-215.

7.Moret, D., and Arrue, J.L. 2007.Characterizing soil water-conducting Macro and Mesoporosity as influenced by tillage using tension infiltrometry. Soil Sci. Soc. Am. J. 71: 500-506.

8.Perroux, K.M., and White, I. 1988. Design for disc permeameters. Soil Sci. Soc. Amer. J. 52: 1205-1215.

9.Shariaty, M. 2009. Composition and Evaluation of Infiltrometer (Disk permeameter). Thesis of M.Sc. of Soil Science, Pp: 34-67.

10.Smettem, K., and Clothier, B. 1989. Measuring saturated hydraulic conductivity using multiple disc permeameters, J. Soil Sci. 40: 563-568.

11.Watson, K.W., and Luxmoore, R.J. 1986. Estimating macroporosity in a forestwatershed by the use of a tension infiltrometer. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 578-582.

12.Wilson, G.V., and Luxmoore, R.J. 1988. Infiltration, macroporosity and mesoprosity distribution on two forested watersheds. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 329-335.

13.Yavuzcan, H.G. 2000. Wheel traffic impact on soilconditions as influenced by tillage system in Central Anatolia. Soil and Tillage Res. 54: 129-138.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 20(5), 2013
http://jwsc.gau.ac.ir

Evaluation of effects of agricultural machinerys traffics on soil water-conducting meso and macropores using disk infiltrometer

***Z. Darvishpasand[1], G. Sayyad[2], M. Shariaty[3] and Y. Mansory[4]**

[1]M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz,
[2]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz,
[3]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz,
[4]Assistant Prof., Dept. of Agricultural Machinery, Shahid Chamran University of Ahvaz
Received: 11/16/2011; Accepted: 12/25/2012

Abstract

Soil compaction which results from soil agricultural machinery traffic, changes hydraulic and pores of soil properties, thus influences root growth, and water and solute transport through the soil. Therefore knowledge of the properties of active soil water conductive pores is important. The objective of this study was to evaluate the effects of compaction on soil hydraulic properties, included porosity, number of meso and macropores and also contribution of pores to the water flux in soil. For this purpose, the soil hydraulic parameters were measured using a disk infiltrometer at 14, 4, 1 and 0 cm water pressure suction at a silty loam soil in a field experiment. The treatments included control (no tractor passes), 2 and 4 tractor passes. The results showed that in control treatement, meso and macropores in the upper layer were present, while in the other two treatments, because of compaction caused by passing tractor, macro and mesopores were both destroyed and decreased. In spite of the very low macroposity volume, in all three treatments, macropores were the main effective pores for water flow.

Keywords: Disk infiltrometer, Macro and mesopores, Soil compaction, Soil properties hydraulic

* Corresponding Author; Email: z.darvishpasand@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir