مقایسهٔ چند روش اندازه‌گیری ضریب آبگذری در خاکهای خوزستان

حسین قدیری[1]

جهت مقایسه‌روشهای متداول اندازه گیری ضریب آبگذری و تعیین قابل اعتمادترین آنها تحقیقی در سطح وسیعی از اراضی جنوب اهوازانجام‌گرفت که درآن سه‌روش چاهک غیر محصور، استوانه‌های مضاعف، و آزمایشگاهی با بار ثابت‌با یکدیگر مقایسه گردیدند. اختلاف نسبتا" زیاد بین‌نتایج حاصله ازروش چاهک وتخمینهای حاصل ازبافت مویداین نظریه است‌که وجود لایه‌های رسوبی‌با بافت سبک یاشنی درقشر آبده چاهکها موجب ورود سریع آب‌به چاهک و افزایش نتیجه آزمایش می‌گردد. روش آزمایشگاهی نیز دارای اشکالاتی است‌که غالبا" درجهت کاهش نفوذپذیری عمل می‌کنند ولی در صورت رعایت کلیه احتیاطات لازم و افزایش تعدادتکرارها نتایج دقیقتری ازروش چاهک بدست می‌دهد. ارتباط نتایج روش آزمایشگاهی با بافت خاک محسوس‌تراز روش چاهک بوده وتغییرات ضریب آبگذری در اثر شستشو و خروج املاح را بهتر نشان می‌دهد. روش استوانه‌های مضاعف از دو روش قبلی معایب کمتری داشته و درصورت صرف وقت کافی‌برای اشباع کردن‌کامل خاک‌ورفع مشکل تامین‌آب بمقدار کافی‌در صحرا نتایج قابل قبول‌تری نسبت به روشهای آزمایشگاهی و چاهک بدست می‌دهد ولی توافق کامل‌بابافت خاک‌را میانگین نتایج دو روش آزمایشگاهی و استوانه‌های مضاعف نشان می‌دهد. بین نتایج دو روش آزمایشگاهی‌واستوانه‌های‌مضاعف‌رابطه‌خطی‌مستقیم‌وجوددارد و بابکاربردن ضریبی می‌توان آنها را به یکدیگر تبدیل‌کرد. زمان‌لازم جهت تبدیل‌ضریب آبگذری غیراشباعی به‌اشباعی درروش‌استوانه‌های‌مضاعف‌برای‌خاکهای‌منطقه‌بین۵تا۸ساعت است ولی‌برای حصول اطمینان‌ازاشباع شدن خاک‌بهتر است حد بالائی یعنی ۸ ساعت مورد استفاده قرار گیرد.

---

* تاریخ دریافت ۱۳۶۳/۸/۱۳، تاریخ پذیرش ۱۳۶۴/۹/۶

۱ــ دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران (اهواز).

مقدمه و هدف

ضریب آبگذری خاک یکی از فاکتورهای بسیار مهم در طراحی و تعیین عمق‌و فاصله زهکشها برای شستشو و اصلاح اراضی و یا پائین بردن سطح آب زیرزمینی است و تعیین دقیق آن‌از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است . روشهای آزمایشگاهی و صحرائی تعیین‌این ضریب‌همگی‌با اشکالات و محدودیتهائی روبرو هستندکه ازدقت نتایج‌حاصله ودر نتیجه کاربرد عملی آنهامی‌کاهد (۴و۸) . متداولترین روش مورد استفاده‌در حال حاضر روش صحرائی چاهک غیر محصور است که‌از اشکالات و محدودیتهای زیر برخوردار است :

۱ــ استفاده از این روش مستلزم بالا بودن آب زیرزمینی است زیرا ضریب آبگذری با استفاده ازسرعت ورود آب بداخل چاهک تخلیه شده تعیین می‌گردد و در صورت عدم وجود آب در چاهک استفاده از این روش غیر ممکن است . شاید گفته شودکه درچنین‌حالتی‌میتوان‌ازروش چاهک وارونه استفاده کرد (۱و۸) ولی‌نتایج‌این‌روش بدلائل‌مختلف و از جمله وابستگی زیاد عدد بدست آمده به نفوذ پذیرترین لایه و ریزش دیواره‌ها در لایه های شنی و در نتیجه بزرگتر شدن ابعادچاهک از درصد خطای بالائی برخوردار است و از طرفی مدت زمان طولانی بایستی مرتبا" آب به چاهک اضافه کرد تا خاک اطراف آن اشباع شده و ضریب آبگذری اشباعی بدست آید که آن نیز کاریست دشوار و گاهی غیر ممکن .

۲ــ این‌روش زمانی‌نتیجه مطلوب به‌بار می‌آوردکه نیمرخ خاک‌یکنواخت‌بوده ولایه‌هائی با بافت ناهمگن در آن مشاهده نشود (۵) و چنین شرایطی در خاکهای خوزستان وجود ندارد . این خاکها غالبا" رسوبات رودخانه‌ای جدید بوده و نیمرخ آنها متشکل‌است از لایه‌های رسوبی با بافت‌متفاوت . وجودلایه های شنی‌بانفوذپذیری شدید در بین لایه هائی با نفوذ پذیری متوسط یا ضعیف به‌کرات ودر غالب نیمرخهای مورد مطالعه بچشم می‌خورد (۱۰) و در چنین شرایطی معمولا" ضریب آبگذری اندازه گیری شده از درصد خطای بالائی برخوردار است .

روش آزمایشگاهی‌که عبارتست از برداشتن نمونه دست‌نخورده ازخاک وتعیین ضریب‌آبگذری آن درآزمایشگاه نیز درمراحل مختلف نمونه‌برداری ،انتقال‌به‌آزمایشگاه و انجام آزمایش با اشکالاتی روبروست و اغلب نتایجی دور ازواقعیت به بار می‌آورد . کوچک بودن نمونه ، وجود ریشه گیاهان و سوراخ حشرات ، ترک خوردگی ، بسته شدن

خلل و فرج دراثرخروج املاح و انبساط رسها پاره‌ای ازعواملی هستند که موجب ایجاد خطا در روش آزمایشگاهی می‌گردند.

باتوجه به متفاوت بودن‌نوع، ماهیت و چگونگی عمل‌عوامل ایجاد کننده‌خطا در روشهای مختلف اندازه‌گیری ضریب آبگذری ممکن‌است‌یک روش دریک‌منطقه‌باشرایط خاص آب و خاک نتایج قابل‌اعتمادی به بار بیاورد در حالی‌که همان روش درمنطقه‌ای دیگروتحت شرایط متفاوت باخطای بالا و غیرقابل قبولی همراه باشد. به همین‌ترتیب ممکن‌است یک روش خوب و قابل اعتماد بدلیل اشکالات عملی و اجرائی درمنطقه‌ای قابل اجرا نبوده و لازم باشد که آنرابا متدی نه بدان‌حد دقیق ولی‌قابل‌اجراجانشین کرد. به این‌ترتیب برای یافتن مناسبترین روش که در ضمن دقیق بودن وداشتن پائین‌ترین درصد خطا از لحاظ اجرائی و تکنیکی نیز مشکلات زیادی به همراه نداشته باشد بایستی روشهای‌مختلف در منطقه موردمطالعه و مقایسه قرارگیرند. تحقیق‌جاری تلاشی است در این راستا و در خلال آن سعی شده است ضمن یافتن مناسبترین روش اندازه‌گیری ضریب آبگذری درخاکهای خوزستان، راههائی نیزبرای به‌حداقل‌رساندن خطاها و اصلاح نتایج دیگر روشهای مورد استفاده در منطقه ارائه گردد.

مواد و روشهای آزمایش

این تحقیق درمنطقه‌ای بوسعت ۱۰۰۰ هکتار در ۱۸ کیلومتری جنوب‌اهوازو دو کیلومتری غرب کوت‌عبداله باجرادر آمد. درفاصله ۱/۵ کیلومتری غرب‌این‌اراضی ابتدای باتلاقی است که از رودخانه جراحی تغذیه شده و طغیانهای فصلی آن باعث بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و در مواردی بزیر آب بردن قسمتهائی از اراضی طرح می‌گردد. نیمرخ این خاکها عبارتست‌از افقهای مکرر و متناوب SiCL ، SiL و S. بافت لایه سطحی عمدتا" از دو کلاس SiL و SiCL تشکیل شده است. EC ، PH و بعضی دیگر از خصوصیات این خاکها در جدول ۱ درج گردیده است. در این منطقه برروی یک شبکه ۵۰۰×۵۰۰ متردر حدود ۴۰ نقطه مشخص گردیدو در این نقاط‌ضریب آبگذری به سه طریقی که در زیر شرح داده می‌شوند اندازه گیری گردید.

۱ـ روش چاهک غیر محصور Unlined Auger-hole Method

درکلیه نقاط مشخص‌شده، بکمک‌مته دستی‌چاهکهائی‌بقطر ۱۰ سانتیمتر تاعمق ۸۰ سانتیمترزیر سطح‌ایستابی حفرگردید. جهت خارج کردن آب‌از چاهک از یک پمپ

جدول ۱ : نتایج تجزیه های شیمیائی خاک لایه سطحی (۲۰ ـ ۰ سانتی متر)

Table 1: Some chemical Properties of surface soils (0-20 cm depth)

ESP محاسبه شده از SAR	SAR عصاره اشباعی	Ca+mg محلول meq/Li	Na محلول meq/Li	PH اشباع	شوری خاک درصد نمک salt %	شوری خاک EC mmhos/Cm	درصد اشباع % sat.	شماره چاهک Hole No.	ردیف
39	45	82	204	7.45	0.76	21.5	55	A10	1
19	16.5	180	157	7.2	0.69	25.2	43	A10	2
26	25	281	298	7.6	1.24	42.1	46	A18	3
31	31.5	335	409	7.4	1.44	53.5	42	A22	4
26	24.5	690	457	7.6	0.91	38.5	37	B23	5
3	3	25	98	7.44	0.10	3.6	43	C12	6
37	42	14	111	7.8	0.06	2.3	44	C14	7
37	42	95	291	7.9	0.78	29.2	42	C22	8
47	62	31	240	7.8	0.56	23.2	38	D7	9
20	18.6	125	147	7.4	0.54	21.6	39	E6	10
32	33	350	439	7.45	0.22	9.1	37	E14	11
27	26	96	180	7.6	0.67	24.3	43	E±ç	12
33	34	139	283	7.6	0.77	31.4	39	E18	13
46	58	92.5	397	7.7	1.09	38.8	44	E20	14
36	40	240	435	7.8	2.16	67.5	50	E22	15
26	25	690	457	7.3	1.33	56.0	37	F23	16
6	5.7	15	157	7.3	0.41	14.5	33	G8	17
29	29	243	316	7.5	1.37	41.2	52	G16	18
33	34	266	397	8.1	2.18	69.5	49	G18	19
8	7	141	59	7.6	0.32	12.0	42	H22	20
29	29	31	115	7.8	0.40	13.0	48	J10	21
37	42	220	435	7.8	1.57	50.2	49	J14	22
31	32	360	435	7.3	2.14	60.8	55	J16	23
31	32	123	251	7.7	1.22	45.4	42	J18	24
0.7	1.3	10	3	8.1	0.02	0.9	41	K7	25
75	206	153	1804	7.8	3.38	165	32	K17	26
12	10	49	50	7.9	0.28	8.4	53	L12	27
20	19	97	129	7.5	0.51	20.4	39	N2	28
16	15	71	89	7.3	0.37	13.0	40	N6	29
30	31	202	307	7.4	1.10	44	39	N10	30
32	33	123	263	7.5	0.85	30	44	N14	31
0.3	1	5.5	0.5	7.8	0.03	1.0	39	O3	32
11	10	45	49	7.8	0.22	8.5	40	P2	33
15	13	59	75	7.6	0.25	10.3	38	P4	34
29	30	65	170	7.3	0.28	13	34	P6	35
17	15	117	112	7.4	0.50	19.1	41	P13	36
24	26	121	200	7.8	0.67	28.3	37	Q1	37
26	25	131	207	7.7	0.68	26.5	40	Q4	38
24	22	145	191	7.5	1.01	31	51	R8	39
20	18	77	113	7.6	0.46	17	42	R10	40

دستی استفاده شدو اندازه‌گیری سرعت صعود آب‌در چاهک بکمک شناوریکه به انتهای یک مترفلزی وصل شده بود انجام گرفت . محاسبات با استفاده ازنوموگرافهای ارنست و رابطه هوخهات انجام گرفت (۵)

۲ــ روش استوانه های مضاعف Double Ring Method

از این روش‌به ترتیبی‌که توسط Bouwer پیشنهادشده است استفاده‌گردید (۲و۳) . دواستوانه به قطرهای ۲۴ و ۳۶ و ارتفاع ۳۰ سانتی متر به طریق متحدالمرکز در نقاط مشخص شده نصب و سپس با چکش مخصوص بعمق ۱۰ سانتی متر در خاک فرو برده می‌شدند . پس از نصب در هر دو استوانه به ارتفاع ۱۵ سانتی متر آب ریخته می‌شد و اندازه گیری آغاز می‌گردید . کاهش ارتفاع آب در استوانه داخلی در فواصل زمانی‌یک ساعت اندازه گیری و یادداشت می‌گردید و در صورت‌لزوم به استوانه‌ها آب اضافه می‌شد . این اندازه‌گیری بطور معمول تا۶ ساعت ادامه پیدا می‌کرد ولی مواردی نیز وجود داشت که برای دستیابی به سرعت یکنواخت ورود آب‌بخاک‌یابه‌نفوذپذیری اشباعی به زمانی بیش از ۶ ساعت نیاز بود . پس از اینکه بین دو یا سه اندازه گیری متوالی‌کاهشی مشاهده نمی‌شد آزمایش قطع و این عدد آخر و یا پائینترین حد ثابت منحنیهای شکل ۱ بعنوان ضریب آبگذری اشباعی خاک مورد استفاده قرار می‌گرفت . میزان‌تبخیر درظرفی جداگانه و درشرایطی مشابه شرایط‌استوانه‌ها اندازه گیری‌وجهت اصلاح نتایج مورد استفاده قرار می‌گرفت .

۳ــ روش آزمایشگاهی با بار ثابت Constant Head Permeameter

با استفاده از سیلندرهائی به‌قطر داخلی ۱۰ سانتیمتر و ارتفاع ۲۰سانتیمتر ازدوعمق ۲۰ــ۰ و ۴۰ــ ۲۰ سانتیمتری‌نمونه‌های‌دست‌نخورده تهیه‌گردید . سیلندرهای حاوی خاک بلافاصله در کیسه های پلاستیکی قرار داده می‌شد و به آزمایشگاه انتقال می‌یافت . درآزمایشگاه سیلندرهابمدت۱۲ ساعت بر روی تشتک محتوی شن اشباع‌قرار داده می‌شدند تا خاک داخل آنها از پائین و بتدریج به اشباع نزدیک گردد . سپس لوله های ورودی و خروجی آب به سیلندرها وصل می‌شد و ارتفاع ثابتی از آب برروی خاک‌قرارمی‌گرفت . آب‌خارج شده از نمونه درواحد زمان‌اندازه گیری می‌شدوبااستفاده از فرمول دارسی ضریب آبگذری نمونه محاسبه می‌گردید (۹) .

۴ ــ روش تخمین از طریق بافت خاک

درخاکهای بکری‌که توده بندی و تشکیل ساختمان کامل نبوده و یا واحدهای ساختمانی دارای استحکام چندانی نیستند و با قرار گرفتن در آب متلاشی می‌شوند ، رابطه نزدیکی بین نفوذپذیری و بافت خاک وجود دارد و با استفاده از بافت‌می‌توان تا حدودی نفوذ پذیری خاک را تخمین زد (۵) . این شرایط در خاکهای مورداستفاده در این تحقیق وجود داشت و باین خاطر نفوذ پذیریهای تخمین زده شده از طریق بافت‌بعنوان شاخصی جهت مقایسه روشهای مستقیم اندازه گیری ضریب آبگذری مورد استفاده قرار گرفت .

نتایج و بحث

نتایج اندازه گیری ضریب آبگذری با روش چاهک در ستون چهارم جدول ۲ ارائه شده و بکمک جداول استاندارد (۶) کلاس نفوذ پذیری‌هریک‌مشخص‌گردیده‌است (ستون پنجم) . در همین جدول بافت میانگین لایه آبده نیز که با کمک هیدرومتردر آزمایشگاه اندازه‌گیری شده و همچنین کلاس نفوذپذیری که‌از چنین‌بافتی‌انتظارمی‌رود نشان داده شده است . بطوری که پیداست نفوذپذیریهای اندازه گیری شده به روش چاهک همگی بالاتر از حد انتظار و عمدتا " در کلاس های سریع (کلاس۵) و یا نسبتا " سریع (کلاس ۴) قرار می‌گیرند . در حالی‌که بافت میانگین لایه آبده سنگین یامتوسط بوده و نفوذپذیریهای تخمینی بیشتر در کلاسهای ۱ یا ۲ و معدودی در کلاس ۳قرار می‌گیرند . علل‌این عدم هماهنگی یکی غیر یکنواخت بودن بافت لایه آبده و وجود لایه های نازک شنی‌است که ضمن کمک به ورود سریع آب به چاهک و بالا بردن‌ضریب آبگذری اندازه گیری‌شده ، تاءثیر چندانی روی بافت متوسط‌گل خارج شده از چاهک ندارند و دیگری ریزش دیواره ها در همین لایه های شنی و تغییر ابعاد چاهک است. وجود چنین لایه هائی در قسمتهای فوقانی سطح ایستابی به آسانی مشهود و حدود و مشخصات آنها قابل اندازه گیری است ، ولی در هم آمیختگی مواد خارج شده بوسیله مته از قسمتهای زیر سطح ایستابی چنین اجازه‌ای را نمی‌دهد و تنها می‌توان حدس‌زد که‌روند تغییرات بافت لایه‌های فوقانی در لایه های زیر سطح ایستابی‌نیز ادامه‌داشته باشد که نتیجه‌اش افزایش ضریب‌آبگذری است . درواقع ضریب‌تعیین‌شده باروش‌چاهک مربوط‌است به نفوذ پذیرترین لایه آن قسمت از چاهک که در زیر سطح ایستابی حفر

جدول ۲: رابطه ضریب آبگذری چاهکی با بافت خاک

Table 2: Relationship between soil texture and its hydraulic conductivity determined by auger hole method.

شماره ردیف No.	شماره چاهک Hole No.	عمق آب تحت‌الارضی Depth of underground water cm	ضریب آبگذری (K) Hydraulic conductivity cm / h	کلاس نفوذ پذیری Permeability class (measured)	بافت لایه آبده Texture	کلاس نفوذ پذیری تخمین زده شده از بافت Permeability class(estimated)
1	A8	440	0/6	3	C	1
2	A18	420	4/7	5	SL	4
3	C12	390	1/7	4	SiL	3
4	C22	390	2/6	5	SiCL	2
5	E1	440	3/7	5	SiCL	2
6	E16	410	2/9	5	SiCL	2
7	E20	385	2/1	4	CL	2
8	E22	370	2/4	4	SiL	3
9	G6	430	1/8	4	SiL	3
10	G8	410	2/7	5	SiCL	2
11	G16	408	0/9	4	C	1
12	G18	395	0/6	3	C	1
13	J16	408	1/3	4	C	1
14	L12	445	-	-	SiCL	2
15	L16	395	2/2	4	C	1
16	N6	450	3/4	5	SiL	3
17	P2	440	3/5	5	CL	3
18	P6	440	2/6	5	SiL	3
19	Q4	440	3/4	5	SL	4
20	R10	405	2/5	5	SiL	3

گردیده است و نه کل این قسمت . ارنست (Ernest 1950) روشی را برای اندازه‌گیری‌هدایت آبی خاکهای مطبق‌که نیمرخ آنهاتنها از دو لایه‌دارای نفوذ پذیری‌متمایز تشکیل شده باشد پیشنهاد کرد (۵) ولی این روش برای خاکهای منطقه مورد مطالعه دراین تحقیق که نیمرخ آنها از چندین لایه مختلف تشکیل شده است کاربردی ندارد .

نتایج اندازه گیری ضریب‌آبگذری به طریق آزمایشگاهی درجداول۳و ۴آورده شده است . ضرائب‌بدست‌آمده از این روش برعکس روش چاهک همگی‌کمتر ازحدانتظار بوده و کلاس نفوذ پذیری خاک را یک یا دو کلاس کمتر از آنچه که ازطریق بافت می‌توان استنباط‌کرد تعیین می‌کنند . ضرائب مندرج در ستون سوم جدول ۳ و ستون چهارم جدول ۴ بجز یکی دو مورد همگی از ۰/۱ سانتیمتر در ساعت کمتر بوده و در کلاس نفوذپذیری ۱ یا "خیلی آهسته" قرار می‌گیرند . چنین کلاسی مربوط‌است به بافتهای سنگین C و SiC در حالی که بافت لایه سطحی (۲۰ـ۰ سانتیمتر) این خاکها عمدتا "SiL یا SiCL و در چند نقطه L بود که می‌بایستی دارای کلاس نفوذ پذیری ۲ یا ۳باشند . چنین پیداست که عوامل ایجاد کننده خطا در روش‌آزمایشگاهی‌همگی‌در جهت کاهش نتایج حاصله عمل کرده‌اند . دامنه تغییرات نتایج ۲۶ نمونه ای که مورد آزمایش قرار گرفت کم و نتایج از یکنواختی خوبی برخوردار بوده و کلیه اعداد بین حداکثر ۰/۱۳ و حداقل ۰/۰۲ قرار دارند . تغییرات در داخل این محدوده رابطه مشخصی‌بابافت خاک ندارد و ظاهرا "تأثیرعوامل‌مداخله‌گرنظیرغلظت‌پائین‌الکترولیت بر تغییرات بافت فائق آمده است .

در مجموع باتوجه به محدودیتها و اشکالاتیکه در جریان نمونه‌برداری ، حمل به آزمایشگاه و بالاخره انجام آزمایش پیش می‌آید نتایج بدست آمده با این روش‌نیز ممکن است با درصد خطای بالائی همراه باشد . از طرفی‌چون‌شستشوی‌اراضی شور منطقه با آب رودخانه کارون صورت می‌گیرد که از نظر غلظت الکترولیت شبیه آب بکار برده شده درآزمایشگاه بوده و باخارج شدن نمکها ازخاک در مراحل شستشو و اصلاح‌اراضی انبساط لایه مضاعف وکاهش نفوذپذیری امریست اجتناب‌ناپذیر ، شاید بتوان گفت‌که نتایج بدست آمده ازاین روش در ارتباط با شستشو و خارج کردن نمک از خاک چندان هم از واقعیت بدور نبوده و نسبت به روش چاهک قابل قبول‌تر باشند .

نتایج اندازه گیری ضریب آبگذری با استفاده از استوانه‌های مضاعف در جداول (۳) و (۴) منعکس است . اعداد بدست آمده بکمک این روش تقریبا " حالت

جدول ۳ : مقایسه ضرائب بدست آمده از دو روش آزمایشگاهی و استوانه های مضاعف و رابطه آنها با بافت خاک

Table 3: Comparing the results obtained by double ring and lab. methods of measuring hydraulic conductivity.

ردیف	محل نمونه برداری یا نصب استوانه	ضریب آبگذری Hydraulic Conductivity (cm/h)		تجزیه مکانیکی خاک Mechanical Analysis of Soils			
	Hole No.	آزمایشگاهی Lab.	استوانه مضاعف Double ring	درصدشن %S	درصدلای %Si	درصد رس %C	کلاس بافت Texture
1	A10	0/02	0/7	16	44	40	SiCl
2	A12	0/13	2/5	19	51	30	SiCL
3	A18	0/05	1/1	16	48	36	SiCL
4	A22	0/09	1/8	25	43	32	CL
5	C12	0/10	1/7	15	51	34	SiCL
6	C14	0/06	1/2	12	55	33	SiCL
7	E14	0/05	1/3	28	47	25	L
8	E16	0/07	1/6	16	47	37	SiCL
9	E18	0/03	0/7	18	48	34	CL
10	E22	0/03	0/6	16	53	31	SiCL
11	G16	0/06	1/1	28	47	25	L
12	G18	0/05	0/9	27	53	20	SiL
13	J10	0/10	1/1	12	46	42	SiC
14	J14	0/01	0/5	15	56	29	SiCl
15	J18	0/04	0/6	17	54	29	SiL
16	L6	0/07	1/6	18	55	27	SiL
17	L12	0/07	1/4	11	49	40	SiCL
18	L16	0/12	2/4	18	55	27	SiL
19	N2	0/08	1/6	20	53	27	SiL
20	N10	0/02	0/7				
21	N14	0/08	1/8	28	52	20	SiL
22	P4	0/09	2/2	21	52	27	SiL
23	P6	0/04	0/9	18	56	26	SiL
24	P12	0/03	0/7	22	45	33	CL
25	Q1	0/02	0/2	22	50	28	SiL
26	R8	0/04	0/8	20	52	28	SiCL
	میانگین کل Mean	0/06	1/27				M
	کلاس نفوذ پذیری permeability class	1	4				

جدول ۴: مقایسه روشهای مختلف اندازه گیری ضریب آبگذری

Table 4· Comparing hydraulic conductivities measured by three different methods.

ردیف	شماره چاهک یا محل نمونه برداری یا نصب استوانه ها Hole No	عمق آب تحت الارضی Depth of underground water	ضریب ابگذری Hydraulic Conductivity (cm/h)		
			آزمایشگاهی Lab.	چاهکی Auger hole	استوانه مضاعف Double ring
1	A18	420	0/05	4/7	1/1
2	A22	420	0/09	3/1	1/8
3	C12	390	0/10	1/7	1/7
4	E14	425	0/05	3/0	1/3
5	E16	410	0/07	2/9	1/6
6	E22	370	0/03	2/4	0/6
7	G16	408	0/06	0/9	1/1
8	G18	395	0/05	0/6	0/9
9	L12	445	0/07	-	1/4
10	L16	395	0/12	2/2	2/4
11	N2	450	0/08	1/3	1/6
12	P2	440	-	3/5	2/5
13	P6	440	0/04	2/6	0/9
14	Q1	430	0/02	2/5	0/2

میانگین دو روش دیگر را داشته و با بافت خاک نیز هماهنگی بهتری دارند . اختلاف این اعداد با اعداد بدست آمده از روش آزمایشگاهی دارای اهمیت ویژه‌ای است زیرا سپلندرهای خاک‌دست نخورده درست‌از جای استوانه‌ها تهیه گردیده بودندو درنتیجه اختلاف دوعدد بدست آمده برای‌هر نقطه اختلاف واقعی در هدایت آبی آنها نبوده و اختلافات را بایستی در روشهای بکار گرفته شده و اشکالات و خطاهای آنها جستجو کرد .

با توجه باینکه فاکتورهای مداخله‌گر در روش آزمایشگاهی عمدتا" در جهت کاهش نتایج و در روش استوانه‌های مضاعف در جهت افزایش آن عمل می‌کنند ، شاید

بتوان گفت که میانگین نتایج دو روش مناسبترین عدد برای تعیین کلاس نفوذپذیری خاک باشد . این میانگین‌ها عمدتا" در کلاسهای ۲ و ۳ نفوذپذیری قرار می‌گیرندکه‌با بافت این خاکها انطباق کامل دارد . ولی معمولا" امکان اندازه‌گیری ضریب آبگذری‌با چند روش مختلف در طرحهای بزرگ و کارهای اجرائی وجود ندارد و بدست آوردن چنین میانگینی در عمل شاید چندان آسان نباشد .

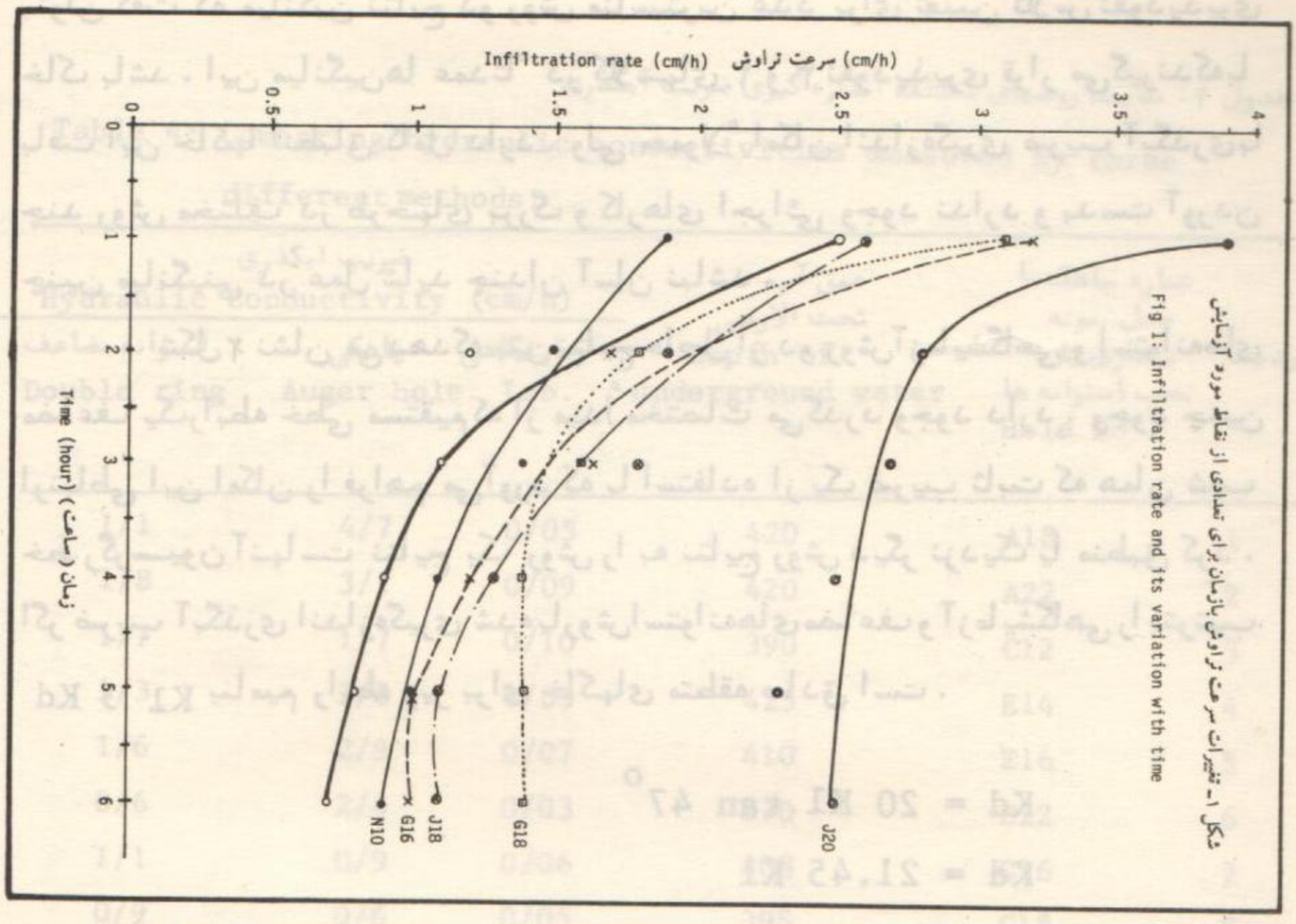
شکل۲ نشان می‌دهدکه بین نتایج حاصل از دو روش‌آزمایشگاهی و استوانه‌های مضاعف یک‌رابطه خطی مستقیم‌که از مبدأ مختصات می‌گذرد وجود دارد . وجود چنین ارتباطی این امکان را فراهم می‌آورد که با استفاده از یک ضریب ثابت که همان شیب خط رگرسیون آنهاست نتایج یک روش را به نتایج روش دیگر نزدیک یا منطبق کرد . اگر ضریب آبگذری اندازه‌گیری شده باروش‌استوانه‌های مضاعف و آزمایشگاهی را بترتیب Kd و K1 بنامیم رابطه زیر برای خاکهای منطقه صادق است .

$$Kd = 20\ K1 \tan 47^{o}$$

$$Kd = 21.45\ K1$$

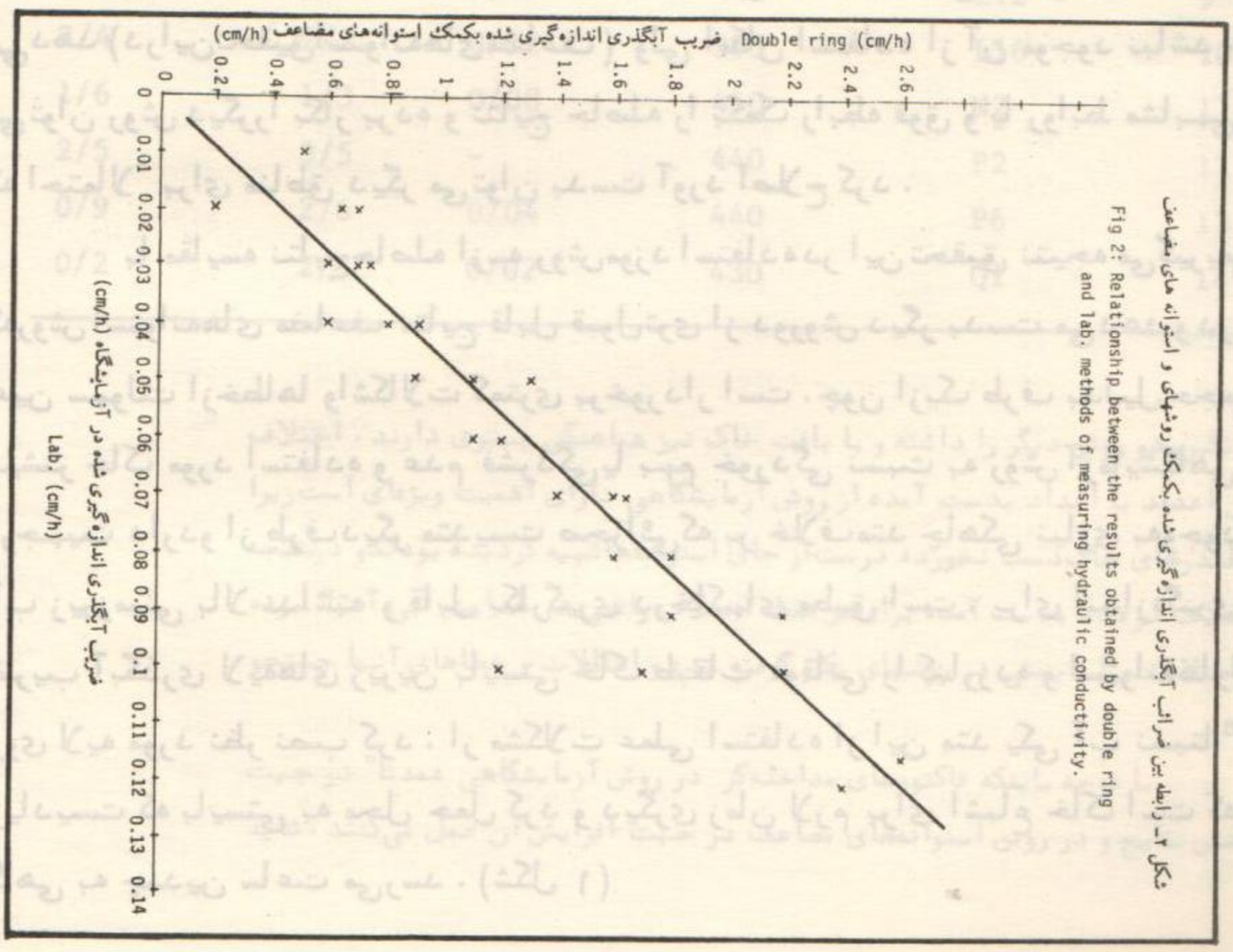
حال اگر باین نتیجه برسیم که یکی از این دو روش نتایج واقعی‌تری بدست می‌دهد (دراین‌تحقیق‌استوانه‌های‌مضاعف) ولی امکان استفاده از آن موجود نباشد ، می‌توان روش دیگررا بکار برده و نتایج حاصله را بکمک رابطه فوق و یا روابط مشابهی که احتمالا" برای مناطق دیگر می‌توان بدست آورد اصلاح کرد .

با مقایسه نتایج‌حاصله ازسه روش‌مورد استفاده در این تحقیق نتیجه می‌گیریم کهروش استوانه‌های مضاعف نتایج قابل قبول‌تری از دوروش دیگر بدست می‌دهد و در عین سهولت ازخطاها واشکالات کمتری برخوردار است .چون ازیک طرف بدلیل‌حجم بیشتر خاک مورد استفاده و عدم فشردگی‌یا بهم خوردگی نسبت به روش آزمایشگاهی ارجحیت داردو از طرف‌دیگر متدیست صحرائی‌که بر خلاف‌متد چاهکی نیازی به‌وجود آب زیرزمینی بالا نداشته و قابل بکارگیری درخاکهای مطبق است . برای اندازه‌گیری ضریب آبگذری لایه‌های زیرین بایستی خاک طبقات فوقانی را کنارزده و استوانه‌ها را روی لایه مورد نظر نصب کرد . از مشکلات عملی استفاده از این متد یکی آب نسبتا" زیادیست که بایستی به محل حمل کرد و دیگری زمان لازم برای اشباع خاک است که گاهی به چندین ساعت می‌رسد . (شکل ۱)



شکل ۱- تغییرات سرعت تراوش بازمان برای تعدادی از نقاط مورد آزمایش

Fig 1: Infiltration rate and its variation with time



شکل ۲- رابطه بین ضرایب آبگذری اندازه‌گیری شده بکمک روشهای و استوانه های مضاعف

Fig 2: Relationship between the results obtained by double ring and lab. methods of measuring hydraulic conductivity.

منابع مورد استفاده

1-Black, C.A. et al(Ed.)1965. Methods of Soil Analysis. part 1, Physical and Mineralogical Properties. Am. Soc. Agro.Inc. Pub.U.S.A.

2-Bouwer, H. 1961. A double tube method for measuring hydraulic conductivity of soil in situ above a water table. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.25 334-339

3-Bouwer, H. 1967 . Modified tube diameter for the double tube apparatus. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31 437-440

4-Hillel, D. 1980. Fundamentals of physics.Academic press.

5-Luthin, J. N. 1965. Drainage Engineering. John Wiley & Sons Inc.

6-Mahler, P.J. 1979. Manual of land classification for irrigation. Soil Institute of Iran, Ministry of Agriculture.

7-Yong R.N & B.P. Warkentin 1975. Soil properties and behaviour. Elsevier Scientific Pub. Co.

۸ ـ بای بوردی ، محمد ، ۱۳۶۰ ،اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک ، انتشارات دانشگاه تهران

۹ ـ قدیری ،حسین ، ۱۳۶۱ ، فیزیک خاک ، جزوه درسی

۱۰ ـ قدیری ، حسین ، ۱۳۶۱ ، گزارش مطالعات خاکشناسی و طبقه بندی اراضی طرح ۱۶۰۰ هکتاری کوت عبداله ، دانشگاه جندیشاپور