

# مقایسه چند روش تعیین ضریب آبگذری خاک در حالت اشباع

کیومرث ابراهیمی و حسین فرداد

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی

دانشگاه تهران - کرج

تاریخ پذیرش مقاله ۷۷/۱/۲۶

## خلاصه

ضریب آبگذری<sup>۱</sup> خاک اشباع (KS) از مهمترین پارامترهای مؤثر حرکت آب در خاک است و در بسیاری از مدل‌های هیدرولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. چندین روش برای برآورد و اندازه‌گیری این ضریب وجود دارد که گروهی از آنها بصورت آزمایشگاهی و گروهی دیگر بصورت صحرایی قابل اجراء می‌باشند. تحقیق حاضر در اراضی دشت ورامین و به منظور مقایسه مقادیر ضریب آبگذری بدست آمده از روشهای نفوذ سنج گلف<sup>۲</sup>، با بار افتان<sup>۳</sup>، چاهک معکوس<sup>۴</sup> (پورشه) و روش چاهک در خاکهایی که بافت آنها رسی و یا سیلتی رسی بوده، انجام پذیرفته است. اندازه‌گیری‌ها در دو محل و در هر محل در ۱۰ نقطه انجام و مقایسه نتایج حاصله نشان داده‌اند که تنها در یکی از دو محل آزمایشی ضریب K بدست آمده در روش نفوذسنج گلف (G.P) بزرگتر از  $K_s$  حاصله در روش بار افتان بوده و در سایر اندازه‌گیری‌ها نتایج روش گلف کمتر از دیگر روش‌ها بوده است. تفاوت بین مقادیر فوق ناشی از کوچک بودن حجم نمونه‌های خاک در روش بار افتان و نفوذ سنج گلف و نیز تغییرات ایجاد شده در ساختمان خاک و یکنواخت نبودن مشخصات خاک در جهات مختلف می‌باشد. در تمامی نقاط مورد آزمایش روشهای چاهک و چاهک معکوس ضریب آبگذری بیشتری نسبت به روش‌های بار افتان و نفوذسنج گلف بدست داده‌اند. دلیل این امر می‌تواند استفاده از حجم خاک بیشتر در روش‌های چاهک و پورشه و جریان مستقیم آب در خاک در روشهای گلف و بار افتان باشد.

واژه‌های کلیدی: مقایسه روش  $K_s$ ، هدایت هیدرولیکی K و روش گلف

## مقدمه

در خاک اهمیت فراوان دارد.

روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری ضریب آبگذری در صحرا برای لایه‌های خاک در بالا و زیر سطح ایستابی پیشنهاد شده که هر کدام با توجه به هدف از اندازه‌گیری آن در مقایسه با دیگر روش‌ها دارای نکات قوت و ضعف می‌باشند. ولی در مجموع روش‌های صحرایی مزایای زیادی نسبت به روش‌های آزمایشگاهی دارند. معروفترین روش صحرایی برای اندازه‌گیری  $K_s$  روش چاهک است که در سال ۱۹۳۴ توسط دایز رنز<sup>۵</sup> در هلند مطالعه و

ضریب آبگذری یا هدایت هیدرولیکی خاک ( $K_s$ ) از مهمترین مشخصات هیدرولیک خاک محسوب شده و در طرح‌های آبی خاکی: طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، مطالعه جریان آب در سفره‌های زیرزمینی، حرکت آب در خاک بستر تأسیسات آبی، و جریان آب در سدهای خاکی، همچنین در آبشویی بمنظور نمک‌زدایی و دفع مواد آلوده‌کننده خاک، تعیین ظرفیت ذخیره مخازن آب و بهره‌برداری از آنها و بطور کلی در مطالعه جریان آب

1 - Hydraulic Conductivity

2- Guelph Permeameteral

3 - Falling Head Method

4 - Inverse Auger Hole (Porchet)

5- Auger Hole Method

Diserens

بوسیله هوخهات<sup>۱</sup> و ارنست و دیگران تکمیل گردیده و مورد توجه محققین علوم آب و خاک و هیدروژئولوژیست‌ها در سطح جهان می‌باشد. این روش بطور وسیعی در مطالعات شبکه‌های آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. و در اراضی که سطح ایستابی نزدیک سطح زمین باشد روش بسیار خوبی محسوب می‌شود.

در طرح‌های آبیاری و زهکشی در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران اغلب سطح ایستابی در اعماق زیادتر از عمق زهکش‌ها (۲ متر) قرار دارد. و  $K_p$  اندازه‌گیری شده خصوصاً در خاکهای ناهمگن اشکالات بزرگی در محاسبات (فاصله زهکش‌ها) پیش آورده و بعضاً "پروژه را مواجه با شکست می‌نمایند.

لذا در نیمرخ خاک‌هایی که سطح ایستابی وجود ندارد استفاده از روش چاهک برای اندازه‌گیری  $K_p$  مقدور نیست. در چنین شرایطی روش‌های دیگری مانند چاهک وارونه (یا معکوس)، روش پمپاژ به درون چاهک سطحی<sup>۲</sup> و روش‌های نظیر دیگر ... جانشین روش چاهک می‌شوند. در این روش‌ها جریان آب در خلاف جهت اصلی و از چاهک به درون خاک اطراف بوده و مشکل اصلی این روشها را ایجاد می‌نماید. که به موقع بحثی درباره آن خواهیم داشت. آخرین دسته از روش‌هایی که می‌توانند در نیمرخ‌های خشک فوق مددیار پروژه‌ها باشند روش‌های آزمایشگاهی هستند. در این روش‌ها حجم کوچکی از خاک از شرایط محیطی مزرعه و از عمق مورد نظر نیمرخ جدا و در آزمایشگاه در شرایط کاملاً غیر طبیعی برای اندازه‌گیری  $K_p$  مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج این روش‌ها نیز نمی‌توانند به تنهایی منعکس کننده شرایط واقعی مزرعه باشند.

بمنظور رفع نواقص فوق اولین بار تالاسما و هالام (۹) روشی برای اندازه‌گیری ضریب آبگذری اراضی جنگلی که سطح ایستابی آن در اعماق زیاد می‌باشد پیشنهاد نمودند. تالاسما تغییراتی در شعاع چاهک سطحی و عمق آب داخل آن داده و حجم آب لازم برای آزمایش و زمان انجام آنرا به میزان قابل توجهی کاهش داد.

رینالدز و همکاران (۸) تکنیک اندازه‌گیری ارتفاع آب داخل چاهک را با استفاده از بطری ماریوت اصلاح نموده و امکان اندازه‌گیری  $K_p$  در عمق بیش از یک متر نیمرخ خاک و بوسیله یک نفر را فراهم نمودند.

بررسیهای رینالدز و لی ضمن تأیید روش فوق نشان داد که جریان خروجی از خاک اشباع اطراف چاهک و انتشار آن در خاک غیر اشباع یک جریان سه بعدی است و همانطوریکه فیلیپ پیش‌بینی نموده، به سرعت در محدوده معینی در اطراف چاهک به حالت جریان ثابت می‌رسد. با ثابت نگه داشتن ارتفاع سطح آب داخل چاهک و اندازه‌گیری دبی جریان، آبگذری خاک در حالت اشباع را می‌توان محاسبه نمود. این روش بنام روش چاهک نفوذ سنج با بار ثابت (C.H.W.P.) نامیده شده است.

کانوار و همکاران رژیم جریان آب در روش پرماتر گلف را به دو مؤلفه افقی  $K_{FH}$  و عمودی  $K_V$  تقسیم و نسبت این دو مقدار را در بافت‌های مختلف خاک مورد بررسی قرار می‌دهد.

گالیشاند و همکاران (۷) در یک آزمایش صحرائی در یک خاک شنی - رسی دامنه تغییرات ضریب آبگذری روش گلف را بین ۰/۱۹ تا ۲۲/۰۵۷ سانتیمتر در روز و نسبت ضریب آبگذری روش‌های گلف به بار افتان،  $(K_{GP} / K_{FH})$  را بین ۰/۲ تا ۴۴/۱۱۵ و برای روش‌های گلف و چاهک  $(K_{GP} / K_{AH})$  این نسبت بین ۰/۰۴ تا ۱/۴۳ اعلام نموده است. گالیشاند (۷) دلایل تغییرات  $K_p$  در دامنه‌ای به این وسعت را مشکلات ناشی نمونه برداری و مقاومت‌های درونی خاک در مقابل جریان می‌داند

روش ارائه شده گلور توسط سازمان عمران ایالات متحده (U.S.B.R.) که در حقیقت یک چاهک نفوذ سنج با بار ثابت است بنام روش "پمپاژ بدرون چاهک سطحی" شناخته شده است.

اصلاحات دیگری در این روش بوسیله رینالدز و دیگر صورت گرفته و در مزارع آزمایش شده و بنام روش پرماترگلا (۴) (GP) ارائه گردیده است.

این روش از جدیدترین روش‌های اندازه‌گیری ضریب آبگذری می‌باشد و خصوصاً در ایران این روش به سبب سهواً کار در حال گسترش و توسعه است. در بررسی حاضر نتیجه کار این روش با نتایج چاهک، و چاهک معکوس و روش آزمایشگاه بار افتان مقایسه و سعی شده است که تفاوت موجود بین نتایج روش و ارتباط آنها علاوه بر سیستم و پایه و اساس روش‌های مربوطه حساسیت هر روش به خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و آب و آزمایش نیز ربط داده شود:

**مواد و روشها**

در این تحقیق، بررسیها و محاسبات لازم طی مراحل زیر انجام شده است: ابتدا با مطالعه گزارش و نقشه‌های خاکشناسی دشت ورامین، دو منطقه با مشخصات فیزیکوشیمیایی مختلف در ناحیه جنوبی قرچک انتخاب و با انجام آزمایش‌های صحرایی و بررسی‌های اولیه، دو منطقه بعنوان محل‌های یک و دو مشخص شدند. سپس نقشه موقعیت چاهک‌های آزمایشی و کانالهای پیرامون چاهک‌ها روی زمین پیاده شده و آزمایش‌های تعیین مشخصات فیزیکوشیمیایی آب و خاک و تعیین وضعیت لایه‌های خاک صورت گرفت که نتایج حاصل از این مرحله در جدول ۱ ارائه شده است.

در هر یک از دو محل انتخابی، در ده نقطه آزمایشات تعیین ضریب آبگذری اشباع با چهار روش چاهک (ارنست)، چاهک معکوس (پورشه)، بار افتان و پرماترگلف هر کدام در سه تکرار انجام شدند و تعداد ۲۴۰ عدد ضریب آبگذری بدست آمد. عمق آزمایش در لایه واقع بین تراز برخورد به آب زیرزمینی تا عمق ۲ متری از سطح خاک بوده است. دانه‌بندی خاک چاهکهای آزمایشی

به روش هیدرومتری انجام شده و بمنظور اطمینان از عدم تحت فشار بودن آب لایه‌های اشباع خاک، سطح برخورد به آب زیرزمینی هنگام حفاری اندازه‌گیری و بعد از حداقل ۲۴ ساعت مجدداً سطح ایستابی در چاهک‌ها اندازه‌گیری شده است. در هیچکدام از چاهکهای آزمایشی فشار آب مشاهده نگردید. حفاریهای انجام شده تا عمق ۵ متر نشان داد که لایه محدودکننده‌ای تا این عمق وجود ندارد. عملیات پمپاژ از کانال زهکش اطراف هر یک از محل‌های آزمایش توسط دو موتور پمپ انجام و سطح ایستابی تا عمق ۲ متر پایین آورده شده است.

در چنین شرایطی در چاهک‌های حفر شده آزمایش به روش پورشه و پرماترگلف انجام و در پایان از کف چاهک‌ها به وسیله سیلندرهای نمونه‌گیری نمونه‌های دست نخورده خاک تهیه و برای آزمایشات بار افتان مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

پس از انجام آزمایشات محاسبات با برنامه‌های تنظیمی بوسیله کامپیوتر انجام و دیاگرام‌های مربوطه ترسیم شده و مقادیر لازم جهت آنالیزهای آماری فراهم شده است.

جدول ۱ - مشخصات فیزیکوشیمیایی آب و نیمرخ خاک محل‌های آزمایش

محل‌های آزمایش			پارامتر		
(۲)			(۱)		
شن	سیلت	% رس	شن	سیلت	% رس
۶	۵۴	۴۰	۷۴۲	۶۱	۶۱
رس سیلنتی (S.C)			رس (C)		
متوسط Poledric			متوسط Poledric		
ریشه گیاهی - کلوخه‌های آهکی			گلی با بلورهای گچی		
۱/۴۸			۱/۶		
۱۴			۴۸		
۱۴			۳۸		
۹/۳			۸/۴		
۸			۸/۷		
۵			۱۱		
۱۱/۱			۱۰		
۸/۵			۸		
			دانه‌بندی خاک		
			بافت خاک		
			ساختمان خاک		
			مشخصات رؤیت شده		
			وزن مخصوص ظاهری $gr/cm^3$		
			سدیم محلول meq/lit		
			کلسیم و منیزیم meq/lit		
			ECe خاک ds/m		
			pH خاک		
			SAR خاک		
			Ec آب ds/m		
			pH آب		

**نتایج و بحث**

با توجه به زیادی تعداد ارقام اندازه گیری شده از ارائه ریز داده‌های خام خودداری و خلاصه این نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

بمنظور تعیین معنی دار بودن اختلافات موجود بین روش‌ها در هر یک از محل‌های آزمایشی، ارقام اندازه گیری شده روش‌ها، مورد مطالعه آماری و آنالیز واریانس قرار گرفت و نتایج در جدول ۳ آمده است.

بررسی این نتایج حاکی از وجود اختلافی معنی دار در سطح ۱٪ بین روش‌های مختلف اندازه گیری ( $K_s$ ) می‌باشد.

در این جدول درجه آزادی خطای آزمایشی ۱۱۶ می‌باشد که در مقابل درجه آزادی اثر اصلی (روش آزمایشی) که مساوی ۳ است بسیار بزرگ بوده و این تفاوت مطابق با قوانین آمار نشانگر دقت فوق‌العاده طرح آماری است. همچنین سهم خطای آزمایش از مجموع مربعات، رقم  $۲۳۲۳/۸۴$  می‌باشد که در مقایسه ۲۴ درصد رقم ۹۵۰۳ بوده و تأکیدی بر میزان دقت آزمایش است.

این ۲۴ درصد مجموعه عواملی است که از دیدگاه آماری غیر قابل کنترل محسوب می‌شوند.

در مرحله بعد بمنظور بررسی اینکه آیا سه بار آزمایش در هر چاهک از هر تیمار (هر روش) به عنوان منبع تغییر محسوب می‌شود یا نه تجزیه واریانس را بین مشاهدات از طرفی و روشها و تکرارهای هر روش در چاهک‌های مختلف از طرف دیگر انجام و نتایج این آنالیز در جدول ۴ آمده است. از این جدول نتیجه گرفته می‌شود که ۹۵٪ از موارد تکرارهای آزمایش منبع تغییر نیستند. در حالیکه اختلافات ناشی از روشهای مختلف آزمایش همه در سطح ۱٪ معنی دارند و لذا با اطمینان کامل می‌توان اختلافات مشاهدات را در روشها و سایر منابع جستجو کرد.

برای جزئیات تحلیل‌های آماری علاقه‌مندان را به اصل پایان‌نامه راهنمایی می‌نماید.

در مورد محل دوم آزمایش نیز بین مشاهدات روشهای مختلف و تکرارهای هر روش در هر چاهک با استفاده از همان طرح آماری قبلی آنالیز واریانس صورت گرفت که نتایج در جدول ۵

جدول ۲ - نتایج حاصله از روشهای آزمایشی مختلف در محلهای اول و دوم (روز/m) و پارامترهای آماری مربوطه

محل و روش	محل ۱			محل ۲					
	پارامتر آماری	ارنست	گلف	پرشه	بارافتان	ارنست	گلف	پرشه	بارافتان
حداقل		۱۰/۴۰	۰/۰۳	۶/۴۱	۰/۰۲	۳/۶۷	۰/۰۵	۷/۰۴	۰/۰۱
حداکثر		۴۶/۰۱	۰/۳۹	۲۲/۷۶	۰/۹۳۰	۲۲/۵۶	۱/۰۱	۴۴/۵۰	۰/۴۰
دامنه		۳۵/۶۱	۰/۳۶	۱۶/۳۵	۰/۹۱۰	۱۸/۸۹	۰/۹۶	۳۷/۴۶	۰/۳۹
میانگین		۱۷/۴۸	۰/۱۶۸	۱۳/۲۷	۰/۲۱۸	۱۱/۶۹	۰/۲۷	۲۶/۱۳	۰/۱۱۸
انحراف معیار		۷/۷۸	۰/۰۹۱	۴/۴۳	۰/۲۱۰	۵/۹۶	۰/۲۴۳	۱۳/۳۵	۰/۱۱۸
واریانس		۶۰/۴۷	۰/۰۰۸	۱۹/۶۱	۰/۰۴۴	۳۵/۵۰	۰/۰۵۹	۱۷۸/۱۴	۰/۰۱۴
خطای استاندارد میانگین		۱/۴۲	۰/۰۱۷	۰/۸۰۸	۰/۰۳۸	۱/۰۹	۰/۰۴۴	۲/۴۴	۰/۰۲۲

جدول ۳ - تجزیه واریانس بین مشاهدات و روشهای مختلف در محل اول

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	F	(signif) F
اثر اصلی (روش)	۷۱۷۹/۱۵۵	۳	۲۳۹۳/۰۵۲	۱۱۹/۴۵۵	۰/۰۰۰
خطای آزمایش	۲۳۲۳/۸۴۵	۱۱۶	۲۰/۰۳۳	-	-
کل	۹۵۰۳/۰۰۱	۱۱۹	۷۹/۸۵۷	-	-

جدول ۴ - تجزیه واریانس بین (روش - تکرار) در چاهک‌های محل اول

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	(signif) F
اثرات اصلی (روش تکرار)	۷۱۸۰	۵	۱۴۳۶/۱	۶۷/۴	۰/۰
روش	۷۱۷۹	۳	۲۳۹۳	۱۱۲/۴	۰/۰
تکرار	۱/۷	۲	۰/۸	۰/۰۴	۰/۹
اثر متقابل (روش - تکرار)	۲۲/۴	۶	۳/۷	۰/۱	۰/۹
خطای آزمایش	۲۲۹۹/۷	۱۰۸	۲۱/۲	-	-
کل	۹۵۰۳	۱۱۹	۷۹/۸	-	-

جدول ۵ - تجزیه واریانس بین روشها و تکرارهای هر روش در هر چاهک (محل دوم)

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	F	(signif) F
اثرات اصلی (روش - تکرار)	۱۳۶۰۰/۸	۵	۲۷۲۰/۱	۴۸/۲	۰/۰۰
روش	۱۳۵۸۷/۱	۳	۴۵۲۹/۰	۸۰/۲	۰/۰۰
تکرار	۱۳/۷	۲	۶/۸	۰/۱	۰/۸۸
اثر متقابل (روش - تکرار)	۸۸/۷	۶	۱۴/۷	۰/۲	۰/۹۵
خطای آزمایش	۶۰۹۵/۰	۱۰۸	۵۶/۴	-	-
کل	۱۹۷۸۴/۶	۱۱۹	۱۶۶/۲	-	-

قرار می‌گیرد. در این حالت نیز تکرارهای آزمایش در سطح ۵٪ ( $P > ۰/۰۵$ ) معنی‌دار نیستند. در بررسی اثر متقابل دوگانه (محل - روش) در سطح ۱٪ معنی‌دار است.

بمنظور بررسی وجود اختلاف بین روش‌ها (تیمارها) آزمون "مقایسه میانگین‌های چند دامنه‌ای دانکن" برای میانگین چهار روش آزمایش به عمل آمد.

مشابه محل اول برای میانگین‌های روش‌های مختلف در محل دوم نیز آزمون دانکن انجام شد. مقایسه این نتایج نشانگر آن هستند که: بدلیل وجود اختلاف زیاد بین نتایج حاصله از مشاهدات صحرایی روش‌های مختلف استفاده از ارقام خام این مشاهدات بجای مقادیر روش شاهد صحیح نیست. این نتایج باید با متدهای مناسب تعدیل و سپس مورد استفاده قرار گیرند.

مدل مورد استفاده در این آزمایش مدل صحرایی بوده که پس از تعیین بهترین انطباق ریاضی مقادیر  $K_p$  اندازه‌گیری شده تعدیل شدند. تجزیه واریانس طرح بلوکهای کامل تصادفی مقادیر تعدیل

ارائه شده است. مطابق این جدول روش‌های مختلف آزمایشی همگی در سطح ۱٪ یعنی ( $P < ۰/۰۰۰۱$ ) معنی‌دار است. در صورتی که تکرارهای هر آزمایش در هر چاهک در سطح ۵٪ ( $P > ۵\%$ ) نیز معنی‌دار نمی‌باشد.

مطالعات آماری نتایج محل دوم نشان می‌دهد که متغیر کمکی چاهک اثر معنی‌داری حتی در سطح ۵٪ ( $P > ۵\%$ ) نداشته است. در ادامه با آنالیز واریانس کلیه مشاهدات دو محل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی اثر متقابل (محل - روش) و (محل - روش - تکرار) را بررسی نمودیم. نتایج این محاسبات در جدول ۶ آمده است مطابق این جداول اثر اصلی (مجموعه روش‌های آزمایشی، محل آزمایش و تکرارها) دارای اختلافات بسیار معنی‌داری در سطح ۱٪ می‌باشند که در تفکیک این منابع تغییرات مشخص می‌شود که روش‌های آزمایش در سطح ۱٪ معنی‌دار هستند و محل‌های آزمایش نیز در همین سطح معنی‌دار شده‌اند. به عبارت دیگر در مجموعه مشاهدات ضریب آنگذری دو محل، محل آزمایش بعنوان یک منبع تغییر مورد قبول

جدول ۶ - تجزیه واریانس بین مشاهدات صحرایی روشهای مختلف در محل های یک و دو

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	F	(signif) F
اثرات اصلی (روش - محل - تکرار)	۱۸۱۷۶/۰	۶	۳۰۲۹/۳	۷۷/۹	۰/۰
روش	۱۷۹۷۳/۷	۳	۵۹۹۱/۲	۱۵۴/۱	۰/۰
محل	۱۹۲/۷	۱	۱۹۲/۷	۴/۹	۰/۰
تکرار	۹/۴	۲	۴/۷	۰/۱	۰/۸
اثر متقابل دوگانه	۲۸۷۴/۸	۱۱	۲۶۱/۳	۶/۷	۰/۰
روش - محل	۲۷۹۲/۴	۳	۹۳۰/۸	۲۳/۹	۰/۰
روش - تکرار	۷۶/۲	۶	۱۲/۷	۰/۳	۰/۹
محل - تکرار	۶/۰	۲	۳/۰	۰/۰	۰/۹
اثر متقابل سه گانه	۳۴/۹	۶	۵/۸	۰/۱	۰/۹
خطای آزمایش	۸۳۹۴/۷	۲۱۶	۳۸/۸۶	-	-
کل	۲۹۴۸۰/۴	۲۳۹	۱۲۳/۳	-	-

شده  $K_s$  محل اول در جدول ۹ داده شده است.

وجود ندارد. در حالیکه این اختلاف بین روش چاهک معکوس با سایر روش ها بسیار معنی دار است.

#### تعدیل نتایج

بررسی نتایج و تفاوت موجود بین مقادیر  $K_s$  در روش های مختلف لزوم تعدیل آنها را روشن می سازد. بدین منظور از روش مدل طبیعی در صحرا برای تعدیل نتایج که دقیقترین آن نیز می باشد استفاده شده است.

در چاهک های محل آزمایش ابتدا با روش چاهک مقدا  $K_s$  را اندازه گیری و سپس به طریق پمپاژ، سطح آب را تا سطح ز کف چاهک ها پایین آورده و مقدار  $K_s$  با روش چاهک وارونه روش گلف در همان چاهک ها اندازه گیری و از کف چاهک نمونه ای از خاک برای تعیین  $K_s$  در آزمایشگاه تهیه گردیده است. از روش چاهک بعنوان روش شاهد استفاده و سپس با آزمو تعیین بهترین برآزش مهمترین روابط همبستگی بین روش های مختلف با روش شاهد تعیین و ارقام آزمایش به کمک این روابط تعدیل شده اند.

صورت کلی معادله همبستگی بین روش های مختلف با روش شاهد بصورت زیر است.

$$K_s = K_T + b_{xy} (K_m - K_i)$$

$K_s$  ضریب آبگذری تعدیل شده،  $K_T$  میانگین مشاهدات شاهد،

در این حالت اثرات اصلی که شامل روش های آزمایشی می باشند، حتی در سطح ۵٪ معنی دار نیستند و بطوریکه از مقادیر  $F$  و  $(singni) F$  برمی آید در ۱۰۰٪ موارد تفاوتی بین روش های آزمایشی وجود ندارد و نتایج تعدیل شده هر یک از روش ها کاملاً یکسان است.

واضح است که چنین نتیجه گیری مدیون تعداد مناسب آزمایشات، تأثیر حداکثر فاکتورهای مؤثر در آزمایشات، انتخاب مناسب مدل تعدیل و بالا بودن درجات آزادی خطای آزمایش می باشد.

همانند جدولهای ۷ و ۸ برای محل دوم تهیه شده است. اما در این محل مشاهدات روش های مختلف در سطح ۱٪ معنی دار شده است. قابل ذکر است که روش های آزمایشی در شرایط محل دوم حتی پس از تعدیل اختلافات بسیار معنی داری دارند.

نتایج تعدیل شده ضریب آبگذری دو محل ۱ و ۲ در جدولهای ۹ و ۱۰ داده شده است. با بررسی ارقام این جدول ها با اعتماد کامل می توان گفت که از لحاظ آماری هیچ تفاوتی بین نتایج تعدیل شده روش های مختلف آزمایشی دو محل وجود ندارد.

اما جدول ۱۰ گویای این مطلب است که در سطح ۱٪ بین روش های چاهک، پرماترگلف و بار افتان اختلافات معنی داری

جدول ۷ - تجزیه واریانس بین نتایج تعدیل شده روشهای چهارگانه در محل اول

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	F	(signif) F
اثرات اصلی	۰/۰	۳	۰/۰	۰/۰	۱/۰
روش	۰/۰	۳	۰/۰	۰/۰	۱/۰
خطای آزمایش	۱۷۶۴/۷	۱۱۶	۱۵/۲	-	-
کل	۱۷۶۴/۷	۱۱۹	۱۴/۸	-	-

جدول ۸ - تجزیه واریانس بین مشاهدات تعدیل شده روشهای چهارگانه در محل دوم

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	F	(signif) F
اثرات اصلی	۶۱۶۱/۵۶۵	۳	۲۰۵۳/۸۵۵	۱۵۹/۴۴۲	۰/۰۰۰
روش	۶۱۶۱/۵۶۵	۳	۲۰۵۳/۸۵۵	۱۵۹/۴۴۲	۰/۰۰۰
خطای آزمایش	۱۴۹۴/۲۵۶	۱۱۶	۱۲/۸۸۲	-	-
کل	۷۶۵۵/۸۲۲	۱۱۹	۶۴/۳۳۵	-	-

ضریب همبستگی،  $K_{mm}$  میانگین ارقام هر روش و  $K_p$  آبگذری تعدیل شونده. در جدول (۱۱) ضرایب همبستگی ( $b_{xy}$ ) معادلات فوق بین ارقام شاهد و روشهای مختلف برای محل‌های اول و دوم آزمایش داده شده است.

با استفاده از این معادلات، ارقام خام آزمایش‌های چهار روش فوق را تعدیل و نتایج تعدیل شده در جدولهای ۹ و ۱۰ داده شده است. بررسی نتایج تعدیل نشده آزمایش‌ها در جدول (۲) حاکی از تفرق ارقام ضریب آبگذری در دامنه‌ای وسیع بین ۰/۲۱۸ تا

۱۷/۴۸ متر در روز در محل اول و ۰/۱۱۸ تا ۲۶/۱۳ متر در روز در محل دوم است. در حالیکه مطالعات آماری بین مقادیر ضریب آبگذری ( $K_p$ ) حاصله از آزمایش صحرائی هر روش اختلاف معنی‌داری قائل نیست. عوامل مختلفی در ایجاد این اختلافات دخالت دارند:

غیر یکنواختی فضاهای موجود در حجم خاک (۷) اعم از تخلخل درشت، درز و ترک‌های ناشی از نمونه‌برداری، گالری‌های حادث در اثر عبور کرم خاک و یا مجاری باقیمانده از ریشه‌های گیاهی در بدنه خاک بوده و جریان آب را هدایت می‌نماید (۶).

تکنیک‌های متفاوتی در اندازه‌گیری  $K_p$  در روش‌های

جدول ۹ - میانگین‌های آزمایشی ضرایب آبگذری تعدیل شده و آزمون معنی‌دار بودن تفاوت آنها (محل اول)

جدول ۱۰ - میانگین‌های آزمایشی ضرایب آبگذری تعدیل شده و آزمون معنی‌دار بودن تفاوت آنها (محل دوم)

تیمار (روش آزمایشی)	ضریب آبگذری (متر در روز)
چاهک وارونه	الف ۲۸/۲۴
چاهک	ب ۱۱/۶۹
پرمانتر گلف	ب ۱۱/۶۹
بارافتان	ب ۱۱/۶۹

تیمار (روش آزمایشی)	ضریب آبگذری (متر در روز)
چاهک	الف ۱۷/۴۸
چاهک معکوس	الف ۱۷/۴۸
پرمانتر گلف	الف ۱۷/۴۸
بارافتان	الف ۱۷/۴۸

جدول ۱۱ - ضرایب همبستگی  $b_{xy}$  بین ارقام  $K_p$  اندازه گیری شده روشهای مختلف با ارقام روش چاهک

روش - محل	بار افتان	چاهک معکوس	روش گلف
محل اول	۰/۰۰۳۳۱	۱-۰/۱۳۹۶	- ۰/۰۰۲۹۵
محل دوم	۰/۰۰۲۶	۱/۲۶۷	- ۰/۰۰۰۷۱۱

۴ گانه بکار رفته، که در مقایسه، حجم خاک مورد استفاده در هر آزمایش، رژیم جریان آب در خاک و مقاومت‌های موجود در مقابل جریان، یکسان و یک جهت نبوده و مسائل مختلفی مطرح می‌گردد که در نتایج حاصله مؤثر بوده است. - در محیط‌های غیر یکنواخت روش چاهک با حجم نمونه‌ای از خاک معادل ۰/۴ متر مکعب در مقابل روش گلف با حجم تقریبی ۰/۱ متر مکعب مقدار  $K_p$  دقیق‌تری بدست خواهد داد. و نیز روش بار افتان که از نمونه خاکی به حجم چند ده سانتیمتر مکعب استفاده می‌نماید در مقایسه با روش پمپاژ که آزمایش بطور متوسط در فضایی از خاک به حجم تقریبی ۱۲ متر مکعب انجام می‌گیرد دقت نتایج حاصله و میانگین‌های  $K_p$  اندازه‌گیری شده یکسان نخواهد بود.

و اما، از دیدگاه رژیم جریان آب در خاک و مقاومت‌های موجود در مسیر، در آزمایش با پرماترگلف سرعت جریان آب در خاک را می‌توان به دو مؤلفه افقی و عمودی تقسیم نمود (۱۱). در خاکهای غیر یکنواخت هدایت هیدرولیکی خاک در این دو مسیر یکسان نیست. در روش چاهک و چاهک وارونه جهت جریان آب به ترتیب از خاک بداخل چاهک و از چاهک به داخل خاک و همواره بصورت دو مؤلفه افقی (از دیواره‌ها) و عمودی (از کف) چاهک انجام می‌گیرد. مقاومت هوا در مقابل جریان آب در روش چاهک بدلیل اشباع کامل خاک تقریباً "صفر در حالیکه این مقاومت در روش چاهک وارونه بدلیل محبوس شدن هوا در خلل و فرج بسته خصوصاً "پنجه‌ای شکل و یا شاخ گوزنی همچنین خلل و فرج خمیده خاک قابل ملاحظه حتی تعیین کننده است. بطوریکه ضریب تعدیل چاهک با حجم نمونه‌ای از خاک به حجم ۰/۲ متر مکعب ۱/۵، ۲ حتی ۲/۶ (۲) می‌رسد.

- تورم خاک و اثر ترکیبات شیمیایی آب بر نمونه خاک نیز مسئله‌ای در خور تأمل است. در روش چاهک، خاک به حالت اشباع کامل بوده و خاک محل از لحاظ تورم و از نظر شیمیایی با آب داخل آن به حالت تعادل ماندگار رسیده است. ولی در روش چاهک

وارونه که خاک مورد آزمایش در ابتدا خشک بوده و پس از خیس شدن ذرات رس، کلوئیدهای رسی متورم شده و چه بسا هنوز به حالت تعادل در نیامده موجب کاهش  $K_p$  خاک می‌گردد. بعلاوه آب مصرفی در آزمایش از نیمرخ خاک نبوده و دارای ترکیباتی است که با ترکیبات شیمیایی خاک متفاوت و بحالت تعادل شیمیایی پایدار نرسیده است. بنابراین طبیعی است که نتایج روش بار افتان که کمترین حجم خاک را داشته و احتمالاً "خاک آن در حین نمونه‌برداری در رطوبت زیاد محیط فشرده شده است از نتایج روش گلف که حجم خاک زیادتری را مورد آزمایش قرار می‌دهد کوچکتر باشد و این دو روش در مقایسه با روش پورشه (چاهک وارونه) و روش ارنست (چاهک) مقادیر  $K_p$  کمتری نشان دهد. اختلاف موجود از دیدگاه شرایط هندسی و رژیم جریان نیز قابل توجه است. در روش ارنست جریان تقریباً "یکنواخت بوده، تورم خاک وجود داشته سطح مقطع جریان ثابت و بنابراین سرعت جریان ثابت مانده و مقدار  $K$  ثابتی بدست می‌دهد. و دقت آن از سه روش دیگر بیشتر است. در روش پورشه مسائلی نظیر تورم خاک، مقاومت مسیر، رژیم جریان را بصورت غیر یکنواخت درآورده و تغییرات  $K$  ثابت نبوده و دامنه تغییرات وسیعی را ارائه خواهد داد.

سرانجام موافق با نظر ساگاش رویهمرفته اینطور میتوان نتیجه‌گیری نمود مهمترین روش برای تعیین ضریب آنگذری خاک روشی است که با طبیعت پروژه‌ای که قرار است نتایج در آن مورد استفاده قرار گیرند شباهت کامل داشته باشد. برای طراحی شبکه‌های زهکشی روش‌های چاهک (AH) و پمپاژ از چاهک را مناسب‌ترین روش برای تعیین  $K_p$  اعلام می‌دارد.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری‌های صمیمانه سازمان محترم تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، همچنین مجتمع عالی ابوریحان شرکت خدمات مهندسی جهاد تهران تشکر می‌نمائیم.

## REFERENCES

## مراجع مورد استفاده

- ۱ - بای بوردی، م.، ۱۳۶۸. زهکشی و بهسازی خاک. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم.
- ۲ - فرداد، ج.، ۶۵-۱۳۶۳. اصول زهکشی و کاربرد آن. چاپ کتیبه، جلد سوم.
- ۳ - مهدیان، م و ح. فرداد، ۱۳۶۸. بررسی نتایج ضرایب آبگذری به روش چاهک و پمپاژ بداخل چاهک سطحی. پایان نامه گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- ۴ - مشعل، م و ح. کشکولی، ۱۳۶۹. اندازه گیری ضریب آبگذری در بالای سفره آب زیرزمینی و معرفی روش جدید پرماترگلف. پایان نامه، دانشگاه شهید چمران.
- 5 - Bouwer, H. 1978. Groundwater Hydrology, MC - Graw - Hill. New york.
- 6 - Dorsey, J.D. 1990. A Comparison of four field methods for measuring saturated hydraulic conductivity Vol 33(6): Nov - Dec 1990. Transactions of the ASAE.
- 7 - Gallichand, J., & Madramodoo. 1990. An Evaluation of the Guelph permeameter for measuring saturated hydraulic conductivity American Society of Agricultural Engineers Vol 33(4) July - Aug 1990.
- 8 - Reynolds, W.D., & D.E. Elrick. 1985. The constant Head well Permeameter Effect on Unsaturated flow. Soil society. Vol. 139. No. 2.
- 9 - Talsma, T., & P.M. Hallam, 1980. Hydraulic conductivity Measurement of forest catchments. Aust. J. Soil Res so: 139-1480.
- 10 - Winger, R.U. 1960. In Place permeability tests and their use in subsurface drainage. Int. Comm. Irrig and Drainage I.C.I.D. 4th. Madrid Spain. P. 48.

## Comparison of Some Determination of Hydraulic Conductivity Coefficient in Saturated Soil Condition

K. EBRAHIMI AND H. FARDAD

Former Graduate Student, Assistant Professor of Irrigation and Reclamation

Departement of College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.

Accepted 14 Apr. 1998

### SUMMARY

The saturated hydraulic conductivity ( $K_s$ ) of soils is an important factor affecting soil water infiltrability and is often required as an input parameter for hydrologic models. Several field and laboratory methods are available for determining  $K_s$ . This study was conducted in the varamin plain to compare saturated hydraulic conductivity ( $K_s$ ) measurements using the Guelph Permeameter, the falling head method, the inverse auger hole (porchet) and the single auger hold method on soils with textures ranging from clay to silty - clay. Measurements at 20 points (in 2 sites) showed that in all of 240 cases, the Guelph permeameter yielded lower values than the inverse auger hold, the single auger hold and falling head method, but at one of two sites the Guelph permeameter yielded higher values than the falling head permeameter. The table (2) shows the overall mean for the four overall - mean methods evaluated. This difference attributed to the smaller soil sample volume of the falling head permeameter and Guelph permeameter, soil structural changes within the cores, and soil anisotropy about the falling head permeameter. In all of situations, the auger hold and inverse auger hold method produced higher  $K_s$  values than the falling head and Guelph permeameter. It is believed that the larger volume of soil sampled by the auger hole and invers auger hole method, the direction of water flow are responsible for the higher  $K_s$  values obtained with the auger hole and invers auger hole method.

**Keywords:** Comparison of Some Method, Hydraulic Conductivity & Guelph Permeameter.