

## مقایسه سه روش صحرایی اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع در برخی خاک‌های ورتی سول و

### انتی سول

حسین مرادی باصری<sup>۱</sup> - شجاع قربانی دشتکی<sup>۲\*</sup> - جواد گیوی<sup>۳</sup> - حبیب خداوردی‌لو<sup>۴</sup> - بیژن خلیل مقدم<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۹

تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۱

### چکیده

هدایت آبی اشباع مزرعه یکی از مهمترین خصوصیات فیزیکی خاک است که در تعیین سرعت نفوذ آب به خاک، طراحی سیستم‌های آبیاری و زهکشی و دیگر فرایندهای هیدرولوژیکی دارای اهمیت است. هدف از این پژوهش مقایسه هدایت آبی اشباع مزرعه، اندازه‌گیری شده به روش‌های بار افشان ساده‌سازی شده (SFH)، بار ثابت چندگانه (MCH) و نفوذسنج مکشی (TI) است. بدین منظور، هدایت آبی اشباع مزرعه در رطوبت‌های اولیه خشک و مرطوب، در برخی خاک‌های ورتی سول و انتی سول اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در حالت رطوبت اولیه خشک خاک، به دلیل جریان ترجیحی حاصل از باز بودن درز و ترک‌ها، اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه با استفاده از روش SFH و روش MCH امکان‌پذیر نبود؛ درحالی که نفوذسنج مکشی با جلوگیری از جریان ترجیحی، امکان اندازه‌گیری این پارامتر را فراهم کرد. در رطوبت اولیه مرطوب، مقادیر اندازه‌گیری شده هدایت آبی اشباع مزرعه به روش‌های SFH و MCH بزرگتر از مقادیر اندازه‌گیری شده آن به روش نفوذسنج مکشی بود. از دیگر سو، همبستگی بین هدایت آبی اشباع مزرعه اندازه‌گیری شده با استفاده از هر سه روش مثبت و معنی‌دار بود. به طوری که بیشترین همبستگی بین روش بار ثابت چندگانه و روش بار افشان ساده‌سازی شده ( $r=0/97$ ) و کمترین همبستگی بین روش بار افشان ساده‌سازی شده و روش نفوذسنج مکشی ( $r=0/73$ ) به دست آمد. نتایج حاصل از تحلیل آماری به دست آمده با استفاده از آزمون  $t$  نشان داد در رطوبت اولیه مرطوب، بین مقادیر هدایت آبی اشباع مزرعه به دست آمده از سه روش اندازه‌گیری، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به مزایای روش بار افشان ساده‌سازی شده و نفوذسنج مکشی، می‌توان آنها را به عنوان روشی مناسب در اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه در خاک‌های سنگین بافت توصیه کرد.

**واژه‌های کلیدی:** بار افشان ساده‌سازی شده، بار ثابت چندگانه، نفوذسنج مکشی، هدایت آبی اشباع مزرعه

### مقدمه

نفوذپذیری خاک مد نظر قرار گیرد. شناخت کمی فرایند نفوذ، برای جلوگیری از فرسایش خاک و منابع خاک و آب ضروری است (۴). نفوذ آب به خاک همانند دیگر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، به شدت از ویژگی‌های ذاتی خاک تأثیر می‌پذیرد. از آنجا که ویژگی‌های ذاتی خاک بسته به نوع خاک، دارای تغییرات مکانی-زمانی هستند، احتمالاً تغییرپذیری و الگوی نفوذ آب به خاک در خاک‌های مختلف، متفاوت است (۱۰). خاک‌های درز و ترک‌دار، مانند ورتی سول‌ها از جمله خاک‌هایی هستند که شرایطی ویژه داشته و تغییرات مکانی-زمانی ویژگی‌های آنها، الگویی متفاوت از دیگر انواع شناخته‌شده خاک‌ها دارد. یکی از مهمترین پارامترهای تعیین کننده رفتار خاک‌های ورتی سول، ضریب انبساطپذیری خطی ( $COLE$ ) است که

نفوذ آب به خاک فرایندی کلیدی در علوم خاک، آبیاری، هیدرولوژی، کشاورزی و محیط‌زیست بوده (۳۳) و نقشی پایه‌ای در چرخه آبی طبیعت ایفا می‌کند. برای دستیابی به مدیریت صحیح آبیاری، ذخیره رطوبتی مطلوب خاک در مناطق خشک، عملکرد زراعی قابل قبول، سامانه‌ی پایدار حفاظت خاک و ارزیابی کیفیت خاک، باید

۳ و ۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

\*- نویسنده مسئول: (Email: shoja2002@yahoo.com)

۴- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۵- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، خوزستان

سنگین بافت پیشنهاد کردند. این روش به حجم کمی از آب نیاز دارد و حمل و نقل تجهیزات لازم در آن آسان است. در مطالعاتی که تاکنون انجام شده است، نتایج حاصل از روش بار افتان ساده‌سازی شده (SFH) در اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه مشابه نتایج حاصل از سایر روش‌های آزمایشگاهی، مانند روش بار ثابت و روش‌های صحرایی مانند نفوذسنج تک‌حلقه (۶ و ۷) بوده است.

نفوذسنج مکشی ابزاری مناسب برای اندازه‌گیری ویژگی‌های هیدرولیکی خاک در پتانسیل‌های نزدیک به صفر می‌باشد. این روش در هر دوی پتانسیل‌های مثبت و منفی کارآمد است. این دستگاه از یک مخزن ذخیره لوله‌ای، با ظرفیت کم و قطر کوچک ساخته شده است که امکان اندازه‌گیری سطح آب را با دقتی بیشتر فراهم می‌آورد (۱۵). برتری نفوذسنج مکشی، کاربرد آسان، به هم خوردگی کم خاک به هنگام استفاده، تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها، قیمت نسبتاً پایین، وزن کم و کاهش خردشدگی ساختمان درشت خاک در خاک‌های غیراشباع یا تازه شخم خورده می‌باشد و لذا کاربرد آن در مطالعات هیدرولوژی و خاک‌شناسی رواج یافته است (۳۴).

باگارلو و اسگوری (۷) با مقایسه اندازه‌گیری‌های هدایت آبی اشباع خاک مزرعه ( $K_{fs}$ ) با روش بار افتان ساده‌سازی شده (SFH) و روش نفوذسنج تک استوانه (PI) در خاک‌های لومی شنی، نشان دادند که  $K_{fs}$  به دست آمده از روش SFH مشابه با روش نفوذسنج تک استوانه‌ای می‌باشد. مطابق این پژوهش، روش SFH می‌تواند در مدت زمان کوتاه، بدون نیاز به حجم آب زیاد و تجهیزات پرهزینه و یا آنالیزهای پیشرفته، نتایجی قابل اطمینان از  $K_{fs}$  فراهم آورد.

روش‌های بار افتان ساده‌سازی شده، بار ثابت چندگانه و نفوذسنج مکشی از جمله ساده‌ترین روش‌های اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه می‌باشند. بررسی منابع نشان می‌دهد تاکنون این روش‌ها در خاک‌های ورتی‌سول مورد ارزیابی قرار نگرفته‌اند. با توجه به رفتار ویژه‌ای که خاک‌های ورتی‌سول به هنگام جذب و دفع آب از خود نشان می‌دهند، ارزیابی و مقایسه این روش‌ها در خاک‌های ورتی‌سول ضروری به نظر می‌رسد. از این رو، هدف از این پژوهش مقایسه نتایج روش‌های بار افتان ساده‌سازی شده، بار ثابت چندگانه و نفوذسنج مکشی در اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه در برخی خاک‌های ورتی‌سول با درجات مختلف انبساط و انقباض است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در خاک‌های دشت زرین، واقع در شهرستان کوهرنگ استان چهارمحال و بختیاری و پردیس دانشگاه شهرکرد انجام گردید. خاک‌های مورد مطالعه دشت زرین در رده ورتی‌سول قرار داشته و نوع کاربری اراضی، گندم‌زار و مرتع بوده و خاک‌های پردیس دانشگاه شهرکرد در رده انتی‌سول قرار داشته و تحت کاربری

معمولاً برای اندازه‌گیری پتانسیل انبساط و انقباض خاک استفاده می‌شود. پتانسیل انبساط و انقباض، بر اساس مقدار ضریب انبساط‌پذیری خطی، توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) در چهار کلاس کم ( $<0/03$ )، متوسط ( $0/03 - 0/06$ )، زیاد ( $0/06 - 0/09$ ) و خیلی زیاد ( $>0/09$ ) طبقه‌بندی شده است (۳۰). خاک‌هایی با مقادیر بالای ضریب انبساط‌پذیری خطی، در فصول خشک ترک‌هایی ژرف و بزرگ برمی‌دارند که به دلیل ایجاد جریان ترجیحی، توان خاک را برای نگهداری آب آبیاری یا بارندگی در خاک سطحی، مثلاً برای استفاده گیاه، بسیار می‌کاهند. در فصول مرطوب، به علت انبساط رس‌ها، تخلخل‌های درشت کاهش یافته، آب‌گذری این خاک‌ها بسیار کاهش می‌یابد و تقریباً همه‌ی آب باران به شکل رواناب جاری می‌شود (۱۲ و ۱۸). با توجه به اینکه نفوذ آب به خاک در این خاک‌ها به شدت تحت تأثیر رطوبت اولیه خاک است، انتخاب روش اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک در این خاک‌ها اهمیت به‌سزایی دارد.

اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک در خاک‌های رسی، مشکلاتی خاص داشته و بنابراین انتخاب روش اندازه‌گیری، بسیار مهم می‌باشد (۸). روش‌های گوناگون صحرایی و آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک و تعیین پارامترهای آن وجود دارند، که اساس همه آن‌ها بر اندازه‌گیری سرعت جریان عمودی آب به خاک استوار است. از کاستی‌های روش‌های آزمایشگاهی به هم خوردگی خاک در هنگام نمونه‌برداری می‌باشد و لذا در طرح‌های اجرایی بیشتر از روش‌های صحرایی معمول، مانند روش‌های نفوذسنج تک حلقه (تک استوانه)، استوانه‌های دوگانه و نفوذسنج مکشی (TI) استفاده می‌شود (۲۴ و ۲۶).

از مهمترین پارامترهای نفوذ آب به خاک می‌توان به هدایت آبی اشباع مزرعه ( $K_s$ ) و عکس طول درشت موئینگی اشاره کرد. برای اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه روش‌های مختلفی وجود دارد که کارایی آنها بسته به نوع خاک متفاوت است. از روش‌های صحرایی معمول می‌توان به روش استوانه‌های دوگانه و روش نفوذسنج تک‌حلقه اشاره کرد. نیاز به استفاده از استوانه‌های بزرگ در روش استوانه‌های دوگانه، به دلیل دشوار بودن نصب استوانه، مصرف زیاد آب و نیاز به زمان زیاد برای رسیدن به جریان شبه‌پایدار، کاربرد عملی این روش را برای رسیدن به نفوذ عمودی، دشوار می‌سازد (۲۷). لزوم دستیابی به جریان شبه‌پایدار در روش‌های صحرایی، استفاده از این روش‌ها را در خاک‌های سنگین بافت و با هدایت آبی کم محدود می‌کند؛ زیرا ایجاد جریان شبه‌پایدار در این خاک‌ها بسیار زمان‌بر است (۲۶). باگارلو و اسگوری (۶) روش بار افتان ساده‌سازی شده (SFH) را برای اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه ( $K_{fs}$ ) در خاک‌های

1- Tension Infiltrometer

2- Simplified Falling Head

$$t = \frac{\Delta\theta}{K_{fs}(1-\Delta\theta)} \left[ \frac{I(t)}{\Delta\theta} - \frac{H_0 - \Psi_f}{1-\Delta\theta} \ln \left( 1 + \frac{(1-\Delta\theta)I(t)}{\Delta\theta(H_0 - \Psi_f)} \right) \right] \quad (4)$$

که در آن  $t$  (hr) زمان،  $\Delta\theta$  اختلاف بین رطوبت حجمی مزرعه ای و رطوبت اولیه مزرعه،  $K_{fs}$  (cm/hr) هدایت آبی اشباع مزرعه،  $H_0$  ارتفاع آب در داخل مخزن در زمان  $t=0$  و  $\Psi_f$  بار مکش مؤثر در جبهه رطوبتی که مقداری منفی دارد.  $\Psi_f$  می تواند با  $\alpha^*$  (cm<sup>-1</sup>) از رابطه زیر جایگزین شود (۱۳).

$$\alpha^* = \frac{K_{fs}}{\phi_m} = -\frac{1}{\Psi_f} \quad (5)$$

که در آن  $\alpha^*$  (cm<sup>-1</sup>) عکس طول درشت موینگی،  $\Psi_f$  (cm) پتانسیل ماتریک و  $\phi_m$  (cm) پتانسیل جریان است (۱۳). با توجه به رابطه ۵، رابطه ۴ را می توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$t = \frac{\Delta\theta}{K_{fs}(1-\Delta\theta)} \left[ \frac{I(t)}{\Delta\theta} - \frac{H_0 + \frac{1}{\alpha^*}}{1-\Delta\theta} \ln \left( 1 + \frac{(1-\Delta\theta)I(t)}{\Delta\theta(H_0 + \frac{1}{\alpha^*})} \right) \right] \quad (6)$$

باگارلو و همکاران (۶) از رابطه ۶ برای تخمین هدایت آبی اشباع مزرعه استفاده کردند. در این روش حجم معینی از آب بر روی سطح خاک محدود شده به وسیله استوانه ای که تا عمق  $d(L)$  در خاک نصب شده است، در مدت زمان  $T_a$  از سطح مقطع  $A(L^2)$  نفوذ می یابد. در زمان  $t=T_a$  نفوذ تجمعی برابر با  $I_{(T_a)}=H_0=D=V/A$  می باشد. باگارلو و همکاران (۶) با جایگذاری پارامتر فوق در رابطه ۶ رابطه ۷ را برای هدایت هیدرولیکی اشباع مزرعه ( $K_{fs}$ ) ارائه کردند که اساس روش SFH می باشد.

$$K_{fs} = \frac{\Delta\theta}{T_a(1-\Delta\theta)} \left[ \frac{D}{\Delta\theta} - \frac{D + \frac{1}{\alpha^*}}{1-\Delta\theta} \ln \left( 1 + \frac{(1-\Delta\theta)D}{\Delta\theta(D + \frac{1}{\alpha^*})} \right) \right] \quad (7)$$

که در آن  $\Delta\theta$  اختلاف بین رطوبت حجمی اشباع و رطوبت اولیه مزرعه،  $D$  ارتفاع آب ( $D=V/A$ )، حجم آب نفوذ یافته،  $T_a$  زمان نفوذ و  $\alpha^*$  پارامتر عکس طول درشت موینگی است (۲۶). در رابطه ۷ برای اطمینان از یک بعدی بودن جریان، حجم آب به کار رفته باید کمتر یا مساوی حجم خلل و فرج آزاد خاک (حجمی از خلل و فرج خاک که با آب پر نشده است) باشد. این مسئله برای آن است که چنانچه جبهه ی رطوبتی از انتهای استوانه عبور کند جریان یک بعدی به جریان سه بعدی تبدیل خواهد شد (۶). برای تعیین پارامتر عکس طول درشت موینگی، از روش حداقل سازی مجموع مربعات خطا و بهینه کردن همزمان این پارامتر و هدایت آبی اشباع استفاده گردید. تابع هدف در نظر گرفته شده در این روش، شامل مقادیر برآورد شده

مرتفع بود. نقاط مورد مطالعه (۲۵) نقطه در خاک های ورتی سول و ۸ نقطه در خاک های انتی سول) در منطقه ی دشت زرین و پردیس دانشگاه شهرکرد به گونه ای انتخاب شد که دامنه وسیعی از خاک های با درجات مختلف انبساط و انقباض را در برگیرد. برای انتخاب این نقاط، ضریب انبساط پذیری خطی به روش شفر و سینگر (۲۹) برای ذرات کمتر از ۲ میلی متر و بر اساس رابطه ی زیر تعیین شد:

$$COLErod = \frac{L_M - L_D}{L_D} \quad (1)$$

که در آن  $L_M$  (cm) و  $L_D$  (cm) به ترتیب طول نمونه خاک در حالت مرطوب و خشک می باشد (۲۹).

برای اندازه گیری پارامتر هدایت آبی اشباع مزرعه ( $K_{fs}$ ) در دو حالت رطوبت اولیه خشک و مرطوب، از روش های بار ثابت چندگانه (MCH) و بار افتان ساده سازی شده (SFH) و روش نفوذستج مکشی (TI) استفاده شد. بدین منظور، در روش MCH چندین ارتفاع آب (۶) درون تک استوانه اعمال شد تا نفوذ آب در هر ارتفاع به نفوذ شبه پایدار برسد. هرگاه شدت نفوذ در دو اندازه گیری پشت سرهم مقادیر تقریباً یکسانی شود می توان آن را به عنوان نفوذ پایه یا شدت نفوذ شبه پایدار در نظر گرفت. سپس، هدایت آبی اشباع مزرعه ( $K_{fs}$ ) و پارامتر عکس طول درشت موینگی ( $\alpha^*$ ) با روابط ۲ و ۳ تعیین گردید (۲۵):

$$K_{fs} = \frac{T(q_2 - q_1)}{(H_2 - H_1)} \quad (2)$$

$$\alpha^* = \frac{(q_2 - q_1)}{q_1(H_2 + T) - q_2(H_1 + T)} \quad (3)$$

که در آن  $q$  شدت نفوذ شبه پایدار (cm/hr)،  $H_1$  و  $H_2$  (cm) ارتفاع آب معادل  $q_1$  و  $q_2$ ،  $T = C_1 d + C_2 a$ ،  $a$  (cm) شعاع داخلی سیلندر،  $d$  (cm) عمق جایگذاری استوانه در خاک و  $C_1$  و  $C_2$  به ترتیب  $0.316\pi$  و  $0.184\pi$  می باشد (۲۵).

یکی دیگر از روش های اندازه گیری سریع و آسان هدایت آبی اشباع مزرعه، به ویژه در خاک های سنگین بافت، بار افتان ساده سازی شده است (۶). اساس این روش بر خلاف روش بار ثابت چندگانه، بر جریان یک بعدی استوار است. در این روش، ارتفاع اندکی آب معادل حجم خلل و فرج خاک که توسط تک استوانه احاطه شده است اعمال می گردد و سپس مدت زمان لازم برای نفوذ این آب به خاک اندازه گیری می شود. ارتفاع آب مورد نیاز بسته به میزان تخلخل و رطوبت خاک متفاوت است. در این روش هدایت آبی اشباع مزرعه با استفاده از روابط زیر تعیین می گردد. فیلیپ (۲۳) بر اساس معادله گرین و آمپت (۱۷) رابطه زیر را برای نفوذ تجمعی یک بعدی در شرایط بار افتان ارائه کرد:

ترتیب ۴۳/۱۱ و ۱۴/۹۰ و در خاک‌های انتی‌سول ۳۳/۳۷ و ۲۲/۲۵ بود. دامنه تغییرات COLE اندازه‌گیری شده برابر ۰/۱ تا ۰/۱۵ بود. میانگین و دامنه تغییرات هدایت آبی اشباع اندازه‌گیری شده در جدول ۲ ارائه شده است. در هر روش اندازه‌گیری، هدایت آبی اشباع مزرعه در حالت رطوبت اولیه خشک و مرطوب در چهار کلاس بر اساس ضریب انبساط‌پذیری خطی (۲۶)، ارایه شد (جدول ۲).

در حالت رطوبت اولیه خشک، در همه کلاس‌ها به استثنای کلاس ۱ به دلیل بالا بودن جریان ترجیحی حاصل از باز بودن درز و ترک‌ها، اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه ( $K_{fs}$ ) با استفاده از روش بار ثابت چندگانه و روش بار افتان ساده‌سازی شده امکان‌پذیر نبود. با این حال، نفوذسنج مکشی با جلوگیری از جریان ترجیحی اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه را در همه کلاس‌ها در هر دو حالت رطوبت اولیه خشک و مرطوب امکان‌پذیر ساخت.

ضریب انبساط‌پذیری خطی (COLE) همبستگی منفی و معنی‌داری ( $p < 0.01$ ) با هدایت آبی اشباع مزرعه اندازه‌گیری شده داشت؛ به طوری که در رطوبت اولیه مرطوب، ضریب همبستگی بین  $K_{fs}$  اندازه‌گیری شده به روش بار ثابت چندگانه، روش بار افتان ساده‌سازی شده و نفوذسنج مکشی با COLE به ترتیب  $-0.76$ ،  $-0.71$  و  $-0.79$  بود. اگرچه همبستگی بین COLE و هدایت آبی اشباع مزرعه قوی می‌باشد، با این وجود ضریب انبساط‌پذیری خطی قادر به بیان تمامی تغییرات  $K_{fs}$  نبوده است. کامل توجیه نشدن تغییرات  $K_{fs}$  توسط COLE به دلیل دخیل بودن دیگر ویژگی‌های خاک بر هدایت آبی اشباع مزرعه است. از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر باز و بسته شدن درز و ترک‌ها مقدار رس، نوع رس و میزان رطوبت خاک است که تأثیر بسزایی بر  $K_{fs}$  نیز دارند (۸). با افزایش رطوبت، خاک حجیم‌تر شده و یا اصطلاحاً متورم می‌شود. فشار ناشی از تورم این خاک‌ها می‌تواند موجب تخریب ساختمان و بسته شدن منافذ درشت خاک، کاهش تخلخل و در نتیجه  $K_{fs}$  گردد.

و اندازه‌گیری شده زمان بر اساس رابطه ۶ بوده است. در همه آزمایش‌ها مطابق پیشنهاد الریک و رینولدز (۲۶)، مقدار  $12 (m^{-1})$  به عنوان تخمین اولیه  $\alpha^*$  در نظر گرفته شد.

نفوذسنج مکشی یک نفوذسنج با بار ثابت است که می‌تواند هم با پتانسیل مثبت و هم با پتانسیل منفی کار کند. اندازه‌گیری‌های نفوذ در سه پتانسیل مختلف تکرار شد، در این روش هدایت آبی اشباع مزرعه با استفاده از روابط ۸ و ۹ تعیین گردید.

$$\alpha_{x,y} = \frac{\ln(q_x/q_y)}{(\Psi_x - \Psi_y)} \quad (8)$$

$$K_{fs} = \frac{G_d \alpha_{x,y} q_x}{r(1 + G_d \alpha_{x,y} \pi r)(q_x/q_y)^p} \quad (9)$$

در این روابط  $\alpha$  ( $cm^{-1}$ ) پارامتری است که به ساختمان خاک وابسته است،  $q$  شدت نفوذ شبه پایدار ( $cm/s$ )، پتانسیل ماتریک،  $K_{fs}$  هدایت آبی اشباع مزرعه،  $G_d=0.75$ ،  $p = \Psi_x / (\Psi_x - \Psi_y)$ ، اندیس‌های  $x$  و  $y$  پتانسیل‌های اعمال شده می‌باشد (۲۱). مقایسه میانگین‌ها با آزمون  $t$  در سطوح احتمال مختلف و با استفاده از نرم‌افزار STATISTICA انجام شد.

## نتایج و بحث

دامنه تغییرات برخی از خصوصیات فیزیکی در خاک‌های ورتی‌سول و انتی‌سول در جدول ۱ ارایه گردیده است. میانگین رطوبت حجمی اولیه در شروع آزمایش نفوذ در حالت مرطوب و خشک به ترتیب ۱۶/۴ و ۳/۴۸ درصد بود. جرم ویژه ظاهری و ماده‌الی خاک به ترتیب از ۱/۰۶ تا ۱/۴۵ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و ۰/۴ تا ۱/۳۴ درصد متغیر بود. خاک‌های ورتی‌سول در کلاس‌های بافتی لوم رسی تا رسی و خاک‌های انتی‌سول در کلاس‌های بافتی لوم سیلتی تا رسی قرار داشتند. میانگین درصد رس و شن در خاک‌های ورتی‌سول به

جدول ۱- دامنه تغییرات برخی از خصیبات فیزیکی خاک

میانگین	آنتی‌سول (۸)		ورتی‌سول (۲۵)		میانگین	توضیح
	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل		
۵/۴۴	۸/۱	۳/۵۴	۲/۸۵	۶/۳۱	۱/۴۷	رطوبت اولیه مرطوب
۱۴/۶۵	۱۶/۷	۱۳	۱۷	۲۰/۲۴	۱۴/۷۸	رطوبت اولیه خشک
۱/۳۵	۱/۵۱	۱/۳	۱/۱۸	۱/۲۷	۱/۰۶	جرم ویژه ظاهری
۱/۰۳	۱/۳۴	۰/۶۸	۰/۹۱	۱/۴۱	۰/۶۵	ماده آلی خاک
۰/۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۱۵	۰/۰۸۴	۰/۱۵۵	۱/۰۴۳	COLE

اعداد داخل پرانتز تعداد نقاط اندازه‌گیری شده می‌باشد.

جدول ۲- کلاس بندی هدایت آبی اشباع مزرعه، اندازه گیری شده در دو حالت خشک و مرطوب در کلاس های ۱ تا ۴ بر اساس ضریب انبساط پذیری خطی\*

هدایت آبی اشباع مزرعه در حالت مرطوب (cm hr <sup>-1</sup> ) <sup>(۱)</sup>				هدایت آبی اشباع مزرعه در حالت خشک (cm hr <sup>-1</sup> ) <sup>(۱)</sup>				کلاس	
ضریب تغییرات	میانگین	حداکثر	حداقل	ضریب تغییرات	میانگین	حداکثر	حداقل		
۱۱/۷۶	۳/۴۳	۳/۹۹	۲/۹۱	۱۴/۸۷	۲/۹۱	۳/۶۰	۲/۳۴	۱	
-	-	-	-	۲۲/۵۷	۳/۳۸	۵/۰۱	۲/۶۵	۲	بار افتان
-	-	-	-	۲۹/۹۲	۲/۵۵	۴/۰۸	۱/۸۳	۳	ساده سازی شده
-	-	-	-	۴۰/۱۷	۱/۵۸	۲/۴۶	۰/۷۴	۴	
۲۵/۸۵	۲/۳۱	۳/۳۵	۱/۷۰	۲۵/۰۱	۲/۱۸	۳/۱۰	۱/۶۰	۱	
-	-	-	-	۲۴/۵۱	۲/۷۹	۴/۲۰	۱/۹۲	۲	بار ثابت چندگانه
-	-	-	-	۴۰/۷۳	۱/۹۷	۳/۵۹	۱/۱۲	۳	
-	-	-	-	۴۹/۸۶	۱/۲۲	۱/۶۳	۰/۳۳	۴	
۲۲/۶۵	۱/۰۷	۱/۴۲	۰/۸۲	۲۱/۴۷	۰/۹۸	۱/۲۷	۰/۶۷	۱	
۳۸/۱۸	۰/۸۰	۱/۳۵	۰/۴۲	۳۹/۷۲	۰/۸۹	۱/۴۷	۰/۴۶	۲	
۴۲/۶۴	۰/۵۷	۱/۰۳	۰/۲۷	۳۵/۵۲	۰/۶۳	۱	۰/۳۴	۳	نفوذسنج مکشی
۳۹/۷۷	۰/۲۲	۰/۳۰	۰/۰۹	۳۹/۵۸	۰/۳۲	۰/۵۳	۰/۱۲	۴	

\*: کلاس بندی ضریب انبساط پذیری خطی: کلاس ۱ (< ۰/۰۳)، کلاس ۲ (۰/۰۳-۰/۰۶)، کلاس ۳ (۰/۰۶-۰/۰۹) و کلاس ۴ (> ۰/۰۹).

خاک قرار می گیرد؛ چرا که در خاک های ورتی سول با گذشت زمان و افزایش رطوبت، تورم خاک افزایش یافته و منجر به کاهش هدایت آبی خاک می گردد (۸ و ۲۰). با این حال بوما و وستن (۱۱) دریافتند که نفوذ آب به خاک در خاک های رسی درز و ترک دار در ۱۰ دقیقه اول آزمایش تحت تأثیر تورم خاک قرار نمی گیرد. همچنین روش نفوذسنج مکشی،  $K_{fs}$  را نسبت به دو روش دیگر کمتر اندازه گیری کرد. علت این اختلاف را می توان به این عامل نسبت داد: حجم نمونه خاکی که در روش نفوذسنج مکشی (قطر دیسک ۲۰ cm) مورد اندازه گیری واقع می گردد نسبت به دو روش (قطر رینگ ۳۵ cm) دیگر کمتر است. با افزایش حجم نمونه خاک احتمال وجود منافذ درشت خاک نیز افزایش یافته و همین امر می تواند موجب بزرگ تر شدن مقدار هدایت آبی اشباع مزرعه گردد.

مقایسه  $K_{fs}$  اندازه گیری شده به روش نفوذسنج مکشی در دو حالت رطوبت اولیه خشک و مرطوب نشان داد این دو مقدار همبستگی خطی ۱:۱ بسیار بالایی دارند ( $r=0.94$ )؛ به گونه ای که این دو مقدار را می توان برابر پنداشت (شکل ۱). حال آنکه در روش بار افتان ساده سازی شده و بار ثابت چندگانه، به دلیل وجود جریان ترجیحی و جانبی زیاد در رطوبت اولیه خشک، چنین فرضی ممکن نیست. بنابراین از روش نفوذسنج مکشی می توان برای اندازه گیری  $K_{fs}$  در حالت خشک و مرطوب استفاده کرد. مقدار  $K_{fs}$  به روش نفوذسنج مکشی، به جز در کلاس یک، در بقیه کلاس ها در حالت مرطوب از حالت خشک بیشتر بود (جدول ۲)؛ چراکه وجود درز و ترک ها در حالت خشک باعث می شود سطح کمی از خاک نسبت به

در پژوهشی کادو و همکاران (۱۹) نشان دادند  $K_{fs}$  و میزان تخلخل درشت خاک با افزایش COLE کاهش می یابد. همچنین تودا و همکاران (۳۱) دریافتند که تورم می تواند باعث مسدود شدن تمام یا بخشی از خلل و فرج هدایت شود و در نتیجه نفوذ پذیری کاهش می یابد. تالسا و وندرجی (۳۲) نشان دادند که کاهش در هدایت آبی را می توان به تورم خاک نسبت داد. پارکر و همکاران (۲۲) دریافتند که تورم، مکانیسم غالب در کاهش جریان در خاک هایی است که دارای مقادیر قابل توجهی کانی اسمکتایت می باشند. مطالعات انجام شده توسط بهمنی (۱) و سرشوق (۲) نشان داد که کانی غالب در خاک های منطقه دشت زرین، اسمکتایت می باشد. استاک و همکاران (۵) نیز دریافتند که خاک های ورتی سول دارای هدایت آبی کم و ظرفیت نگهداشت بالا می باشند.

جدول ۳ میانگین مقادیر  $K_{fs}$  و  $\alpha^*$  اندازه گیری شده به روش های یاد شده در دو نوع خاک تحت مطالعه را در رطوبت اولیه مرطوب نشان می دهد. به طور کلی مقادیر میانگین  $K_{fs}$  خاک های ورتی سول نسبت به خاک های انتی سول کمتر بود که می توان آن را به خواص ورتیک خاک های دشت زرین نسبت داد. بررسی نتایج نشان داد که روش بار افتان ساده سازی شده مقادیر بزرگتری از  $K_{fs}$  را نسبت به روش بار ثابت چند گانه و روش نفوذسنج مکشی، در حالت رطوبت اولیه مرطوب به دست می آورد که احتمالاً به دلیل بزرگ بودن اندازه نمونه، نشت آب از کنار دیواره نفوذسنج تک حلقه و همچنین جریان از خلل و فرج درشت می باشد. همچنین در روش بار افتان ساده سازی شده، به دلیل کوتاه بودن زمان انجام آزمایش، کمتر تحت تأثیر تورم

حالت مرطوب در زیر نفوذسنج مکشی و در نتیجه در معرض جریان قرار گیرد. همبستگی بین هدایت آبی اشباع مزرعه اندازه گیری شده با هر سه روش در خاک های ورتی سول و آنتی سول، به صورت جداگانه در رطوبت اولیه مرطوب در سطح ۱ درصد در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بین هر سه روش در اندازه گیری  $K_{fs}$  در رطوبت اولیه مرطوب در خاک های ورتی سول و آنتی سول، همبستگی بالایی وجود دارد.

شکل ۲ الف نشان می دهد که مقادیر  $K_{fs}$  به دست آمده از روش بار افتان ساده سازی شده (SFH) و بار ثابت چندگانه (MCH) همبستگی بالا و معنی داری ( $r = 0.97, p < 0.01$ ) داشتند. نتایج آزمون  $t$  در سطح ۵ درصد نشان داد که بین دو روش SFH و MCH در رطوبت اولیه مرطوب اختلاف معنی داری وجود نداشت. با گارلو و اسگوری (۶) نیز  $K_{fs}$  را با استفاده از روش بار افتان ساده سازی شده (SFH) و روش نفوذسنج تک استوانه در خاک های لومی شنی اندازه گیری کردند. نتایج حاصل از مقایسه این دو روش نشان داد که  $K_{fs}$  به دست آمده از روش SFH مشابه با روش نفوذسنج تک حلقه بود. علیزاده و همکاران (۳) کارایی روش بار افتان ساده سازی شده را در اندازه گیری  $K_{fs}$  خاک با استوانه های دو گانه و استوانه تک حلقه مورد مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که روش بار افتان ساده سازی شده، کم هزینه تر و کارآمدتر است.

شکل ۲ ب و ج نشان می دهد مقادیر  $K_{fs}$  به دست آمده از روش نفوذسنج مکشی (TI) با دو روش بار ثابت چندگانه (MCH) و روش بار افتان ساده سازی شده (SFH) به ترتیب دارای همبستگی ۰/۸۲ و ۰/۷۳ می باشد. نتایج آزمون  $t$  در سطح ۵ درصد نشان داد که بین دو روش MCH و TI در رطوبت اولیه مرطوب اختلاف معنی داری وجود نداشت. همچنین بین دو روش SFH و TI در سطح ۵ درصد در

رطوبت اولیه مرطوب اختلاف معنی داری وجود نداشت. با توجه به نتایج به دست آمده، مدت زمان و حجم آب مورد نیاز برای انجام هر آزمایش در روش بار افتان ساده سازی شده و روش نفوذسنج مکشی بسیار کمتر از روش بار ثابت چندگانه است. همچنین در روش نفوذسنج مکشی کمترین به هم خوردگی خاک و کمترین میزان مصرف آب نسبت به دو روش دیگر وجود دارد. از دیگر سو، بر پایه نتایج حاضر، روش بار افتان ساده سازی شده در مدت زمانی کوتاه نتایجی مشابه روش بار ثابت چندگانه ارائه می دهد. لذا روش بار افتان ساده سازی شده در اندازه گیری  $K_{fs}$  خاک در مطالعات صحرایی و در شرایطی که فراهم کردن آب برای انجام آزمایش آسان نیست، کاربردی تر است. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، روش بار افتان ساده سازی شده می تواند به عنوان روشی ساده در اندازه گیری  $K_{fs}$  در خاک های ورتی سول، در حالتی که درز و ترک ها بسته هستند، مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اینکه نفوذسنج مکشی از جریان ترجیحی جلوگیری می کند این روش را می توان به عنوان یک روش ساده در اندازه گیری  $K_{fs}$  در خاک های با درجات مختلف انبساط و انقباض پیشنهاد داد. با توجه به سابقه نسبتا کم و سهولت اندازه گیری روش های بار افتان ساده سازی شده و نفوذسنج مکشی، بررسی کارایی آنها در خاک های مختلف ضروری به نظر می رسد. از آنجا که منبعی مستقل یا معیاری ثابت برای اندازه گیری هدایت آبی اشباع وجود ندارد (۲۷) تعیین اینکه کدام داده اندازه گیری شده واقعی است، دشوار است. با این وجود محققین و کاربران بر اساس هدف خود می توانند از این داده ها استفاده نمایند (۲۷). به عنوان مثال، اگر هدف تعیین سهم جریان ترجیحی در انتقال املاح باشد، ترکیب داده های نفوذسنج مکشی و بار ثابت چندگانه پژوهشگر را به خواسته می مورد نظر می رساند.

جدول ۳- مقایسه هدایت آبی اشباع مزرعه و عکس طول درشت موئینگی اندازه گیری شده در رطوبت اولیه مرطوب

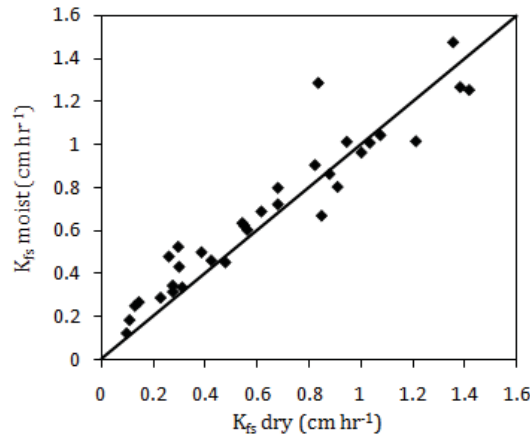
بار ثابت چندگانه	بار افتان ساده سازی شده	نفوذسنج مکشی
$K_{fs}$ (cm hr <sup>-1</sup> )	۲/۴۳ (۴۲/۶۹)	۰/۵۹ (۵۷/۷۵)
$\alpha^*$ (cm <sup>-1</sup> )	۰/۰۳	۰/۰۰۹
$K_{fs}$ (cm hr <sup>-1</sup> )	۲/۹۱ (۱۴/۸۷)	۰/۹۷ (۲۱/۴۷)
$\alpha^*$ (cm <sup>-1</sup> )	۰/۰۳۷	۰/۰۱۳

اعداد داخل پرانتز نشان دهنده ضریب تغییرات می باشد.

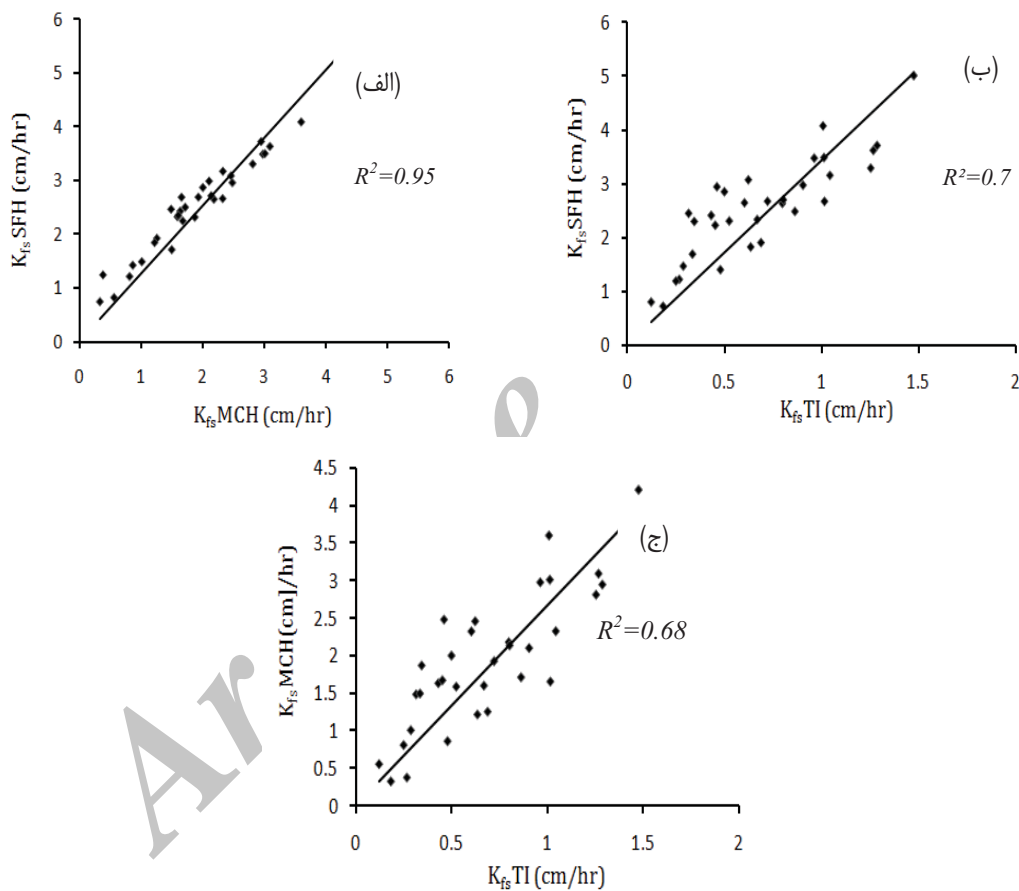
جدول ۴- ضریب همبستگی بین هدایت آبی اشباع مزرعه اندازه گیری شده با هر سه روش در خاک های ورتی سول و آنتی سول در رطوبت اولیه

مرطوب					
آنتی سول			ورتی سول		
TI-MCH	TI-SFH	MCH-SFH	TI-MCH	TI-SFH	MCH-SFH
۰/۷۰**	۰/۸۹**	۰/۹۰**	۰/۸۶**	۰/۸۸**	۰/۹۶**

\*\* در سطح ۱ درصد معنی دار است



شکل ۱- پراکنش مقادیر اندازه‌گیری شده هدایت آبی اشباع مزرعه در رطوبت اولیه خشک و مرطوب به روش نفوذسنج مکشی



شکل ۲- پراکنش هدایت آبی اشباع مزرعه اندازه‌گیری شده در حالت مرطوب: (الف) روش MCH و SFH، (ب) روش TI و SFH، (ج) روش TI و MCH

رطوبت اولیه مرطوب و خشک مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد هدایت آبی اشباع مزرعه، اندازه‌گیری شده با روش‌های یاد شده همبستگی منفی و معنی‌دار با ضریب انبساط‌پذیری خطی خاک دارد. به این معنی که با افزایش ضریب انبساط‌پذیری، هدایت آبی اشباع مزرعه کاهش می‌یابد. از دیگر سو، همبستگی بین هدایت آبی اشباع

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه روش بار افتان ساده‌سازی شده (SFH)، روش بار ثابت چندگانه (MCH) و روش نفوذسنج مکشی (TI) در اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه در خاک‌های ورتی‌سول و انتی‌سول در

افتان ساده‌سازی شده و روش نفوذسنج مکشی در اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه در خاک‌های ورتی‌سول و غیر ورتی‌سول می‌توان استفاده کرد. با این وجود، توصیه روش بار افتان ساده‌سازی شده و روش نفوذسنج مکشی برای استفاده در خاک‌های مختلف نیازمند آزمایش‌ها و بررسی‌های بیشتر می‌باشد. با توجه به مزایای روش بار افتان ساده‌سازی شده، می‌توان آن را به‌عنوان روشی مناسب در اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه در خاک‌های سنگین بافت توصیه کرد.

مزرعه اندازه‌گیری شده با استفاده از هر سه روش مثبت و معنی‌دار بود؛ به‌طوری که بیشترین همبستگی بین روش بار ثابت چندگانه و روش بار افتان ساده‌سازی شده ( $r=0/97$ ) و کمترین همبستگی بین روش بار افتان ساده‌سازی شده و روش نفوذسنج مکشی ( $r=0/73$ ) به‌دست آمد. همچنین بین سه روش در اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع مزرعه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، مدت زمان و حجم آب مورد نیاز برای انجام هر آزمایش در روش بار افتان ساده‌سازی شده و روش نفوذسنج مکشی بسیار کمتر از روش بار ثابت چندگانه است. بنابراین از روش بار

## منابع

- ۱- بهمنی م. ۱۳۸۸. مقایسه ویژگی‌های کانی‌شناسی خاک‌های کلسی‌سول و ورتی‌سول استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری و ارتباط آنها با وضعیت پتاسیم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
- ۲- سرشوق م. ۱۳۸۸. اثر جهت و موقعیت شیب بر تعدادی از ویژگی‌های مورفولوژی، فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی خاک‌های منطقه چلگرد استان چهارمحال و بختیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
- ۳- علیزاده ح.، نظری ب. و لیاقت ع. ۱۳۸۸. ارزیابی روش بار افتان ساده شده در اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳: ۵۵ تا ۶۲.
- ۴- قربانی‌دشتکی ش.، همایی م. و مهدیان م. ۱۳۸۷. برآورد پارامترهای نفوذ آب به خاک با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۳: ۱۸۵ تا ۱۹۸.
- 5- Astatke A., Mohamed Saleem M.A., and El Wakeel A. 1995. Soil water dynamics under cereal and forage legume mixtures on drained vertisols in the Ethiopian highlands. *Agricultural Water Management*, 27: 17-24.
- 6- Bagarello V., and Sgroi A. 2004. Using the single-ring infiltrometer method to detect temporal changes in surface soil field-saturated hydraulic conductivity. *Soil & Tillage Research*, 76:13-24.
- 7- Bagarello V., and Sgroi A. 2007. Using the simplified falling head technique to detect temporal changes in field-saturated hydraulic conductivity at the surface of a sandy loam soil. *Soil & Tillage Research*, 94:283-294.
- 8- Bagarello V., Di Stefano C., Ferro V., Iovino M., and Sgroi A. 2010. Physical and hydraulic characterization of a clay soil at the plot scale. *Journal of Hydrology*. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.03.029.
- 9- Bagarello V., Iovino M., and Reynolds W.D. 1999. Measuring hydraulic conductivity in a cracking clay soil using the Guelph permeameter. *Transactions of the ASAE*, 42:957-964.
- 10- Bouma J. 1983. Use of soil survey data to select measurement techniques for hydraulic conductivity. *Agricultural Water Management*, 6:177-190.
- 11- Bouma J., and Wosten J.H.M. 1984. Characterizing ponded infiltration in a dry cracked clay soil. *Journal of Hydrology*, 69: 297-304.
- 12- Crescimanno D., Santis A.D., and Provenzano G. 2007. Soil structure and by pass flow processes in a Vertisol under sprinkler and drip irrigation. *Geoderma*, 138:110-118.
- 13- Elrick D.E., Angulo-Jaramillo R., Fallow D.J. Reynolds W.D., and Parkin G.W. 2002. Analysis of infiltration under constant head and falling head conditions. p. 47-53. In: Raats, P.A.C., Smiles D., and Warric a.w. (Ed.) *Environmental mechanics: Water, Mass and Energy Transfer in the Biosphere*, Geophysical Monograph Series. Vol. 129. AGU, Washington, DC.
- 14- Elrick D.E., and Reynolds W.D. 1992. Methods for analyzing constant head well permeameter data. *Soil Science Society of America journal* 56:320-323.
- 15- Fernández D.M., and Cebollada C.G. 2009. New method for monitoring soil water infiltration rates applied to a disc infiltrometer. *Journal of Hydrology*, 379:315-322.
- 16- Gardner W.R. 1985. Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. *Soil Science*, 85:228-232.
- 17- Green W.H., and Ampt G.A. 1911. Studies in soil physics. I. The flow of air and water through soils. *J. Agric. Sci.* 4: 1-24.
- 18- Heidari A., Mahmoodi Sh., Roozitalab M.H., and Mermut A.R. 2008. Diversity of Clay Minerals in the Vertisols of Three Different Climatic Regions in Western Iran. *Journal of Agricultural Science Technology*, 10: 269-284.
- 19- Kadu P.R., Vaidya P.H., Balpande S.S., Satyavathi P.L., and Pal D.K. 2003. Use of hydraulic conductivity to



- evaluate the suitability of Vertisols for deep-rooted crops in semiarid parts of central India. *Soil Use and Management*, 19:208-216.
- 20- Lafontaine H.O., and Cabidoche Y. 1955. Thickness variations of vertisols for indicating water status in soil and plants. *Agricultural Water Management* 28:149-161.
  - 21- Mekenzie N., Coughlan K., and Cresswell H. 2008. Soil physical measurement and interpretation for land evaluation. SBS Publishers & Distributors PVT. LTD, New Delhi, India.
  - 22- Parker J.C., Amos D.F., and Zelazny L.W. 1982. Water adsorption and swelling of clay minerals in soil systems. *Soil Science Society of America Journal*, 46:450-456.
  - 23- Philip J.R. 1992. Falling head ponded infiltration. *Water Resour. Res.* 28: 2147–2148.
  - 24- Reynolds W.D. 1993. Saturated hydraulic conductivity: field measurement. p. 599–610. In Carter M.R. (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, Boca Raton.
  - 25- Reynolds W.D. 2006. Saturated hydrolic properties: Ring infiltrometer. p. 1043–1056. In Carter MR and Gregorich EG. *Soil sampling and method of analysis*. Part 77. 2<sup>n</sup> ed. Talor & Francis Group, LLC Published.
  - 26- Reynolds W.D., and Elrick D.E. 1992. Methods for analyzing constant head well permeameter data. *Soil Science Society of America journal*, 56:320–323.
  - 27- Reynolds W.D., Bowman B.T., Brunke R.R., Drury C.F., and Tan C.S. 2000. Comparison of Tension Infiltrometer, Pressure Infiltrometer, and Soil Core Estimates of Saturated Hydraulic Conductivity. *Soil Science Society of America journal*, 64:478-484.
  - 28- Reynolds W.D., Elrick D.E., and Youngs E.G. 2002. Ring or cylinder infiltrometers (vadose zone). p. 818–826. In Dane, J.H. and G. C. Topp (Ed) *Methods of soil analysis, Part 4. Physical methods*, SSSA, Wisconsin, USA.
  - 29- Schafer W.M., and Singer M.J. 1976. A new method of measuring shrink-swell potential using soil pastes. *Soil Science Society of America Journal*, 40:805–806.
  - 30- Soil Coservation Service, USDA. 1971. Guide for interpreting engineering uses of soil. p. 87. USDA. U.S. Government printing office, Washington, D.C.
  - 31- Taboada M.A., Lavado R.S., Rubio G., Cosentino D.J. 2001. Soil volumetric changes in natric soils caused by air entrapment following seasonal ponding and water table. *Geoderma*, 101:49 - 64.
  - 32- Talsma A., and Vander Lelij A. 1976. Infiltration and Water Movement in an in Situ Swelling Soil during Prolonged Ponding. *Aust. J. Soil Res*, 14 337-49.
  - 33- Valiantzas J.D. 2010. New linearized two-parameter infiltration equation for direct determination of conductivity and sorptivity. *Journal Hydrology*, 384(1–2):1–13.
  - 34- Ventrella D., Losavio N., Vonella A.V., and Leij F.J. 2005. Estimating hydraulic conductivity of a fine-textured soil using tension infiltrometry. *Geoderma*, 124: 267–277.

## Comparison of Three Field Methods for Measuring Saturated Hydraulic Conductivity in some Vertisols and Entisols

H. Moradi Basri<sup>1</sup>- Sh. Ghorbani Dashtaki<sup>2\*</sup>- J. Givi<sup>3</sup>- H. Khodaverdiloo<sup>4</sup>- B. Khalilmoghaddam<sup>5</sup>

Received: 30-5-2011

Accepted: 23-10-2011

### Abstract

Hydraulic conductivity is one of the most important soil physical properties for determining infiltration rate, developing irrigation and drainage systems, and other hydrological processes. The objective of this study was to compare the multiple constant head (MCH), the simplified falling-head (SFH) and the tension infiltrometer (TI) methods for measuring field saturated hydraulic conductivity ( $K_{fs}$ ) in some vertisols and entisols. Therefore,  $K_{fs}$  was measured in soils with different shrinkage and swelling ration in wet and dry initial moisture conditions. The results showed that because of the preferential flow at the dry initial moisture condition measurement of  $K_{fs}$  was not possible by MCH and SFH methods. While, TI method provided measuring of this parameter throughout by of preferential flow. At the wet initial moisture condition, the measured  $K_{fs}$  values by SFH and MCH methods were higher than those obtained by TI method. However, the correlations between measured  $K_{fs}$  values by the mentioned methods were significantly positive. The highest observed correlation coefficient was between MCH and SFH methods ( $r=0.97$ ) and the lowest one obtained between SFH and TI methods (0.73). Statistical analysis of t-test showed that there was no significant difference between  $K_{fs}$  values measured with the three methods at the wet initial condition ( $P<0.05$ ). Considering the advantages of SFH and TI methods, they can be recommended as suitable methods for measuring  $K_{fs}$  in swelling soils.

**Keywords:** Field Saturated Hydraulic Conductivity, Multiple Constant Head (MCH), Simplified Falling-Head (SFH), Tension Infiltrometer (TI)

1,2,3- MSc Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Respectively

(\*- Corresponding Author Email: shoja2002@yahoo.com)

4- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

5- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Ramin