

تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع خاک و مقایسه دو روش اندازه‌گیری آن‌ها در سه روش خاک‌ورزی در ذرت تابستانه در شمال استان خوزستان

مصطفی باقری^{۱*}، زهرا ایزد پناه^۲، سعید برومند نسب^۳ و محمد خرمیان^۴

۱- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول

تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۰

چکیده

ضریب هدایت هیدرولیکی خاک از پارامترهای بسیار مهم در فیزیک خاک و طراحی سیستم‌های زهکشی است. در این تحقیق نفوذ پایه، سرعت نفوذ، هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و در سه تکرار در مزرعه ذرت در شمال خوزستان (دزفول) در سال ۱۳۹۲ تعیین گردید. تیمارها شامل بی‌خاک‌ورزی (NT)، کم‌خاک‌ورزی (MT) و خاک‌ورزی مرسوم بودند. به منظور مقایسه تاثیر روش اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع با دو روش استوانه دوگانه و نفوذسنج مکشی بر روش‌های خاک‌ورزی از آزمون فاکتوریل استفاده گردید. اندازه‌گیری‌های نفوذسنج مکشی در مکش‌های ۱۵، ۱۰، ۵، ۳ و صفر انجام شد. نتایج نشان داد که نفوذ پایه، سرعت نفوذ و هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع (به جز در مکش‌های ۱۰ و ۱۵) در روش خاک‌ورزی مرسوم به طور معنی‌دار از دو روش دیگر خاک‌ورزی بالاتر بود ($P < 0.01$). مقایسه دو روش اندازه‌گیری نشان داد که بین دو روش اندازه‌گیری اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بر این اساس مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع در روش نفوذسنج مکشی نسبت به استوانه دوگانه بالاتر بود.

کلید واژه‌ها: هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع، نفوذسنج مکشی، استوانه دوگانه، خاک.

Estimation of Hydraulic Conductivity of Saturated and Unsaturated Soils Measured by Two Methods of Tillage Corn in Summer in the Northern Province of Khuzestan

M. Bagheri^{1*}, Z. Izadpanah², S. Boromand- Nasab³ and M. Khorramian⁴

1* - Msc Student Irrigation and Drainage, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

2- Assistant Professor of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

3- Professor of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

4- Assistant Professor, Dezful-Safiabad Agricultural Research Center.

Received: 9 February 2014

Accepted: 19 November 2014

Abstract

The soil hydraulic conductivity (K_s) is very important parameters in soil physic and the designing of drainage systems. In this study the basic infiltration rate, infiltration rate and the saturated and unsaturated soil hydraulic conductivity were determined in a randomized complete block design with three treatments and three replications in a corn field in north of Khuzestan (Dezful) in 2013. The treatments were including No Tillage (NT), Minimum Tillage (MT) and conventional Tillage (CT) methods. In order to compare the effect of mesearing method of saturated hydraulic conductivity with two methods of double rings and disc permeameter on tillage methods the factorial test were used. The measuring of disc permeameter was performed

in 15, 10, 5, 3, zero suctions. The results showed that the basic infiltration rate, infiltration rate and saturated and unsaturated (except 10 and 15 suctions) hydraulic conductivity in CT method were significantly higher than the other methods of tillage ($P < 0.01$). Comparing of the two measuring methods showed there were significantly difference between them. According to this the value of saturated hydraulic conductivity in disc permeameter method was higher than double rings method.

Keywords: Saturated and unsaturated hydraulic conductivity, Disc permeameter, Double rings, Tillage

برای رسیدن به چنین هدفی استفاده از استوانه های بسیار بزرگ اجتناب ناپذیر است (کوک^۹، ۲۰۰۲). از روش های اندازه گیری پارامترهای هیدرولیکی خاک استفاده از نفوذسنج مکشی است که توسط پروکس و وایت (۱۹۸۸) معرفی گردیده است. نفوذسنج مکشی، به علت سهولت استفاده، یکی از معروف ترین ابزارها برای اندازه گیری ویژگی های آبی اشباع و غیراشباع خاک در مزرعه می باشد (مورت و آرو^{۱۰}، ۲۰۰۷). این روش قابلیت استفاده نسبتاً سریع را در مزرعه با حداقل به هم خوردگی در سطح خاک دارد. این دستگاه را نیز می توان در محدوده توان ماتریک نزدیک صفر، یعنی جایی که منافذ خاک فعالیت آبی بالایی را در انتقال آب و املاح دارند، به کاربرد (آنکنی و همکاران^{۱۱}، ۱۹۹۱).

این تحقیق به منظور بررسی تاثیر کوتاه مدت روش های مختلف خاک ورزی بر برخی پارامترهای فیزیکی و هیدرولیکی خاک مانند جرم مخصوص ظاهری، درصد مواد آلی، نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع خاک و مقایسه بین دو روش اندازه گیری نفوذسنج دیسک و استوانه مضاعف در تحلیل وضعیت منافذ آبگذر و خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک انجام شد.

مواد و روش ها

این تحقیق از تیر ماه تا آذر ماه سال ۱۳۹۲ در مزرعه ذرت در مرکز تحقیقات صفی آباد دزفول واقع در شمال خوزستان انجام گردید. محل انجام آزمایش با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی در جنوب شرق شهرستان دزفول قرار داشته و ارتفاع اراضی این مرکز از سطح دریا ۸۲/۹ متر می باشد. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تیمار و سه تکرار (بلوک) انجام شد. تیمارهای اصلی آزمایش شامل سه روش خاک ورزی زیر بودند:
بی خاک ورزی^{۱۲} (NT) با دستگاه خطی کار بی خاک ورزی.
کم خاک ورزی^{۱۳} (MT) با دوبار دیسک دو طرفه.
خاک ورزی مرسوم^۱ (CT) با گاواهن برگردان دار به علاوه دو بار دیسک عمود بر هم.

مقدمه

ضریب هدایت هیدرولیکی خاک از پارامترهای بسیار مهمی است که در طراحی زهکشی و آبیاری مورد استفاده قرار می گیرد. هدایت هیدرولیکی اشباع خاک یا ضریب آبگذری اشباع خاک نشان دهنده ی وضعیت سرعت حرکت آب در خاک می باشد. هدایت هیدرولیکی در نقاط مختلف یک مزرعه و حتی در یک نقطه در اعماق مختلف خاک متفاوت است. بنابراین هدایت هیدرولیکی پارامتری است که تغییرپذیری آن نسبت به مکان زیاد است (علیزاده، ۱۳۸۸). خاک ورزی از طریق تاثیر بر شرایط سطحی و زیر سطحی خاک، وضعیت آب و خاک را متاثر می نماید. تعداد، پیوستگی و قدرت هدایتی منافذ خاک که در اثر خاک ورزی تغییر می نماید باعث تغییر ویژگی های هیدرولیکی خاک می گردد (بون^۱، ۱۹۸۸). برای تعیین هدایت هیدرولیکی روش های مختلفی ارائه شده که شامل روش های آزمایشگاهی و صحرایی می شود. یکی از معایب روش های آزمایشگاهی به هم خوردگی خاک هنگام نمونه برداری می باشد، به همین دلیل در طرح های اجرایی، روش های صحرایی کاربرد بیشتری دارند (رینولدز^۲، ۱۹۹۳). از روش های صحرایی معمول می توان به روش نفوذسنج تک حلقه (تک استوانه)، روش استوانه های دوگانه و روش پرمامتر دیسک یا نفوذسنج مکشی^۳ اشاره کرد (رینولدز و الریک^۴، ۱۹۹۲). استوانه های مضاعف (باور^۵، ۱۹۸۶) و دستگاه نفوذسنج مکشی (پروکس و وایت^۶، ۱۹۸۸)، وسایل ساده، سریع و مناسب برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی خاک بر اساس اندازه گیری های نفوذ می باشند (بودهینایاک و همکاران^۷، ۲۰۰۴).

استوانه های دوگانه، به طور گسترده ای در مزرعه برای تعیین هدایت آبی اشباع خاک به کار برده می شوند (ایوانک^۸، ۲۰۰۸). این روش به دلیل سهولت کاربرد و کم هزینه بودن، استفاده ای گسترده دارد. در روش استوانه های دوگانه فرض بر آن است که استوانه ی بیرونی مانع از ایجاد جریان جانبی در خاک و در نتیجه باعث ایجاد جریان کاملاً عمودی آب در آن می شود، اما مطالعات اخیر نشان داده است که

- 1 -Boone
- 2 -Reynolds
- 3 -Disc Permeameter
- 4 -Reynolds and Elrick
- 5 - Bower
- 6 - Perroux and White
- 7 - Bodhinayake *et al.*
- 8 - Iwanek

- 9 - Cook
- 10 - Moret and Arrue
- 11 - Ankeny *et al.*
- 12 -No Tillage
- 13 -Minimum Tillage

تابع نمایشی هدایت هیدرولیکی گاردنر^۴ (۱۹۵۸)، با استفاده از رابطه (۳) به دست می‌آید:

$$\frac{Q(h)}{\pi r^2} = K_s \exp(ah) \left[1 + \frac{4}{\pi r \alpha} \right] \quad (3)$$

در این رابطه، $Q(h)$: سرعت نفوذپذیری پایدار ($L^3 T^{-1}$) تحت پتانسیل ماتریک (h) ، r : شعاع نفوذسنج دیسک (L)، α : شاخص توزیع اندازه خلل و فرج گاردنر (L^{-1}) و K_s : هدایت هیدرولیکی اشباع می‌باشند. با برقراری رگرسیون غیرخطی بین پتانسیل‌های ماتریک با سرعت‌های نفوذپذیری، پارامترهای α و K_s بدست آمد. سپس مقادیر K : هدایت هیدرولیکی برای سایر پتانسیل‌های ماتریک با استفاده از تابع نمایشی گاردنر (رابطه ۴) تعیین می‌گردد:

$$K = K_s \exp(ah) \quad (4)$$

به منظور مقایسه میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک اندازه‌گیری شده با دو روش استوانه‌های دوگانه و نفوذسنج مکشی از آزمون فاکتوریل استفاده شد.

بررسی یکنواختی داده‌های به دست آمده، محاسبه پارامترها و برازش مدل‌ها برای داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار آماری نسخه SPSS 16 انجام گرفت. پردازش داده‌ها و نمودارهای برازش شده با استفاده از نرم‌افزار اکسل 2007 انجام شد.

نتایج و بحث

جدول (۱) برخی از خصوصیات فیزیکی خاک را در تیمارهای مختلف در انتهای آزمایش نشان می‌دهد.

به‌عنوان یک اصل بدیهی روش خاک‌ورزی تأثیری در بافت خاک نداشته و در سه تیمار خاک‌ورزی بافت لومی‌رسی تعیین گردید (جدول ۱).

اختلاف مقادیر جرم مخصوص در سه تیمار خاک‌ورزی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است ($F=11/5$ ، $P<0/01$) که بر این اساس جرم مخصوص در روش بی‌خاک‌ورزی (۱/۴۹) نسبت به دو روش کم‌خاک‌ورزی (۱/۳۱) و خاک‌ورزی مرسوم (۱/۲۹) بیشتر بوده است.

درصد مواد آلی خاک در سه تیمار خاک‌ورزی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است ($F=23/6$ ، $P<0/01$)، به طوری که دو روش بی‌خاک‌ورزی (۱/۱۲ درصد) و کم‌خاک‌ورزی (۰/۹۴ درصد) نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم (۰/۶۱ درصد) بیشتر بودند.

برای اندازه‌گیری نفوذ پایه، سرعت نفوذ و تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک از روش استوانه‌های دوگانه در سه روش خاک‌ورزی استفاده شد و تجزیه تحلیل‌ها با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گردید. در این روش از دو استوانه با قطرهای ۳۵ و ۵۰ سانتی‌متری به‌طور هم محور تا عمق هشت سانتی‌متری در خاک فرو رفتند. داخل هر دو استوانه، عمقی معادل ۱۵ سانتی‌متر آب ریخته شد. سپس اندازه‌ی ورود آب به خاک در استوانه داخلی در شرایط بار ثابت تعیین گردید (باور، ۱۹۸۶). در این روش، هرگاه مقادیر تغییرات سطح آب در استوانه داخلی در واحد زمان در سه اندازه‌گیری متوالی، تقریباً یکسان و ثابت شد به عنوان نفوذ پایه (q_s) در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین نفوذ پذیری خاک از معادله سه جمله‌ای فیلیپ استفاده شد (رابطه ۱). ضرایب معادله فیلیپ با استفاده از رگرسیون غیر خطی تعیین و منحنی مربوطه برازش شد. برای تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (K_s) به روش استوانه‌های دوگانه در روش‌های خاک‌ورزی مختلف از رابطه نفوذ سه جمله‌ای فیلیپ و ضرایب بدست آمده، استفاده شد رابطه ۲:

$$Z = C_1 t^{0.5} + C_2 t + C_3 t^{1.5} \quad (1)$$

$$K_s = (3 \times C_1 \times C_3)^{0.5} + C_2 \quad (2)$$

در روابط (۱) و (۲)، Z : نفوذ تجمعی (cm)، t : زمان نفوذ (min)، C_1 ، C_2 و C_3 : ضرایب معادله فیلیپ، K_s : هدایت هیدرولیکی اشباع می‌باشند.

برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع خاک در پنج بار مکشی ۱۵، ۱۰، ۵، ۳ و صفر سانتی‌متر، از روش نفوذسنج مکشی استفاده شد و تجزیه تحلیل‌ها برای هر بار مکشی در سه روش خاک‌ورزی با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گردید.

برای استفاده از این روش، پیش از آغاز آزمایش سطح خاک از هر نوع پوشش گیاهی، سنگ و کاه و کلش تمیز شد و به سطح هموار و ترازوی تبدیل گردید. سپس بر روی این سطح آماده شده برای تماس بهتر دیسک با سطح خاک، مقداری ماسه بادی نرم به شعاع دیسک و به ضخامت حدوداً پنج میلی‌متر ریخته شد. بعد از آماده کردن محل هر آزمایش و قرار دادن دستگاه بر روی خاک، اندازه‌گیری‌ها انجام شد.

با استفاده از روش لوگسدون و جینیز^۲ (۱۹۹۳)، مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع و اشباع در روش‌های خاک‌ورزی مختلف از مقادیر سرعت‌های نفوذپذیری پایدار سه بعدی در پتانسیل‌های ماتریک مختلف محاسبه گردید. روش فوق بر اساس حل تقریبی معادله ووڈینگ^۳ (۱۹۶۸) برای سرعت نفوذپذیری پایدار نامحدود و

1 - Conventional Tillage
2 - Logsdon and Jaynes
3 - Wooding

باقری و همکاران: تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع...

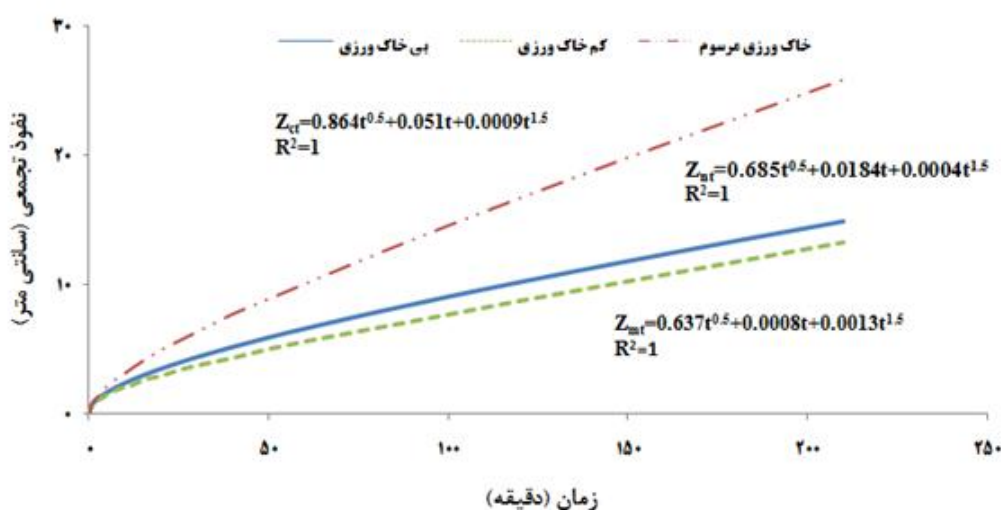
جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی در تیمارهای مختلف

تیمار	در صد شن	در صد سیلت	در صد رس	بافت خاک	در صد مواد آلی	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)
بی خاک و رزی (NT)	۲۴/۷	۴۶/۳	۲۹/۳	لومی رسی	۱/۱۲ ^a	۱/۴۹ ^a
کم خاک و رزی (MT)	۲۶	۴۵/۳	۲۸/۷	لومی رسی	۰/۹۴ ^a	۱/۳۱ ^b
خاک و رزی مرسوم (CT)	۲۴/۷	۴۶/۶	۲۸/۷	لومی رسی	۰/۶۱ ^b	۱/۲۹ ^b

جدول ۲- نفوذ پایه و مقایسه میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع در سه روش مختلف خاک و رزی با استفاده از روش استوانه‌های دوگانه

تیمار آزمایش	نفوذ پایه q_s (cm/min)	هدایت هیدرولیکی اشباع K_s (cm/min)
بی خاک و رزی (NT)	۰/۰۵	۰/۰۴۶b
کم خاک و رزی (MT)	۰/۰۵۲	۰/۰۵۱b
خاک و رزی مرسوم (CT)	۰/۱	۰/۰۹۸a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار، در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.



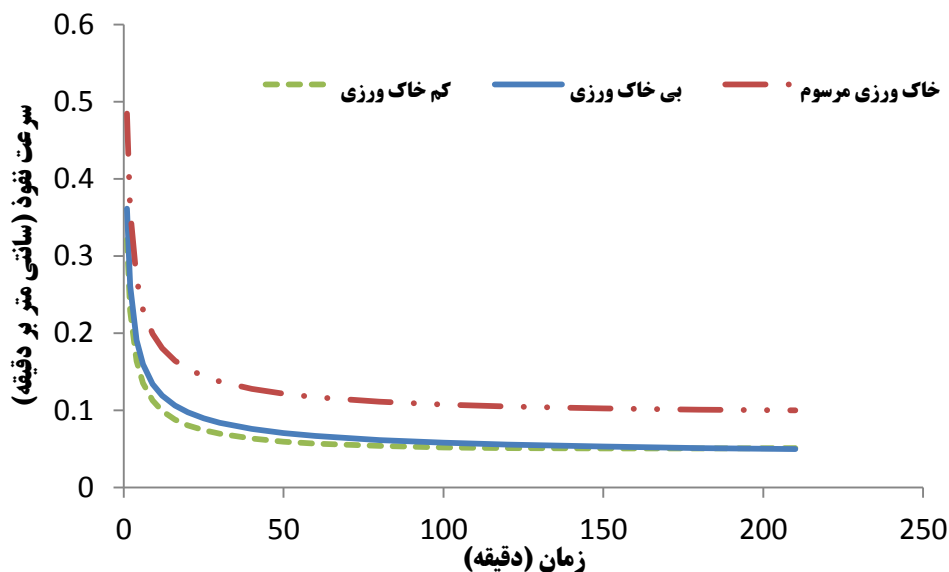
شکل ۱- میانگین نفوذ تجمعی و معادله‌های برآورد شده در سه روش خاک و رزی با استفاده از استوانه‌های دوگانه

منافذ درشت^۱ خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شده و این موضوع موجب افزایش هدایت هیدرولیکی در مقایسه با روش کم خاک و رزی و بی خاک و رزی شده است. از طرفی در روش بی خاک و رزی علی‌رغم بالا بودن درصد مواد آلی در لایه سطحی خاک تأثیری در افزایش هدایت هیدرولیکی نسبت به خاک و رزی مرسوم نداشته است.

نفوذ پایه در سه روش مختلف خاک و رزی و مقایسه میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع با استفاده از روش استوانه‌های دوگانه تعیین گردید (جدول ۲). از نظر نفوذ پایه و هدایت هیدرولیکی اشباع تفاوت آماری معنی‌دار بین تیمارها مشاهده شده است ($F=7/52$ ، $P<0/05$). بر این اساس تیمار خاک و رزی مرسوم بیشترین هدایت هیدرولیکی اشباع را داشت. زیرا شخم با گاوآهن در روش خاک و رزی مرسوم باعث شده توزیع

همچنین میانگین سرعت نفوذ در برابر زمان در سه تیمار خاک‌ورزی در کاربرد روش استوانه‌های دوگانه در شکل (۲) مشخص شده است که بر این اساس سرعت نفوذ در ابتدای اندازه گیری بالا بوده و با گذشت زمان در هر سه روش خاک‌ورزی از سرعت نفوذ کاسته شده و در نهایت به حد ثابتی (نفوذ پایه) می‌رسد.

شکل (۱) میانگین نفوذ تجمعی، معادله‌های سه جمله‌ای فیلیپ و منحنی برازش شده را برای سه تیمار خاک‌ورزی نشان داده است. بر این مبنا در روش خاک‌ورزی مرسوم نفوذ تجمعی آب به دلایل فوق بیش از دو روش دیگر خاک‌ورزی بوده است.



شکل ۲- مقدار سرعت نفوذ در سه روش خاک‌ورزی به روش استوانه‌های دوگانه

جدول ۳- تجزیه واریانس روش‌های مختلف خاک‌ورزی برای مکش‌های مختلف نفوذسنج مکشی

α	میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
	K_s	K_3	K_5	K_{10}	K_{15}		
۰/۰۱۱۸ *	۰/۰۲۸ **	۰/۰۰۴۳ **	۰/۰۰۱۲ *	۰/۰۰۰۰۶۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۳ ^{ns}	۲	خاک‌ورزی
۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۴۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۲ ^{ns}	۲	تکرار
۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۳	۴	اشتباه آزمایشی

* و ** نشان دهنده‌ی معنی دار بودن اثر تیمار خاک‌ورزی به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد؛^{ns} نشان دهنده‌ی عدم معنی دار بودن اثر تیمارها است

جدول ۴- مقایسه میانگین روش‌های مختلف خاک‌ورزی در مکش‌های ماتریک مختلف نفوذسنج مکشی

α (1/cm)	K_s (cm/min)	K_3 (cm/min)	K_5 (cm/min)	K_{10} (cm/min)	K_{15} (cm/min)	تیمار آزمایش
۰/۳۵۸a	۰/۱۰۳ b	۰/۰۶۴ b	۰/۰۳۲ b	۰/۰۰۶a	۰/۰۰۱ a	بی‌خاک‌ورزی (NT)
۰/۱۶ b	۰/۰۸۸ b	۰/۰۵۳b	۰/۰۳۹b	۰/۰۱۹a	۰/۰۱a	کم‌خاک‌ورزی (MT)
۰/۱۷۵b	۰/۲۱۵ a	۰/۱۰۴ a	۰/۰۷۳ a	۰/۰۳۱ a	۰/۰۱۳a	خاک‌ورزی مرسوم (CT)

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار، در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ۵- تجزیه واریانس هدایت هیدرولیکی اشباع برای روش‌های اندازه‌گیری

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۹/۹۹**	۰/۰۱۴	۰/۰۲۸	۲	خاک‌ورزی
۰/۷۱ ^{ns}	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۲	تکرار (بلوک)
۱۵/۹**	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۱	روش اندازه‌گیری
۱/۹۳ ^{ns}	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵۴	۲	روش X خاک‌ورزی
-	۰/۰۰۱۴	۰/۰۱۴	۱۰	اشتباه b
-	-	۰/۰۷۱	۱۷	کل

* و ** نشان دهنده‌ی معنی دار بودن اثر تیمار خاک‌ورزی به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد؛ ^{ns} نشان دهنده‌ی عدم معنی دار بودن اثر تیمارها است.

که بیانگر نفوذ بیشتر از منافذ درشت خاک می‌باشد (جدول ۴). برعکس چنین روندی در روش کم‌خاک‌ورزی حاکم است. در روش بی‌خاک‌ورزی مقدار شاخص توزیع اندازه خلل و فرج گاردنر بیشتر از دو روش دیگر است که بیانگر توزیع مناسب‌تر اندازه خلل و فرج در روش بی‌خاک‌ورزی می‌باشد.

به‌طور کلی مقایسه یافته‌های جدول‌های (۲) و (۴) این واقعیت را بیان می‌کند که در هر دو روش اندازه‌گیری بیشترین مقدار هدایت هیدرولیکی مربوط به خاک‌ورزی مرسوم بوده است و در کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی تقریباً این مقدار یکسان است. زیرا همان‌طوری که ذکر شد شخم عمیق خاک باعث افزایش توان هیدرولیکی خاک می‌شود.

البته در بحث مقایسه روش‌های خاک‌ورزی برخی مطالعات مقدار بیشتر ضریب هدایت هیدرولیکی را در روش بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم گزارش کردند (آلمارس و همکاران، ۱۹۷۷؛ کوت و مالکوم، ۱۹۸۹) و یا آنکه بین روش‌های خاک‌ورزی تفاوتی وجود نداشته است (ابی و نابود، ۱۹۸۸؛ هورن و همکاران، ۱۹۹۲؛ چانگ و لیندوال، ۱۹۹۲).

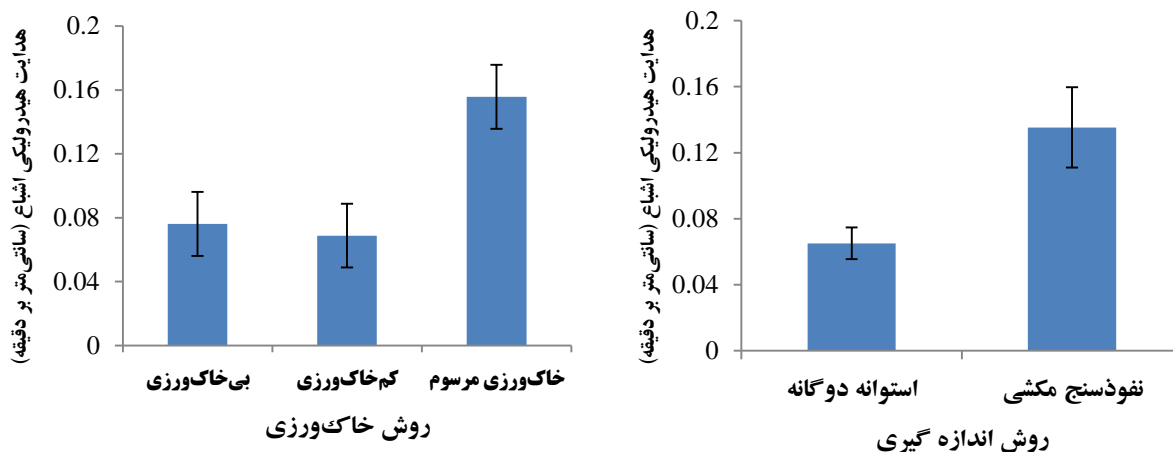
در جدول (۵) تجزیه واریانس برای مقایسه دو روش اندازه‌گیری (استوانه‌های دوگانه و نفوذسنج مکشی) برای تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک‌ورزی‌های مختلف با استفاده از آزمون فاکتوریل مقایسه شده است. بر این اساس هر دو عامل در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد و این بدان معنی است که مقادیر اندازه‌گیری شده هدایت آبی اشباع در این دو روش اندازه‌گیری با هم متفاوت بوده است. اثر متقابل بین تیمار خاک‌ورزی در روش اندازه‌گیری معنی‌دار نشده است این بدین معنی است که تغییر تیمارهای خاک‌ورزی بر روی نوع و روش اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع تأثیری نداشته است.

در جدول‌های (۳) و (۴) تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برای روش نفوذسنج مکشی در سه تیمار خاک‌ورزی در مکش‌های مختلف نشان داده شده است. بر این اساس بین تیمارهای خاک‌ورزی در مکش‌های صفر، ۳ و ۵ در سطح یک درصد و شاخص توزیع اندازه خلل و فرج گاردنر در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار شده و در مکش ۱۰ و ۱۵ اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید (جدول ۳). مقایسه میانگین برای مکش‌های ماتریک در سه تیمار خاک‌ورزی در جدول (۴) نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد بالاترین مقادیر هدایت هیدرولیکی در مکش‌های صفر، ۳ و ۵ در روش خاک‌ورزی مرسوم را داشت (به ترتیب ۰/۲۱۵، ۰/۱۰۴ و ۰/۰۷۳). خاک‌ورزی مرسوم به‌طور موقت موجب افزایش تخلخل و سهم خلل و فرج بزرگ در خاک فوقانی شده و کاهش اندازه و پایداری خاکدانه‌ها و جرم مخصوص ظاهری می‌گردد (هرماوان و کامرون، ۱۹۹۳). چنین نتایجی توسط پیکول و همکاران^۲ (۱۹۹۰)، سائر و همکاران^۳ (۱۹۹۰)، میلر و همکاران^۴ (۱۹۹۸) و موسوی بوگر و همکاران (۱۳۹۱) به دست آمده است. استرودلی و همکاران^۵ (۲۰۰۸) نیز مرور کاملی بر تأثیر خاک‌ورزی بر تغییرات خصوصیات هیدرولیکی خاک ارائه کردند. روند کلی نتایج، بیانگر بالا بودن مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع و نزدیک اشباع و تخلخل کل برای خاک‌های تحت عملیات خاک‌ورزی مرسوم در مقایسه با شرایط بدون خاک‌ورزی می‌باشند. لوگسدون و همکاران (۱۹۹۰) نحوه توزیع منافذ بزرگ را در دو سیستم بی‌خاک‌ورزی و شخم برگردان‌دار را تجزیه و تحلیل نمودند و از طریق نشانگرهای رنگی دریافتند که خاک‌ورزی پیوستگی منافذ بزرگ را در سطح خاک به هم می‌زند، در حالی‌که این پیوستگی در روش‌های بی‌خاک‌ورزی حفاظتی زیاد است.

در روش بی‌خاک‌ورزی در مکش‌های بالا (۱۵ و ۱۰) کمترین هدایت هیدرولیکی ثبت شده که نشان‌دهنده نفوذ کمتر آب از منافذ ریز خاک می‌باشد و در مکش‌های پائین‌تر (۳ و صفر) هدایت هیدرولیکی در تیمار بی‌خاک‌ورزی نسبت به روش کم‌خاک‌ورزی بیشتر گردیده

6 - Allmaras *et al.*
7 - Coote and Malcolm
8 - Obi and Nnabude
9 - Horne *et al.*
10 - Chang and Lindwall

1-Hermawan and Cameron
2 - Pikul *et al.*
3 - Sauer *et al.*
4 - Miller *et al.*
5 - Strudley *et al.*



شکل ۳- مقایسه میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع برای دو روش اندازه گیری و خاکورزی های مختلف

۱۹۹۳؛ قانی و همکاران، ۱۳۹۰). رضایی پور و قبادی نیا (۱۳۹۱) دو روش نفوذسنج مکشی و استوانه های دوگانه را برای اندازه گیری پارامتر هدایت آبی اشباع خاک به کار بردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که بین مقادیر هدایت آبی اشباع حاصل از دو روش مذکور در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار وجود نداشت. در برخی مطالعات نیز مقدار بیشتر هدایت هیدرولیکی در نفوذسنج مکشی گزارش شده است (غفاری و همکاران، ۱۳۸۶). چنین نتایجی در تحقیق حاضر بدست آمد به طوری که در هر سه نوع خاکورزی مقدار هدایت هیدرولیکی به دست آمده با روش نفوذسنج مکشی بیشتر از استوانه دوگانه بوده است.

نتیجه گیری

نتایج کلی حاصل از این تحقیق به صورت زیر است: از لحاظ آماری تغییر در روش خاکورزی باعث تغییر هدایت هیدرولیکی اشباع و نزدیک اشباع در سطح احتمال یک درصد شده است و در خاکورزی مرسوم بیشتر از دو روش دیگر است. در دو روش اندازه گیری مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع در کم خاکورزی و بی خاکورزی تقریباً یکسان بود و به عبارت دیگر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک تحت تأثیر بی خاکورزی قرار نگرفت. از این رو می توان به جای روش کم خاکورزی از روش بی خاکورزی استفاده کرد و از هزینه های مربوط به تهیه زمین صرف نظر کرد.

از لحاظ آماری بین دو روش اندازه گیری در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی دار وجود داشت و هدایت هیدرولیکی اشباع در روش نفوذسنج مکشی بیشتر از استوانه دوگانه می باشد. با توجه به این که کاربرد نفوذسنج مکشی نسبت به استوانه های دوگانه نیاز به

مقایسه میانگین بین روش های اندازه گیری در شکل (۳) نشان داده شده است، بر این اساس مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع در روش نفوذ سنج مکشی بیشتر از استوانه های دوگانه می باشد که دلیل این امر را می توان این گونه بیان نمود که در نفوذسنج مکشی، نفوذ سه بعدی اما در استوانه های دوگانه، نفوذ دو بعدی می باشد و از سوی دیگر در نفوذسنج مکشی سطح خاک با محیط متخلخل دیسک در تماس است که باعث افزایش هدایت هیدرولیکی در این روش می شود. هم چنین شکل (۳) مقایسه میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع برای سه روش خاکورزی را در دو روش اندازه گیری نشان می دهد.

بررسی نتایج نشان داد که ضریب تغییرات مربوط به روش نفوذسنج مکشی (۳۱/۱۶) بیشتر از روش استوانه های دوگانه (۲۶/۳۴) می باشد. این موضوع نشان می دهد روش استوانه های دوگانه در تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع دارای دقت بیشتری می باشد.

در بحث مقایسه روش های اندازه گیری هدایت هیدرولیکی تحقیقات متعددی صورت گرفته است که در این خصوص نتایج متناقضی ارائه شده است. در بعضی مطالعات هدایت هیدرولیکی با استفاده از روش استوانه دوگانه بیشتر به دست آمد (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۰). رثوف و همکاران (۱۳۹۰) آزمایش های نفوذ را با استفاده از دستگاه های نفوذسنج استوانه های دوگانه و نفوذسنج مکشی در دو حالت اشباع و غیراشباع بررسی نمودند. مقادیر هدایت آبی که با کاربرد دو روش مذکور محاسبه شدند، حاکی از آن بودند که دستگاه نفوذسنج استوانه های دوگانه مقادیر هدایت آبی را بیشتر از دستگاه نفوذسنج مکشی تخمین می زند. اما در بیشتر مطالعات تفاوت معنی دار بین دو روش نشان ندادند (مهانتی و همکاران، ۱۹۹۴؛ لین و همکاران، ۱۹۹۹؛ گوپتا و همکاران،

2 - Lin et al.

3 - Gupta et al.

1 - Mohanty et al.

با توجه به نتایج این تحقیق و بررسی منابع ذکر شده جرم مخصوص بالا در روش بی خاک‌ورزی موجب افزایش پیوستگی منافذ درشت خاک شده و از سوی دیگر درصد مواد آلی بیشتر در این نوع خاک‌ورزی باعث کاهش رواناب گردیده و این موضوع می‌تواند در بهبود خصوصیات هیدرولیکی خاک موثر باشد.

زمان اندک‌تر و آب کمتر داشت، بنابراین می‌توان به جای استفاده از استوانه‌های دوگانه از نفوذسنج مکشی بهره برد. همچنین روش به کار گرفته شده برای اندازه‌گیری بر روی الگوی تغییر هدایت هیدرولیکی اشباع در روش‌های خاک‌ورزی تأثیری نداشت. هر چند دقت استفاده از استوانه‌های دوگانه از نفوذسنج مکشی بیشتر بوده است.

منابع

- ۱- رئوف، م، صدرالدینی، س. ع. ا، ناظمی، ا. ح. ناظمی و ص. معروفی. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر شیب زمین روی میزان نفوذ و برخی از مشخصه‌های فیزیکی خاک. مجله دانش آب و خاک، ۲۱(۱): ۶۸-۵۷.
- ۲- رضایی پور، ص. و م. قبادی‌نیا. ۱۳۹۱. بررسی فرایند نفوذ با استفاده از پرماتر دیسک و استوانه‌های مضاعف. سومین همایش ملی علوم کشاورزی و صنایع غذایی، ۱۶ آذر ماه، دانشگاه آزاد اسلامی فسا.
- ۳- علیزاده، ا. ۱۳۸۸. زهکشی جدید (برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت سیستم‌های زهکشی). چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه امام رضا، مشهد.
- ۴- غفاری، پ، کشکولی، ح. و ر. مختاریان. ۱۳۸۶. مقایسه روش های اندازه گیری هدایت هیدرولیکی با استفاده از روش نفوذسنج گلف و نفوذسنج مکشی. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، بهمن ماه، دانشگاه کرمان.
- ۵- قانی، ف، طباطبایی، ح، شایان نژاد، م. و ش. قربانی دشتکی. ۱۳۹۰. مقایسه چهار روش اندازه‌گیری در جای هدایت آبی اشباع خاک. مجله ی مهندسی منابع آب، ۵ (۴): ۶۵-۵۷.
- ۶- موسوی بوگر، ا، جهانسوز، م، مهرور، م، حسینی‌پور، و ر. مددی. ۱۳۹۱. بررسی ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد ارقام گندم آبی تحت تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی، مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۸ (۲): ۲۰-۱۱.
- 7- Allmaras, R., Rickman, R.W., Ekin, L. G. and B.A Kimball. 1977. Chiseling influences on soil hydraulic properties. Soil Science Society of American Journal, 41(4): 796-803.
- 8- Ankeny, M.D., Ahmed, M.T., Kaspar, C. and R. Horton. 1991. Simple field methods for determining unsaturated hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Journal, 55(2): 467-470.
- 9- Bodhinayake, WL., Si, B. C. and C. Xiao. C 2004. New method for determining water conducting macroandmesoporosity from tension infiltrometer. Soil Science Society of America. Journal 68: 760-769.
- 10- Boone, F. R. 1988. Weather and other environmental factors influencing crop responses to tillage and traffic. Soil and Tillage Research, 11(3-4): 283-324.
- 11- Bower, H. 1986. Intake rate. Cylinder infiltrometer, In: A Klute (ed.) Methods of soil analysis. Psrt 1. Physical and Mineralogical Properties. 2nd ed. ASA, Madison, WI. Pp. 825-843.
- 12- Chang, C., and C.W. Lindwall. 1992. Effects of tillage and crop rotation on physical properties of a loam soil. Soil and Tillage Research, 22(3): 383-389.
- 13- Cook, F. J. 2002. The twin-ring method for measuring saturated hydraulic conductivity and sorptivity in the field. In: McKenzie, N., K. Coughlan and H. Cresswell, Soil Physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation. Part 7. CSIRO Publishing. pp. 108-118.
- 14- Coote, D. R., and C.A. Malcolm-McGoven. 1989. Effect of convetional and no-till corn grown in rotation on three soils eastern ontario. Canadian Soil and Tillage Research, 14: 67-84.
- 15- Gardner, W. R. 1958. Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from water table. Soil Science Society of America, Journal 85: 228-232 .

- 16- Gupta, R. K., Rudra, R. P., Dickinson, W. T., Patni, N. K. and G. J. Wall. 1993. Comparison of saturated hydraulic conductivity measured various field methods. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers, ASABE, 36(1): 51-55.
- 17- Hermawan, B. and K. C. Cameron. 1993. Structural change in a silt loam under long-term conventional or minimum tillage. Soil and Tillage Research, 26(2): 139-150.
- 18- Horne, D.J., Ross C.W. and K. A. Hughes. 1992. 10 years of a maize oats rotation under three tillage systems on a silt loam in new Zealand.1. A comparison of some soil properties. Soil and Tillage Research, 22(1-2): 131-143.
- 19- Iwanek, M. 2008. A method for measuring saturated hydraulic conductivity in anisotropic soils. Soil Science Society of America Journal, 72(6):1527-1531.
- 20- Lin, H. S., McInnes, K. J. Wilding, L. P. and C. T. Hallmark. 1999. Effects of soil morphology on hydraulic properties: II. Hydraulic pedotransfer functions. Soil Science Society of America Journal, 63: 955-961.
- 21- Logsdon, S. and D. Jaynes. 1993. Methodology for determining hydraulic conductivity with tension infiltrometers Soil Science Society of America Journal, 57: 1426-1431.
- 22- Miller, J. J., Sweetland, N. J., Larnry, F. J. and K. M. Volkmar. 1998. Unsaturated hydraulic conductivity of conventional and conservation tillage soil in Southern Alberta. Canadian Journal of Soil Science, 78: 643-648.
- 23- Mohanty, B. P., Kanwer, R. S. and C. J. Everts. 1994. Comparison of saturated hydraulic conductivity measurement methods for a glacial-till soil. Soil Science Society of America Journal, 58(3): 672-677.
- 24- Moret, D. and J. L. Arrue. 2007. Dynamics of soil hydraulic properties during fallow as affected by tillage. Soil and Tillage Research, 96(1-2): 103-113.
- 25- Obi, M. E. and P. C. Nnabude. 1988. The effect of different management practices on the physical properties of a sandy loam soil in Southern Nigeria. Soil and Tillage Research, 12:81-90.
- 26- Perroux, K. M. and I. White. 1988. Design for disc permeameters. Soil Science Society of America Journal, 52: 1205-1215.
- 27- Pikul, J. L., Zuzel, J. F. and R. E. Raming. 1990. Effect of Tillage induced macro porosity on water infiltration. Soil and Tillage Research, 17: 153-165.
- 28- Reynolds, C. A., Jackson, T. J. and Rawls, W. J. (2000). Estimating soil water- holding capacities by linking the Food and Agriculture Organization soil map of the World With global pedon databases and continuous pedotransfer functions. Water resources Research 36: doi: 10 1029/2000WR900130. Issn: 0043-1397.
- 29- Reynolds, W.D. 1993. Saturated hydraulic conductivity: Field measurement. pp.599-613. In: Carter, M. R. (Eds), Soil Sampling and Methods of analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, Boca Raton.
- 30- Reynolds, W. D. and Elrick, D. E. 1992. Methods for analyzing constant head wellpermeameter data. Soil Science Society of America Journal, 56: 320-323.
- 31- Sauer, T. J., Clothier, B. E. and T. C. Daniel. 1990. Surface measurements of the hydraulic properties of a tilled and untilled soil. Soil and Tillage Research, 15(4): 359-369.
- 32- Strudley, M.W., Green, T. R. and J. C. Ascough. 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. Soil and Tillage Research, 99(1): 4-8.

باقری و همکاران: تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع...

- 32- Wooding, R. 1968. Steady infiltration from a shallow circular pond. Water Resource Research, 4: 1259-1273.