

بررسی فرایند نفوذ با استفاده از پرماتر دیسک و استوانه‌های مضاعف

صدیقه رضایی پور^۱، مهدی قبادی‌نیا^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد، دانشکده کشاورزی

۲- استادیار، دانشگاه شهرکرد، دانشکده کشاورزی

(Sedighehrezae37@yahoo.com)

چکیده

یکی از مهمترین اجزای چرخه آب در طبیعت، فرایند نفوذ آب به خاک است. اندازه‌گیری نفوذ، دشوار و زمان‌بر می‌باشد. در پژوهش حاضر میزان نفوذ تجمعی آب در خاک، در خاکی با بافت لومی انجام پذیرفت. آزمایش‌های نفوذسنجی با استفاده از روش استوانه مضاعف و پرماتر دیسک در مکش صفر مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد. نفوذپایه به دست آمده از هر دو روش توسط نرم‌افزار آماری SAS مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده بین نفوذپایه به دست آمده از روش استوانه مضاعف و پرماتر دیسک در مکش صفر در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین می‌توان به جای استوانه مضاعف از نفوذسنج دیسک در مکش صفر استفاده کرد و نفوذپایه را در زمان کمتری به دست آورد. همچنین بر اساس نتایج حجم آب مورد استفاده در روش استوانه مضاعف در حدود ۸۹ برابر بیشتر از روش پرماتر دیسک است.

کلمات کلیدی: نفوذ تجمعی، استوانه مضاعف، پرماتر دیسک، نرم‌افزار آماری

مقدمه

یکی از خصوصیات فیزیکی خاک، نفوذ آب به داخل خاک می‌باشد. نفوذ عبارتست از وارد شدن آب از سطح زمین به داخل خاک. شرایط فیزیکی خاک مانند ساختمان، بافت، رطوبت اولیه و شرایط فیزیولوژیک خاک و همچنین کیفیت آب خاک و دمای آب در نفوذ آب در خاک تاثیر دارند. مقدار نفوذ تجمعی یعنی آبی که از آغاز نفوذ تا لحظه t در خاک نفوذ کرده است. منحنی تغییرات نفوذ تجمعی نسبت به زمان ($I-T$) در ابتدا دارای شیب تند است و در طول زمان مقدار شیب آن کاهش می‌یابد تا به مقدار شیب ثابتی می‌رسد. علت زیاد بودن شیب منحنی نفوذ تجمعی در زمان‌های اولیه این است که آب در ابتدا تحت تاثیر نیروی‌های ثقل و موینگی به داخل خاک نفوذ می‌کند. ولی پس از گذشت زمان و با افزایش رطوبت خاک، خاصیت موینگی اثر خود را در حرکت آب به سمت پایین از دست می‌دهد و آب تنها تحت اثر نیروی ثقل نفوذ می‌کند، لذا به تدریج یکی از نیروی‌های عامل حرکت آب حذف شده و سرعت نفوذ کاهش می‌یابد. (علیزاده ۱۳۸۷). در اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک و تعیین پارامترهای آن روش‌های مختلفی بیان شده است، که اساس کلیه آن‌ها بر اندازه‌گیری سرعت جریان عمودی آب به خاک استوار است. این روش‌ها به دو دسته کلی صحرائی و آزمایشگاهی تقسیم‌بندی می‌شوند. از معایب روش‌های آزمایشگاهی به هم خوردگی خاک در هنگام نمونه‌برداری می‌باشد. از روش‌های صحرائی معمول می‌توان به روش نفوذسنج تک حلقه (تک استوانه)، روش استوانه‌های دوگانه و روش پرماتر دیسک اشاره کرد (رینولدز، ۱۹۹۲).

یمن مشرفی و همکاران (۱۳۸۷) در اراضی تحقیقاتی دانشگاه کردستان، نتایج تحقیقات حاصل از اجرای دو روش استوانه‌های مضاعف و استوانه منفرد را در سه قطعه زمین آزمایشی و سه نمونه برای هر روش، مورد مقایسه و بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بین این دو روش در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و بنابراین ضرورتی جهت استفاده از استوانه‌های مضاعف به جای استوانه منفرد وجود ندارد. فرناندز و سبولاد (۲۰۰۹) از نفوذسنج مکشی و سیستم دوگانه ماریوت برای تعیین سرعت نفوذ آب به خاک استفاده کردند. این روش در شرایط مزرعه در ۴ بار فشاری و ۵ نوع خاک انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که همبستگی خوبی بین سرعت نفوذ اندازه‌گیری شده با هر دو روش وجود دارد. آنها نشان دادند که می‌توان از مخزن ذخیره ماریوت در پرماتر دیسک مکشی استفاده کرد. بررسی منابع نشان می‌دهد پژوهش‌های انگشت‌شماری در زمینه مقایسه روش‌های اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک در خاک‌های سنگ‌ریزه‌ای انجام شده است. از آنجا که بیشتر روش‌های اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک، در خاک‌های مختلف و شرایط مختلف خاک عملکرد یکسانی ندارند (بوما، ۱۹۸۳)، هدف از این پژوهش مقایسه روش‌های استوانه مضاعف و پرماتر دیسک در اندازه‌گیری نفوذ پایه و نفوذ تجمعی خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دانشگاه شهرکرد انجام شد. شهرکرد دارای اقلیم نیمه مرطوب معتدل با تابستان‌های معتدل و زمستان‌های بسیار سرد می‌باشد. میانگین سالانه دمای هوادر شهرکرد ۵/۱۱ درجه سانتیگراد می‌باشد. در طول ۳۰ سال گذشته حداقل مطلق دما و حداکثر مطلق دمای ثبت شده در شهرکرد به ترتیب ۳۲ درجه سانتیگراد زیر صفر و ۴۲ درجه سانتیگراد بوده است. سردترین و گرمترین ماه‌های شهرکرد به ترتیب دی و مرداد می‌باشد. در این تحقیق برای اندازه‌گیری نفوذ پایه از دو روش استوانه مضاعف و روش پرماتر دیسک استفاده شده است.

روش استوانه مضاعف (هیس و همکاران ۱۹۵۶)

برای شبیه‌سازی اندازه‌گیری شدت نفوذ آب به داخل خاک، معمولاً از حلقه‌های ساده یا مضاعف (Double rings) استفاده می‌شود که به حلقه‌های نفوذ معروف هستند. برای آنکه اثر جانبی نفوذ آب و شرایط مرزی به حداقل رسانده شود، توصیه می‌شود به جای یک حلقه ساده از حلقه‌های مضاعف یا متداخل که به صورت دو حلقه در داخل یکدیگر قرار می‌گیرند استفاده شود. با این کار فشار آب در حد فاصل دو حلقه باعث می‌شود که نفوذ آب از حلقه داخلی در جهت عمودی صورت گیرد. در این حالت نفوذ در حلقه داخلی اندازه‌گیری می‌گردد.

روش پرماتر دیسک:

روش دیگر اندازه‌گیری پارامترهای نفوذ آب به خاک استفاده از نفوذسنج مکشی (Tension Infiltrometer) است که توسط پروکس و وایت (۱۹۹۸) معرفی گردیده است. نفوذسنج مکشی به علت تعیین خصوصیات هیدرولیکی نزدیک به اشباع و همچنین بررسی اثرات خلل و فرج درشت بر روی نفوذپذیری، به عنوان یک وسیله مناسب شناخته شده است. پرماتر دیسک یک نفوذسنج با بار ثابت است که می‌تواند هم با بار فشاری مثبت و هم با بار فشاری منفی کار کند. بسیاری از خصوصیات خاک از جمله نفوذپذیری بستگی به مقدار رطوبت دارد، بنابراین وضعیت رطوبتی خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و معمولاً به صورت رابطه‌ای با پتانسیل ماتریک خاک و یا به صورت رابطه هدایت هیدرولیکی و مکش بیان یا ترسیم می‌شود. این دستگاه از یک مخزن ذخیره لوله‌ای با ظرفیت کم و قطر کوچک ساخته شده است. این شکل هندسی از مخزن ذخیره آب، باعث می‌شود که اندازه‌گیری سطح آب با دقت بیشتری انجام شود (فرناندز و سبولاد، ۲۰۰۹). مزیت نفوذسنج مکشی، کاربرد آسان، بهم‌خوردگی کم خاک به هنگام استفاده، تکرار اندازه‌گیری، وزن کم و کاهش خردشدگی ساختمان درشت خاک در خاک‌های غیراشباع یا تازه شخم خورده می‌باشد که باعث شده است در مطالعات هیدرولوژی و خاکشناسی مورد استفاده قرار گیرد (وترلا و همکاران، ۲۰۰۵). روش استوانه مضاعف، مطابق با

استاندارد ۳۳۸۵-۰۳ ASTM D (انجمن آمریکایی برای آزمایش و مواد ۲۰۰۳)، از دو استوانه فلزی به ارتفاع حدود ۵۰ سانتی متر و قطر ۳۰ سانتی متر انجام پذیرفت. این آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد. در روش استوانه مضاعف اندازه‌گیری نفوذ تا زمانی که سرعت نفوذ به مقدار ثابتی برسد ادامه یافت که این آزمایش‌ها به مدت ۱۴۰ دقیقه به طول انجامید. همچنین در روش پرما متر دیسک زمانی که در سه بازده سه دقیقه‌ای، میزان نفوذ یکسان بود آزمایش به اتمام می‌رسید. زمان آزمایش برای مکش‌های مختلف، بین ۱۲ تا ۱۸ دقیقه بود. همچنین از اعماق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی متر از خاک نمونه‌برداری گردید و بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین شد. نتیجه این آزمایش‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات خاک محل آزمایش

عمق نمونه برداری	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک
۰-۲۰	۴۲/۸۷	۳۹/۸۷	۱۷/۲۵	لومی
۲۰-۴۰	۳۰/۲۵	۴۹/۵	۲۳/۲۵	لومی

نتایج و بحث

بر اساس آزمایش‌های انجام شده، میزان نفوذ پایه خاک با استفاده از روش‌های استوانه مضاعف و پرما متر دیسک در مکش صفر محاسبه گردید. نتایج حاصل از آزمایش‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری نفوذ پایه به روش استوانه مضاعف

نفوذ پایه f_0 (cm/min)			
شماره آزمایش	۱	۲	۳
استوانه مضاعف	۰/۳	۰/۳	۰/۳
پرما متر دیسک مکش صفر	۰/۳	۰/۲۸	۰/۲۶

با توجه به نتایج حاصل از استوانه مضاعف در جدول ۳، میزان نفوذ پایه خاک در آبیاری اول برابر ۱۸۰ میلی‌متر در ساعت است که، نفوذ پذیری خاک در طبقه خیلی سریع قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه بافت خاک لومی است، نفوذ پذیری بالای خاک به دلیل سنگ ریزه‌ای بودن خاک مورد آزمایش است. برای مقایسه نفوذ پایه به دست آمده از روش استوانه مضاعف و پرما متر دیسک از نرم افزار آماری SAS استفاده گردید. نتایج حاصل از آنالیز آماری در جدول ۴ آورده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده بین نفوذ پایه به دست آمده از روش استوانه مضاعف و پرما متر دیسک در مکش صفر، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری وجود ندارد در نتیجه می‌توان از پرما متر دیسک به جای استوانه مضاعف در تعیین میزان سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی استفاده کرد.

جدول ۴- آزمون معنی داری نفوذ پایه در دو روش استوانه مضاعف و پرما متر دیسک

روش	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	سطح معنی داری
استوانه مضاعف و پرما متر دیسک در مکش صفر	۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۶	۵ درصد

بر اساس نتایج به دست آمده، در روش پرماتر دیسک در مکش صفر در زمان ۱۲ دقیقه پس از شروع آزمایش به نفوذ نهایی خاک رسیده است در صورتیکه در روش استوانه مضاعف در زمان ۶۰ دقیقه پس از شروع آزمایش به نفوذ نهایی خاک رسیده است ولی برای اطمینان از مقدار نهایی نفوذ آزمایش تا ۱۴۰ دقیقه ادامه پیدا کرد. با توجه به بررسی‌های انجام شده حجم آب مورد استفاده برای تعیین میزان نفوذ پایه خاک، در روش‌های استوانه مضاعف و پرماتر دیسک در مکش صفر به ترتیب برابر ۱۳/۳ و ۱/۴ لیتر می‌باشد. در روش استوانه مضاعف در حدود ۸۹ درصد حجم بیشتری آب برای آزمایش نفوذ نسبت به روش پرماتر دیسک احتیاج دارد. با توجه به کمبود آب و بحران آبی موجود از روش پرماتر دیسک استفاده شود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق آزمایش‌های نفوذسنجی با استفاده از روش استوانه مضاعف و پرماتر دیسک در مکش صفر مورد بررسی قرار گرفت. نفوذ پایه به دست آمده از هر دو روش توسط نرم‌افزار آماری SAS مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده بین نفوذ پایه به دست آمده از روش استوانه مضاعف و پرماتر دیسک در مکش صفر در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بنابراین می‌توان به جای استوانه مضاعف از نفوذ سنج دیسک در مکش صفر استفاده کرد و نفوذ پایه را در زمان کمتری به دست آورد. همچنین بر اساس نتایج حجم آب مورد استفاده در روش استوانه مضاعف در حدود ۸۹ برابر بیشتر از روش پرماتر دیسک است.

منابع

۱. دستورالعمل اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب به خاک با روش استوانه. ۱۳۸۰. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. نشریه شماره ۲۴۳
۲. عالمی م.ح. ۱۳۶۰. آب و خاک (چاپ اول). انتشارات دانشگاه تهران
۳. علیزاده ا. ۱۳۸۷. طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع).
۴. یمین مشرفی گ. معروف پور ع. بهرام‌نژاد ب. و فاریابی ا. ۱۳۸۷. بررسی فرآیند نفوذ با استفاده از استوانه‌های مضاعف و منفرد. سومین همایش منطقه‌ای یافته‌های پژوهشی کشاورزی و منابع طبیعی (غرب ایران)، ۱۴ و ۱۵ اسفند ماه، دانشگاه کردستان.

5. ASTM. 2003. D3385-03 Standard test method for infiltration rate of soils in field using double-ring infiltrometer. Annual Book of ASTM Standards 04,08. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
6. Bouma J. 1983. Use of soil survey data to select measurement techniques for hydraulic conductivity. *Agricultural Water Management* 6: 177-190
7. 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.
8. Gee, G.W. and Or D. 2002. Particle-size analysis. In: Dane, J. H. and Topp, G. C. (Eds.), *Methods of soil analysis, Part 4- Physical methods*. Agronomy Monograph, vol. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp 255-293.
 - a. *Geoderma* 124: 267-277.
9. Haise H.R. Donnan W.W. Phelan j. T. Lawhon L. F. and Shockley D.G. 1956. The use of cylinder infiltrometers to determine the intake characteristics of irrigated soils. Publ ARS41 USDA. Agricultural Research Service and Soil conservation Service. Washington D.C
10. Perroux K.M. and White I. 1988. Designs for disk permeameters. *Soil Science Society of America Journal* 52 (5):1205-1215.

11. 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.
12. Ventrella D. Losavio N. Vonella A. V. and Leij F. J. 2005. Estimating hydraulic conductivity of a fine-textured soil using tension infiltrometry.