

مقایسه هدایت آبی اشباع خاک به روش پمپاژ به داخل چاهک و روش پرماترگلف در بالای سطح ایستابی

Comparison of soil saturated hydraulic conductivity under shallow well and guelph permeameter methods above the water table

بهروز مصطفی زاده* و سید فرهاد موسوی**

چکیده

به منظور طراحی شبکه‌های زهکشی زیرزمینی ضرورت دارد که هدایت آبی اشباع خاک تعیین گردد. یکی از روشهای متداول برای اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع خاک روش پمپاژ به داخل چاهک است. روش دیگری که اخیراً برای اندازه‌گیری فوق پیشنهاد شده است روش پرماترگلف می‌باشد. از هر دو روش برای اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع خاک در بالای سطح ایستابی، یعنی جائیکه طرح زهکشی عمدتاً به منظور جلوگیری از بالا آمدن سطح ایستابی و یا آبشویی املاح اضافی خاک اجرا می‌شود، استفاده می‌گردد. برای مقایسه روش پمپاژ به داخل چاهک با روش پرماترگلف، آزمایش‌هایی در دو مزرعه در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت. از مقایسه دو روش نتیجه شد که در روش پمپاژ به داخل چاهک روند کامل‌تری از تغییرات نفوذپذیری (و در نهایت هدایت آبی اشباع) خاک نسبت به زمان اندازه‌گیری می‌شود، ولی در روش پرماترگلف هدایت آبی اشباع در مدت زمان کمتری اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از یک برنامه کامپیوتری بنام GEFI (مدل عمومی نفوذ) اطلاعات اندازه‌گیری شده برازش داده شد. نتایج نشان داد که این مدل قادر است اطلاعات اندازه‌گیری شده را برای هر دو روش به خوبی برازش دهد و هدایت آبی اشباع را پیش‌بینی نماید. واژه‌های کلیدی: زهکشی، هدایت آبی، روش پمپاژ به داخل چاهک، پرماترگلف، مدل عمومی نفوذ.

برحسب موقعیت سطح ایستابی و لایه غیرقابل نفوذ نسبت به عمق فعالیت ریشه، روشهای مختلفی برای اندازه‌گیری صحرائی هدایت آبی خاک وجود دارد.

مقدمه

یکی از پارامترهای مهم در طراحی سیستم‌های زهکشی و تخمین جریان آب در خاک، هدایت آبی (هیدرولیکی) خاک می‌باشد. در مطالعات زهکشی

استفاده از روش پرماترگلف در زمانی حدود ۴۰ دقیقه می‌توان به هدایت آبی اشباع خاک رسید (۹). قابل ذکر است که همانگونه که در طرحهای زهکشی موردنظر است در روشهای پمپاژ به داخل چاهک و پرماترگلف عمدتاً هدایت آبی افقی خاک اندازه‌گیری می‌گردد. زیرا در زمان انجام آزمایش قسمت اعظم آب نفوذی از چاهک به خاک اطراف از طریق جداره‌های جانبی چاهک و مقدار کمی از آن از طریق کف چاهک می‌باشد (۱۱ و ۱۵).

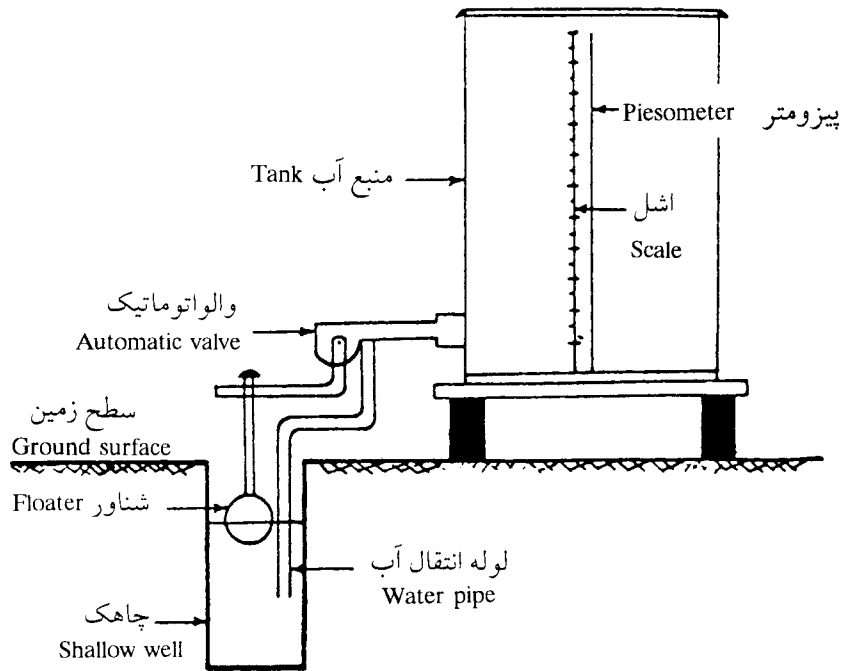
هدف از مطالعه حاضر اندازه‌گیری و مقایسه هدایت آبی خاک به روش پمپاژ به داخل چاهک و روش پرماترگلف، تحت شرایط یکسان، در دو مزرعه مختلف است. همچنین، مقایسه ارقام صحرايي با پیش‌بینی مدل عمومی نفوذ در مورد هدایت آبی خاک از دیگر اهداف این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

دستگاه اندازه‌گیری هدایت آبی خاک بروش پمپاژ به داخل چاهک (ساخته شده در دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان) در شکل ۱ نشان داده شده است. این دستگاه با مختصر تفاوت‌هایی شبیه دستگاه مورد استفاده توسط وینگر (۲۰) و بورسما (۵) می‌باشد. اجزای اساسی دستگاه عبارت از: منبع آب (بشکه ۲۲۰ لیتری)، اشل مدرج و پیزومتر نصب شده بر روی منبع، شیر اتوماتیک، جسم شناور و لوله انعطاف‌پذیر انتقال آب از منبع به چاهک می‌باشند. پیزومتر از نوع لوله پلاستیکی شفاف با قطر حدود ۱ سانتیمتر است که بطور عمودی بر جداره خارجی بشکه نصب شده و در قسمت پائین با داخل منبع ارتباط دارد. با استفاده از مته دستی چاهکی به قطر تقریبی ۱۰ سانتیمتر و عمق حدود یک متر ایجاد می‌گردد. داخل چاهک تا

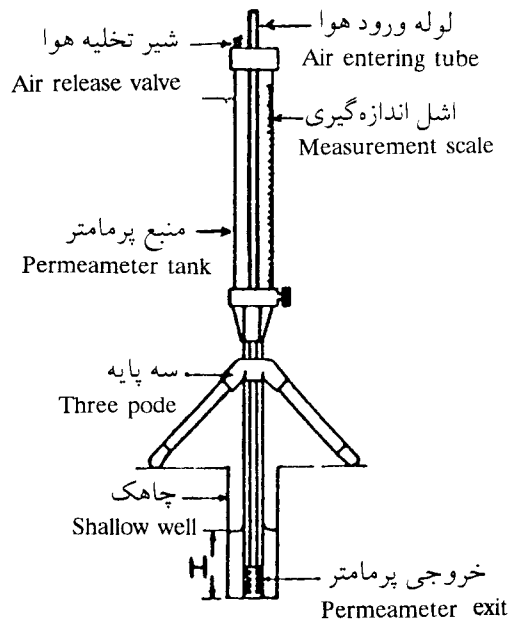
در مناطقی که سطح آب زیرزمینی در محدوده فعالیت ریشه باشد، معمولاً از روشهای متداولی نظیر چاهک (۱۸ و ۱۹)، چاهک‌های مضاعف (۶) و روش پیزومتری (۱۳) برای تعیین هدایت آبی خاک در زیر سطح ایستابی استفاده می‌شود. ساده‌ترین این روشها، روش چاهک است که دارای دقت نسبتاً خوبی بوده و انجام آزمایش در مزرعه به‌راحتی امکان‌پذیر است (۱۸، ۱۲ و ۱۵). در مناطقی که سطح ایستابی و لایه غیرقابل نفوذ هر دو پائین‌تر از عمق فعالیت ریشه باشند از روشهایی نظیر پمپاژ به داخل چاهک (۱۰، ۵ و ۱۹)، پرماتر (۱۱) و نفوذ در حوضچه (۱۱) برای تعیین هدایت آبی خاک استفاده می‌شود. در بین روشهای فوق، روش پمپاژ به داخل چاهک دارای دقت نسبتاً بالایی است. اساس این روش ثابت‌نگهداشتن سطح آب در داخل چاهک و اندازه‌گیری آب نفوذ یافته از چاهک به خاک اطراف می‌باشد. از معایب این روش، طولانی بودن زمان و نیاز به آب زیاد برای انجام آزمایش است (۱۷). در مزارعی که بافت خاک سنگین است برای رسیدن به هدایت آبی اشباع خاک ممکن است لازم باشد آزمایش پمپاژ به داخل چاهک بیش از دو شبانه‌روز ادامه داده شود (۱۰).

روشی که اخیراً برای اندازه‌گیری صحرايي هدایت آبی خاک در بالای سطح ایستابی پیشنهاد شده است روش پرماترگلف می‌باشد (۷، ۹ و ۱۴). در این روش نیز نظیر روش پمپاژ به داخل چاهک، سطح آب در چاهک ثابت نگهداشته می‌شود و نفوذ آب از چاهک به خاک اطراف اندازه‌گیری می‌گردد. از محاسن این روش علاوه بر سهولت جابجائی دستگاه، کوتاه‌تر بودن زمان و نیاز به آب کمتر برای انجام آزمایش است (۲ و ۹). نتایج یک مطالعه نشان داد که در یک خاک سیلت‌لوم با



شکل ۱ - شمای دستگاه پمپاژ به داخل چاهک

Fig 1. -Schematic diagram of the pumping into the shallow well



شکل ۲ - شمای دستگاه پرمامتر گلف

Fig 2.- Schematic diagram of the guelph permeameter

در این رابطه:

$A =$ سطح مقطع منبع آب (مترمربع)، $D =$ قطر دهانه منبع (متر)، $\Delta h =$ افت سطح آب داخل منبع (متر) و $\Delta t =$ مدت زمانی که آب به اندازه Δh افت می‌کند (دقیقه) می‌باشند.

در شکل ۲ شمای دستگاه پرماترگلف که مشابه دستگاه مورد استفاده توسط کانوار و همکاران می‌باشد (۹) نشان داده است. این دستگاه متشکل از مخزن آب (منبع پرماتر) از جنس شیشه به قطر ۸ سانتیمتر، اشل مدرج، درپوش منبع، لوله ورود هوا، قسمت انتهایی پرماتر (دارای منافذ خروج آب از پرماتر به چاهک)، شیر تخلیه هوا و سه پایه می‌باشد. اندازه‌گیری هدایت آبی خاک به‌روش پرماترگلف نظیر روش پمپاژ به داخل چاهک براساس سطح ثابت آب داخل چاهک می‌باشد. نحوه استفاده از دستگاه بدین ترتیب است که ابتدا با استفاده از مته دستی چاهکی بقطر حدود ۱۰ سانتیمتر و عمق حدود ۷۰ سانتیمتر ایجاد کرده و دستگاه پرماترگلف را با استفاده از سه پایه بالای چاهک قرار می‌دهیم. بعد از نصب پرماتر، لوله ورود هوا تا قسمت خروجی انتهایی پرماتر پائین رانده می‌شود که این کار باعث جلوگیری از خروج آب هنگام پر کردن منبع پرماتر می‌گردد. درپوش بالای منبع پرماتر را برداشته و منبع پرماتر را تا عمق ۲ سانتیمتر زیر درپوش پر از آب کرده و درپوش را بجای اولیه خود برمی‌گردانیم. سپس هوای فشرده شده بین مایع و درپوش را با بازکردن شیر تخلیه هوا خارج می‌کنیم. چاهک را تا عمق دلخواه با آب پر کرده و سپس لوله ورود هوا را به لرامی از قسمت خروجی پرماتر تا سطح آب درون چاهک بالا کشیده تا جریان برقرار گردد. بعد از برقرار شدن جریان بلافاصله در فواصل زمانی معین افت سطح آب منبع پرماتر را با قرائت سطح آب

عمق دلخواه آب ریخته می‌شود و سپس بلافاصله جسم شناور به داخل چاهک رها می‌گردد و پائین رفتن سطح آب داخل منبع از طریق پیزومتر و اشل مدرج نسبت به زمان یادداشت می‌گردد. مدت انجام آزمایش عمدتاً بستگی به پارامترهایی نظیر بافت خاک، رطوبت اولیه خاک، دانسیته خاک و غیره دارد و معمولاً انجام آزمایش تا زمانی ادامه می‌یابد که تغییرات سطح آب پیزومتر نسبت به زمان تقریباً ثابت گردد. در این روش در صورتیکه تغییرات درجه حرارت آب داخل چاهک که با دماسنج اندازه‌گیری می‌گردد در زمان انجام آزمایش از ۲ درجه سانتیگراد تجاوز نماید تصحیح هدایت آبی خاک نسبت به تغییرات درجه حرارت آب ضروری است (۱۲). در این مطالعه، چون تغییرات درجه حرارت آب داخل چاهک در زمان انجام آزمایش کمتر از ۲ درجه سانتیگراد بود نیازی به اصلاح هدایت آبی خاک نسبت به درجه حرارت نبود.

بعد از انجام آزمایش، آمار مورد جمع‌آوری تجزیه و تحلیل و هدایت آبی خاک بطریق زیر محاسبه شد.

$$K = 1440 \frac{[\log_e(h/r + \sqrt{(h/r)^2 + 1}) - 1]Q}{2\pi h^2} \quad (1)$$

در این رابطه:

$K =$ هدایت آبی خاک (متر در روز)، $h =$ فاصله از کف چاهک تا سطح آب درون چاهک (متر)، $r =$ شعاع چاهک (متر) و $Q =$ دبی آب نفوذیافته از چاهک (متر مکعب در دقیقه) می‌باشند.

برای محاسبه Q از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Q = A \frac{\Delta h}{\Delta t} = (\pi D^2 / 4) (\Delta h / \Delta t) \quad (2)$$

قرار داشت. در مزرعه آزمایشی ۱، محصول گندم تازه برداشت شده بود و خاک مزرعه نسبت به مزرعه آزمایشی ۲، متراکم تر بود. شرایط انجام آزمایش در هر مزرعه برای هر یک از دو روش مشابه بوده و عمق ثابت آب درون چاهک در هر یک از آزمایشها حدود ۴۵ سانتیمتر بود.

از نظر تئوری، نفوذ آب به خاک را می توان به وسیله مدل های مختلف تشریح نمود (۸). پیش بینی این مدلها بر اساس اطلاعات فیزیکی خاک، شرایط اولیه و شرایط صحرایی است. یکی از مدل هایی که اخیراً نوشته شده مدل سینگ ویو است که بر اساس یک سری پارامترهای فیزیکی خاک و همچنین ارقام نفوذ اندازه گیری شده در زمین قادر است وضعیت نفوذ آب به خاک را پیش بینی نماید (۱۶).

با استفاده از روش سینگ ویو و برنامه کامپیوتری تهیه شده توسط مؤلفین مقاله حاضر به نام GEFI (۳، ۴ و ۱۶)، معادله عمومی نفوذ نسبت به اطلاعات صحرایی نفوذ آب در چاهک برآزش داده شد و پارامترهای معادله بدست آمد. معادله عمومی نفوذ بصورت زیر نوشته می شود که سایر مدل های معروف نفوذ حالت خاصی از این معادله می باشند (۱۶):

$$f(t) - f_s(t) = \frac{a[S(t)]^m}{[S_0 - S(t)]^n} \quad (5)$$

در این رابطه:

$f(t)$ = سرعت نفوذ در زمان t ، $f_s(t)$ = سرعت نهایی نفوذ، $S(t)$ = پتانسیل ذخیره آب، S_0 = ذخیره اولیه خاک، m و n = ضرایب معادله هستند.

تابع هدف حداقل مجذورات و خطای متوسط تخمین مقادیر سرعت نفوذ آب نیز از روابط زیر محاسبه می گردند:

$$SS = \sum_{i=1}^N \{ \log[f_{obs}(i) - f_c] - \log[f_{com}(i) - f_c] \}^2 \quad (6)$$

توسط اشل مدرج یادداشت می کنیم. وقتی شدت تغییرات سطح آب منبع پرماتر تقریباً به مقدار ثابتی رسید لوله ورود هوا به قسمت انتهایی پرماتر رانده تا جریان متوقف و آزمایش ختم گردد.

بعد از جمع آوری اطلاعات صحرایی، هدایت آبی خاک از فرمولهای زیر محاسبه می گردد:

$$B = \frac{C}{2\pi H^2 [1 + C/2 (a/H)^2]} \quad (3)$$

و

$$K = BQ = BA \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (4)$$

در این رابطه:

H = ارتفاع آب داخل چاهک (متر)، a = شعاع چاهک (متر)، C = پارامتری که با داشتن نسبت H/a بدست می آید (۱ و ۱۵)، Q = دبی آب نفوذ یافته از چاهک (مترمکعب در ثانیه)، A = سطح مقطع بین جداره داخلی منبع پرماتر و جداره خارجی لوله ورود هوا (مترمربع)، Δh = افت سطح آب منبع پرماتر (متر)، Δt = مدت زمانی که آب به اندازه Δh افت می کند (ثانیه)، K = هدایت آبی خاک (متر در ثانیه) می باشد.

آزمایش به روش پمپاژ بداخل چاهک و روش پرماترگلف در دو مزرعه مختلف و با دو تا سه تکرار در هر مزرعه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. چون رطوبت اولیه خاک خصوصیت نفوذپذیری آن را تحت تأثیر قرار می دهد، قبل از شروع آزمایش متوسط رطوبت وزنی خاک در عمق صفر تا ۱۵ سانتیمتری برای هر یک از مزارع آزمایشی تعیین گردید. مزرعه آزمایشی ۱ دارای بافت خاک لوم و رطوبت اولیه وزنی ۱۱/۲ درصد و مزرعه آزمایشی ۲ دارای خاک لومی رسی شنی و رطوبت اولیه وزنی ۲/۲ درصد بود. مزارع آزمایشی فاقد پوشش گیاهی بوده و سطح ایستابی در عمق زیاد نسبت به سطح زمین

$$ME = \left[\frac{\sum (f_{obs}(i) - f_{com}(i))^2}{N-1} \right]^{0.5} \quad (V)$$

در این رابطه:

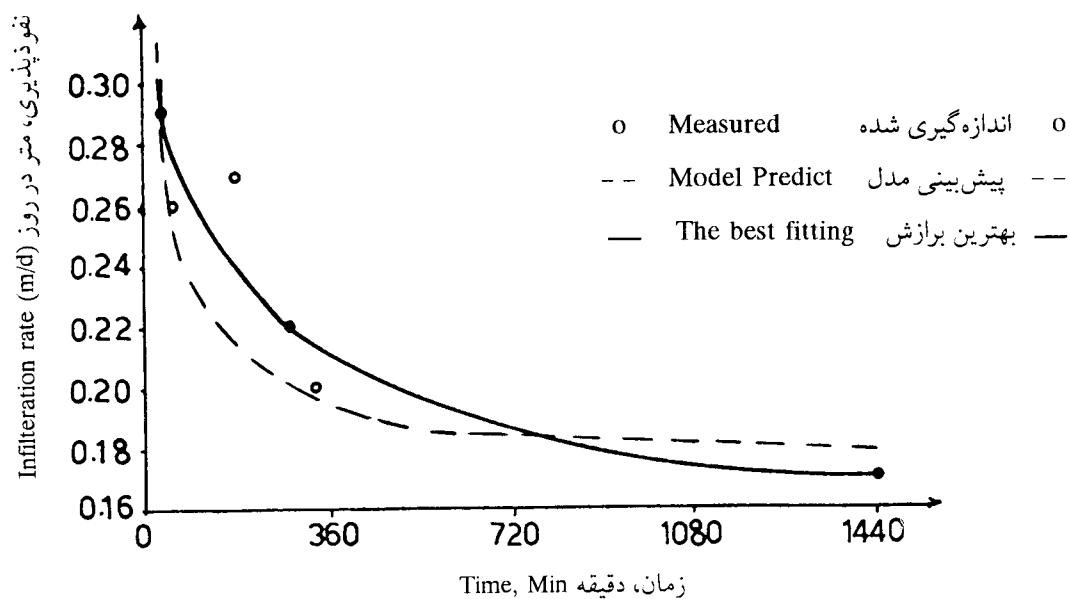
SS = خطا، N = تعداد مشاهدات، $f_{obs}(i)$ = سرعت نفوذ مشاهده شده در زمان t_i ، f_{com} = سرعت نفوذ محاسبه شده در زمان t_i ، ME = متوسط خطا و f_c = سرعت نفوذ نهایی می باشند.

نتیجه و بحث

بعد از انجام آزمایشات، اطلاعات جمع آوری شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و تغییرات نفوذ آب به خاک در چاهک‌ها نسبت به زمان برای هر دو روش و برای هر یک از مزارع آزمایشی محاسبه گردید. در شکل ۳ روند تغییرات نفوذپذیری آب به خاک نسبت به زمان حاصل از روش پمپاژ بداخل چاهک برای مزرعه آزمایشی ۱ نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می‌گردد که روند تغییرات نفوذپذیری خاک نسبت به زمان کاهشی است و باگذشت زمان به تدریج به مقدار تقریباً ثابتی که همان هدایت آبی اشباع خاک است نزدیک می‌شود. در شکل ۴ روند تغییرات نفوذپذیری آب به خاک نسبت به زمان حاصل از روش پرماترگلف برای مزرعه آزمایشی ۱ نشان داده شده است. در این شکل نیز همچنین ملاحظه می‌شود که نفوذپذیری آب به خاک نسبت به زمان تا رسیدن به مقدار تقریباً ثابت هدایت آبی اشباع خاک کاهش می‌یابد. از مقایسه نتایج ارائه شده در شکل‌های ۳ و ۴ می‌توان چنین استنباط نمود که در هر دو روش می‌توان هدایت آبی اشباع خاک را پیش‌بینی نموده زیرا نمودارهای نشان داده شده در هر دو روش نسبت به زمان روند کاهشی داشته و بتدریج به سمت مقادیر تقریباً مشابه و ثابتی (قسمت انتهائی نمودارها) که همان هدایت آبی

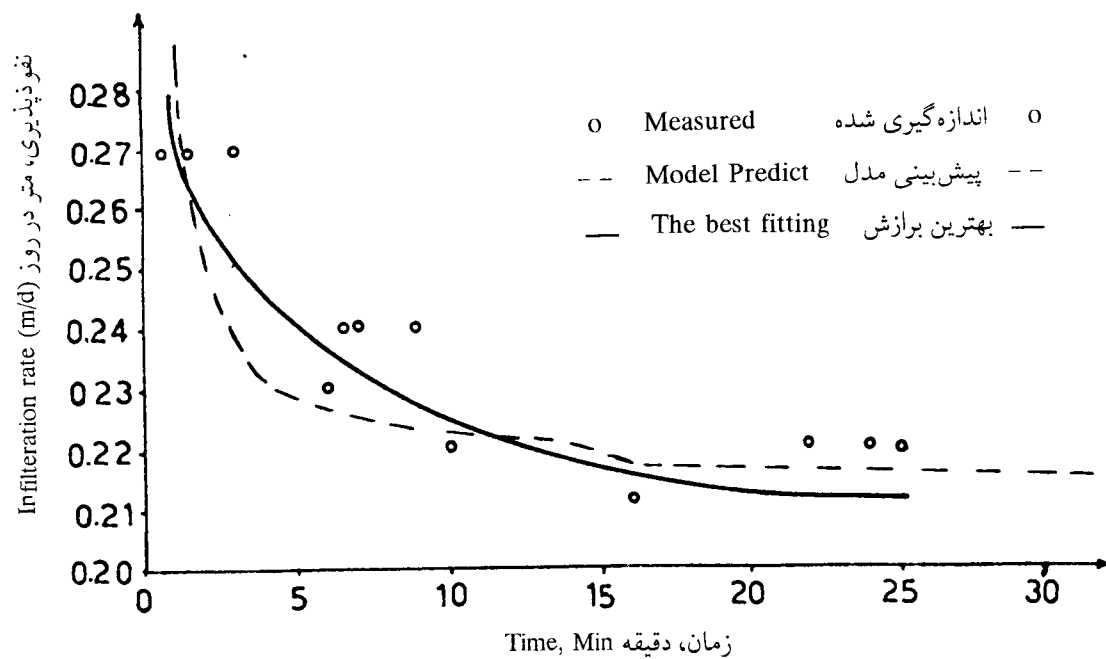
اشباع خاک است پیش می‌روند. از مقایسه شکل‌های فوق همچنین می‌توان نتیجه گرفت که زمان لازم برای رسیدن به هدایت آبی اشباع خاک در روش پرماترگلف به مراتب کوتاهتر از زمان لازم برای رسیدن به هدایت آبی اشباع خاک در روش پمپاژ به داخل چاهک است. آزمایش کانوار و همکاران (۹) نیز چنین موضوعی را نشان می‌دهد. بدیهی است همانگونه که در شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود در صورتیکه روند تغییرات نفوذ آب به خاک نسبت به زمان موردنظر باشد (یعنی از زمانیکه خاک غیراشباع است تا زمانیکه خاک به حالت اشباع کامل در می‌آید) نتیجه روش پمپاژ به داخل چاهک به دلیل طولانی‌تر بودن زمان انجام آزمایش بهتر است. زیرا در این روش روند تغییرات نفوذ آب به خاک نسبت به زمان کامل‌تر است. ولی در صورتیکه هدف فقط تعیین هدایت آبی اشباع خاک باشد با استفاده از روش پرماترگلف می‌توان در زمان به مراتب کوتاه‌تری به این پارامتر رسید.

در شکل‌های ۵ و ۶ روند تغییرات نفوذ آب به خاک نسبت به زمان برای مزرعه آزمایشی ۲ به ترتیب برای روش پمپاژ به داخل چاهک و روش پرماترگلف نشان داده شده است. بطورکلی، از مقایسه شکل‌های ۵ و ۶ نیز می‌توان نتایج مشابه مزرعه آزمایشی ۱ بدست آورد. در مزرعه آزمایشی ۲ چون رطوبت اولیه خاک پایین بود، در روش پرماترگلف برای سریع‌تر رسیدن به هدایت آبی اشباع خاک، قبل از شروع آزمایش، چاهک به مدت کوتاهی با آب تقریباً اشباع گردید. به همین دلیل نفوذپذیری خاک در شروع آزمایش در روش پرماترگلف بمراتب کمتر از روش پمپاژ به داخل چاهک می‌باشد (مقایسه دو عدد ۲ و ۰/۲۶ متر در روز در ابتدای شکل‌های ۵ و ۶). قابل توجه است



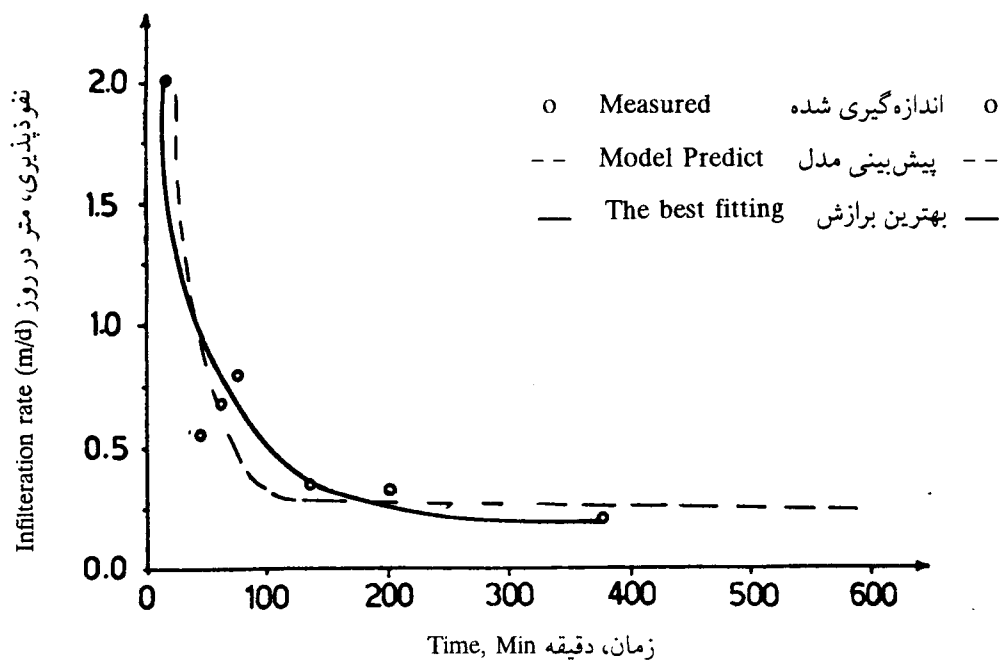
شکل ۳- تغییرات نفوذ آب به خاک نسبت به زمان به روش پمپاژ به داخل چاهک برای مزرعه آزمایشی ۱

Fig 3. Variation of infiltration rate for shallow well method, in experimental farm No.1



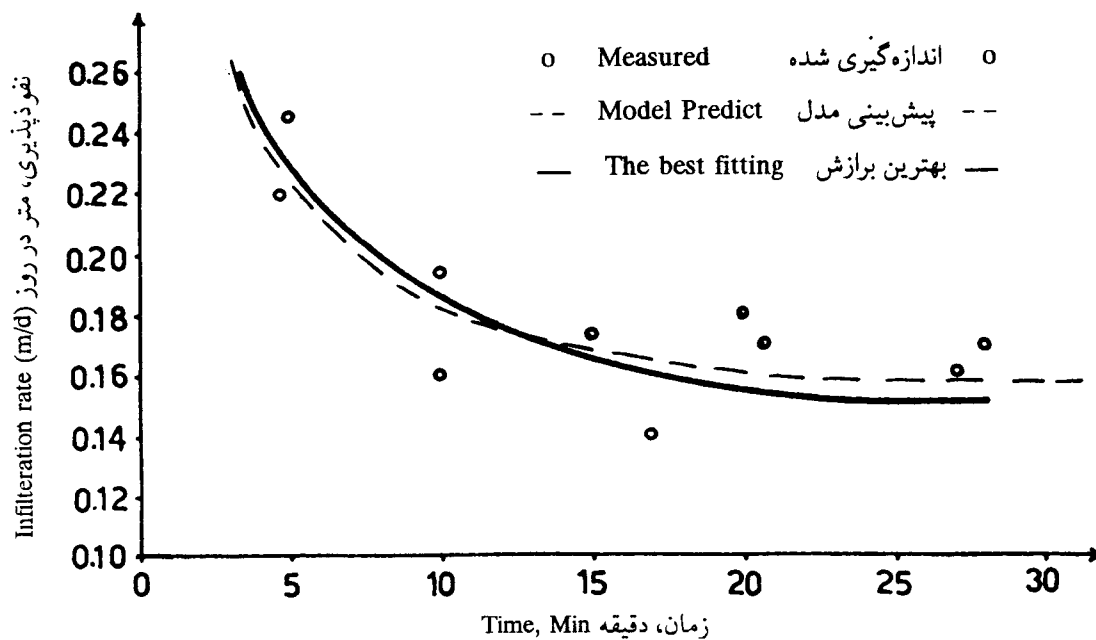
شکل ۴- تغییرات نفوذ آب به خاک نسبت به زمان به روش پرماترگلف برای مزرعه آزمایشی ۱

Fig 4. Variation of infiltration rate for guelph permeameter method, in experimental farm No.1.



شکل ۵ - تغییرات نفوذ آب به خاک نسبت به زمان به روش پمپاژ به داخل چاهک برای مزرعه آزمایشی ۲

Fig 5. Variation of infiltration rate for shallow well method, in experimental farm No.2



شکل ۶ - تغییرات نفوذ آب به خاک نسبت به زمان به روش پرماترگلف برای مزرعه آزمایشی ۲.

Fig 6. Variation of infiltration rate for guelph permeameter method, in experimental farm No.2.

جدول ۱ - مقادیر تعیین شده a ، m و n تابع هدف، متوسط خطا و سرعت نفوذ نهایی (fc) برای مزارع آزمایشی.

Table 1- Determined values for a , m , n , objective function, mean error and final infiltration rate (fc) for experimental farms.

| (cm/hr) fc | متوسط خطا (cm/hr) | تابع هدف | n | m | a | Initial moisture | Soil porosity | نوع آزمایش | مزرعه |
|------------|-------------------|--------------------|--------|---------|--------|------------------|---------------|--------------|-------|
| | Mean error | Objective function | | | | moisture | porosity | Type of test | Farm |
| 0.665 | 0.1852 | 8.380 | 0.9475 | -0.4213 | 1.0044 | 0.112 | 0.50 | پمپاژ | 1 |
| 0.695 | 3.115 | 12.076 | 3.2062 | 1.5685 | 1.0057 | 0.022 | 0.464 | پمپاژ | 2 |
| 0.788 | 0.064 | 23.237 | 0.4432 | -1.2177 | 1.0000 | 0.312 | 0.50 | پمپاژ | 1 |
| 0.541 | 0.075 | 15.643 | 1.2913 | -1.6398 | 1.0000 | 0.222 | 0.464 | پرمامتر | 2 |
| | | | | | | | | پرمامتر | |

می‌گیرد استفاده گردد.

منابع مورد استفاده : References

- ۱ - رضائی، ع. و سپاسخواه، ع. ر. ۱۳۷۵. تعیین ضریب هدایت هیدرولیکی خاک در مطالعات زهکشی. سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، ۱۰ و ۱۱ شهریور، کرمان.
- ۲ - کشکولی، ح.ع. ۱۳۷۱. اندازه‌گیری همزمان خصوصیات هیدرولیکی خاک در بالای سفره آب زیرزمینی. مجموعه مقالات سومین کنگره علوم خاک ایران.
- ۳ - موسوی، س. ف. و مصطفی‌زاده، ب. ۱۳۷۱. کاربرد مدل عمومی نفوذ در بررسی نفوذ آب به شیار تحت روشهای سرچ و سنتی. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۶، شماره ۲، صفحات ۱۰۸-۹۴.
- ۴ - موسوی، س. ف. و مصطفی‌زاده، ب. ۱۳۷۲. کاربرد مدل عمومی نفوذ در ارزیابی نفوذ در سیستم‌های آبیاری کرتی و نواری. سمینار ملی آبیاری و زهکشی، ۶-۴ اردیبهشت، تهران.
5. Boersma L (1965) Field measurement of hydraulic conductivity above a water table. In:C.A. Black (ed.): Methods of Soil Analysis, Part I. Agronomy 9:234-252, Amer. Soc. Agron., Madison, Wis.
6. Childs EC and Collis-George N (1950) The permeability of porous materials. Proc. Roy. Soc. (London), A 201 : 392 - 405 .
7. Elrick DE, Reynolds WD, Lee DM and Clothier BE (1984) The " Guelph

که در مزرعه آزمایشی ۲ نیز همانند مزرعه آزمایشی ۱، نفوذپذیری آب به خاک در روش پرماترگلف در مقایسه با روش پمپاژ به داخل چاهک در زمان به مراتب کوتاه‌تری به هدایت آبی اشباع خاک نزدیک می‌شود.

جدول ۱ مقادیر تخلخل خاکها، رطوبت اولیه، پارامترهای معادله ۵، تابع خطا، متوسط خطا و سرعت نفوذ نهائی خاک را نشان می‌دهد. با استفاده از اطلاعات این جدول، پیش‌بینی مدل عمومی نفوذ برای هریک از دو روش فوق و مزارع آزمایشی انجام شد که نتایج به صورت خط چین در شکل‌های ۳ تا ۶ نشان داده شده است. از مقایسه ارقام پیش‌بینی مدل عمومی نفوذ (f جدول ۱) و خط بهترین برازش اطلاعات صحرائی می‌توان چنین استنباط نمود که سرعت نفوذ نهایی تقریباً مساوی هدایت آبی اشباع خاک است.

در طرحهای زهکشی، در مناطقی که سطح آب زیرزمینی و لایه غیرقابل نفوذ هر دو پائین‌تر از عمق فعالیت ریشه باشند، استفاده از روشهای پمپاژ به داخل چاهک و پرماترگلف این برتری را دارند که با دقت خوبی هدایت آبی اشباع خاک را اندازه‌گیری می‌نمایند. تعیین این پارامتر حائز اهمیت است زیرا نقش مهمی در محاسبات زهکشی، بخصوص از نظر ظرفیت و فاصله زهکش‌ها دارد.

بطورکلی، چون موفقیت در طرحهای زهکشی تا حد زیادی بستگی به دقت تعیین پارامتر هدایت آبی اشباع خاک دارد، ضروریست که برای تعیین آن نهایت دقت بعمل آید و بجای استفاده از روشهای تخمینی و یا آزمایشگاهی که معمولاً نمونه خاک دست خورده است از روشهای صحرائی (نظیر روشهای فوق‌الذکر) که دارای دقت بیشتری می‌باشند و آزمایش در شرایط طبیعی خاک صورت

- Permeameter" for measuring the field-saturated hydraulic conductivity above the water table: 1.Theory, procedures and applications. Proc. Canadian Hydrology Symposium, Quebec, Canada.
8. Haveramp R, Vaulin M, Tonma J, Wierenga PJ and Vachaud G (1977) A comparison of numerical simulation models for one-dimensional infiltration. Soil Sci. Soc Am. J., Vol. 41, 285-295.
 9. Kanvar RS, Rizvi HA, Ahmed M, Horton R and Marley SJ (1989) Measurement of field - saturated hydraulic conductivity by using Guelph and velocity permeameter. Trans. ASAE, Vol. 32(6): 1885-1890.
 10. Larry GK (1974) Drainage Laboratory Manual. Agricultural and Irrigation Eng. Dept., Utah State University, Logan, Utah, U.S.A.
 11. Luthin JN (1978) Drainage Engineering. R. E. Krieger Publ. Co., Huntington, N.Y., 281 P.
 12. Luthin JN (ed.) (1957) Drainage of Agricultural Lands. Agronomy No. 7, Amer. Soc. Agron., Madison, Wis., 620 PP.
 13. Luthin JN and Kirkham D (1949) A Piezometer method for measuring Permeability of soil in-situ below a water table. Soil Sci. 68:349-358.
 14. Reynolds WD and Elrick DE(1985) In-situ measurement of field saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the L-parameters using the Guelph permeameter. Soil Sci. 4:292-302.
 15. Schilfgaard JV (ed.) (1974) Drainage for Agriculture. Agronomy No. 17, Amer. Soc. Agron., Madison, Wis., 700 PP.
 16. Singh VP and Yu FX(1990) Derivation of infiltration equation using systems approach. J. Irrig. and Drain. Div., ASCE, 116(IR6): 837-857.
 17. United States Department of Interior (1978) Drainage Manual. United States Government Printing Office, Washington D.C., 286 P.
 18. Van Beer WFJ (1958) The Auger-hole method. Bull. 1. Int. Inst. for Land Recl. and Dev., Wageningen, The Netherlands.
 19. Visser WC (1954) Tile drainage in the Netherlands. Neth. J. Agric. Sci. 2: 69-87.
 20. Winger RJ (1960) In-place permeability tests and their use in subsurface drainage. 4th Int. Comm. Irrig. and Drain., Spain, Madrid, 48 P.