بدست آوردن خصوصیات هیدرودینامیکی خاک – منحنی نگهداشت آب و منحنی هدایت هیدرولیکی خاک - با روش Wind: مزایا و معایب

محمد رضا میرزایی

استادیار، یاسوج، دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی
پست الکترونیکی: mmirzaei@mail.yu.ac.ir

چکیده

در این مطالعه روش Wind (1969) که در شرایط تبخیر آب از سطح خاک ارائه شده است جهت تعیین روابط منحنی سنجه آب (h_q) و هدایت هیدرولیکی خاک (k_h) بکار گرفته شده است. مزیت این روش تعیین دو رابطه بالا بطور همزمان در آزمایشگاه بر روی نمونه‌های خاک ارائه گردیده است. منحنی‌های سنجه تخمین زده شده فقط به لایه بندی خاک حساس هستند. خطاهای کوچک در محل قرارگیری تانیسومترها (1-2 mm)، و منحنی کالیبراسیون مبدل اندازه‌گیریهای هد فشار (1-5 درصد) تاثیر زیادی بر روی منحنی‌های هدایت هیدرولیکی تخمین زده شده دارند و باعث تخمین ضعیف آن می‌شود.

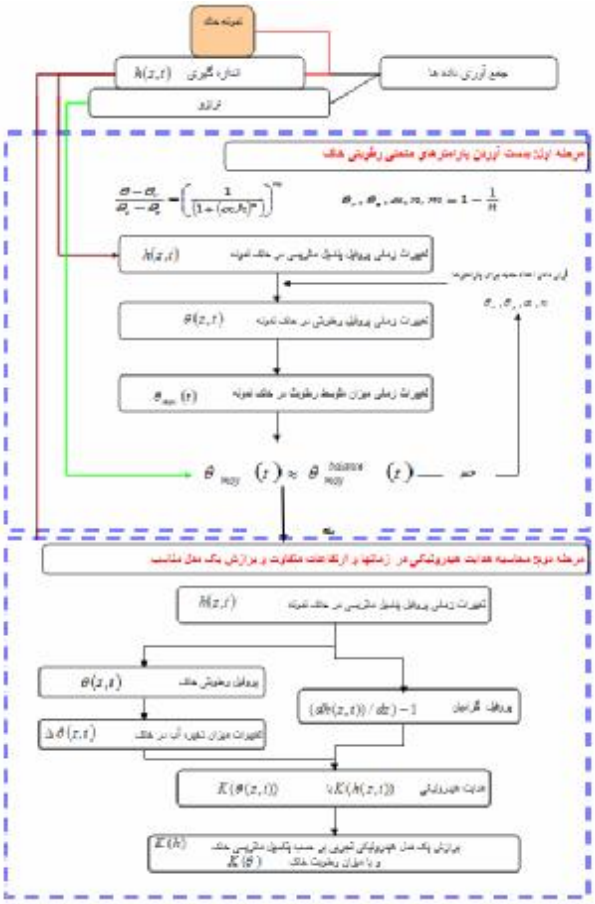
کلمات کلیدی: منحنی هدایت هیدرولیکی، منحنی سنجه آب، نمونه خاک، تانسیومتر

مقدمه

رابطه بین مقدار آب خاک (θ) و پتانسیل ماتریک خاک (h) را منحنی مشخصه آب خاک (SMC) می‌نامند. رابطه هدایت هیدرولیکی خاک غیراشباع را می‌توان هم بر اساس ماتریک خاک k_h و هم براساس میزان آب موجود در خاک k_q نشان داد. نحوه بدست آوردن خصوصیات هیدرودینامیکی خاک همیشه یکی از موارد مورد بحث در علوم خاک در بین محققین بوده است و تاکنون روشهای متعددی برای بدست آوردن آنها ارایه شده است. یکی از اختلافات اساسی بین این روشها قابلیت کاربرد این روشها برای دامنه فشار هدی و درصد رطوبتی خاصی است. در این اواخر دو روش اندازه گیری بسط داده شده‌اند: یکی برای منطقه نزدیک اشباع و دیگر برای شرایط خشک تر. نفوذسنج‌های کششی (Tension) در حال حاضر بطور گسترده‌ای در روش اول برای تخمین هدایت هیدرولیکی از وضعیت اشباع تا یک مکش بار 100- میلی متر کاربرد دارند. با در نظر گرفتن روش دوم برای شرایط خشکتر Wind (1969) یک روش ساده برای تعیین همزمان روابط هدایت هیدرولیکی و سنجه آب در آزمایشگاه با استفاده از نمونه های خاک ارائه کرد. در این مقاله سعی شده است که روش آزمایشگاهی wind برای بدست آوردن خصوصیات هیدرودینامیکی خاک مورد بررسی قرار بگیرد.

مواد و روشها

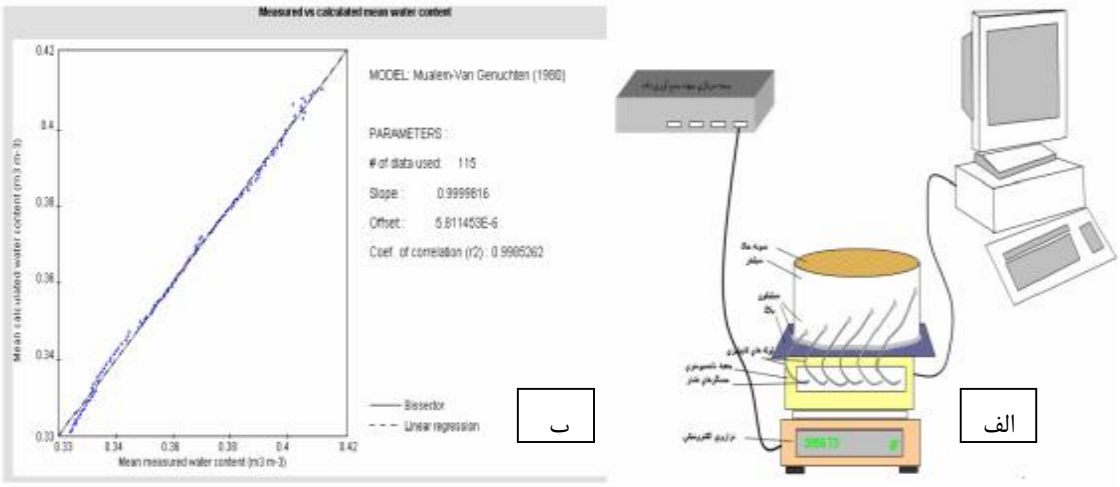
الگوریتم و اصول روش Wind: در این روش بجای دانستن پروفیل میزان آب (θ) تنها نیاز به دانستن متوسط میزان آب در داخل کل ستون نمونه می‌باشد. این الگوریتم در شکل (1) آورده شده است. نخست او فرض می‌کند که منحنی سنجه خاک مشخص است، سپس با استفاده از این منحنی و با استفاده از داده‌های پتانسیل ماتریکی اندازه‌گیری شده در خاک، میزان آب را در زمانها و همچنین در ارتفاعات مختلف بدست می‌آورد.



شکل (1) اصول کلی مورد استفاده در روش wind جهت بدست آوردن منحنی رطوبتی خاک و منحنی هدایت هیدرولیکی

سپس با اضافه کردن فرضیات دیگر بر روی شکل پروفیل آب در داخل نمونه، میانگین آب داخل نمونه محاسبه شده و با میانگین اندازه گیری شده توسط ترازو مقایسه می‌گردد. اگر تفاوت بین این دو بالا باشد، پارامترهای منحنی سنجه دوباره با یک روش تکرار تخمین زده می‌شوند تا در نهایت شرط برابری میانگین محاسبه شده و میانگین اندازه‌گیری شده برقرار شود. بعد از هم‌گرایی الگوریتم تعیین منحنی سنجه آب، میزان آب در ارتفاعات مربوط به تانسیومترها با توجه به پتانسیل ماتریس آنها محاسبه می‌شود. Tamari و همکاران (1993) یک الگوریتم اصلاح شده ارایه کردند که با الگوریتم بکار رفته توسط Win (1969) است، فرض شده است که پروفیل میزان آب در هر زمان اندازه‌گیری توسط یک تابع spline بصورت پیوسته از سطح نمونه تا کف بدست می‌آید. برای بدست آوردن تابع Spline، ابتدا با استفاده از میزان آب در عمقهایی متفاوت دارای میزان فشار اندازه گیری شده یک رگرسیون خطی چندگانه (حداکثر درجه 3) بدست می‌آید سپس با برون یابی میزان آب در بالا و در کف نمونه بوسیله بدست می آید. با استفاده از این اطلاعات بدست آمده در روش Wind می‌توان با در نظر گرفتن مدلهای متفاوت مانند مدل Mualem-Van -Genuchten (1980) و یا از مدلهای دیگری چون Brooks و Corey (1964) منحنی سنجه آب و یا منحنی هدایت هیدرولیکی را بدست آورد. 14 نمونه خاک (ستونهایی با قطر تقریبی 15 و ارتفاع 7 cm) از سطح یک متر مربع خاک برداشت گردید. سپس آنالیز و انجام آزمایش Wind برای هر کدام از نمونه های خاک در آزمایشگاه مکانیک خاک انستیتو ملی

تحقیقات کشاورزی شهر آوینیون در فرانسه صورت گرفت. جهت آماده‌سازی نمونه خاک، ابتدا خاک نمونه اشباع می‌شود، سپس قسمت پایین سیلندر با سیلیکون عایق‌بندی می‌شود. تانسیومترها در داخل نمونه و در ارتفاعات مختلف قرار می‌گیرد (شکل 1-الف) که معمولا برای هر نمونه خاک 5 یا 6 میکروتانسیومتر نصب می‌شود. برای ثبت داده‌های فشار ماتریکی و وزن از یک مرکز جمع آوری داده استفاده شد. در این آزمایش زمان برداشت داده‌های وزن نمونه و فشار ماتریکی هر تانسیومتر هر 20 دقیقه یک برداشت بوده است. به مرور زمان خاک بر اثر تبخیر شروع به خشک شدن می‌کند.



شکل 2- الف)مجموعه تجهیزات و نحوه نصب تانسیومترها ب) میزان متوسط آب اندازه‌گیری شده در کل ستون نمونه در برابر میزان متوسط آب محاسبه شده توسط مدل.

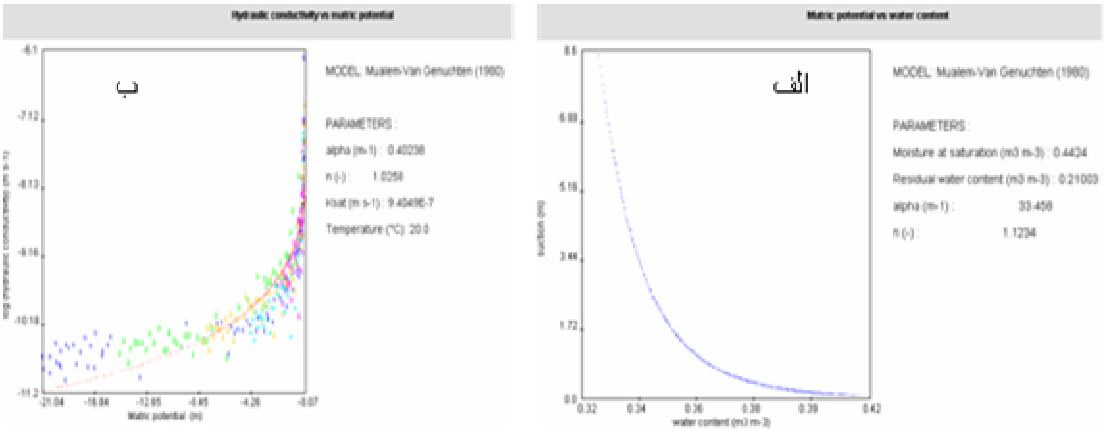
بدست آوردن منحنی سنجه آب: با توجه به توضیحات بالا ما دارای میزان آب در نیمرخ خاک هستیم و از طرف دیگر میزان فشار ماتریکی را نیز در نقاط اندازه گیری شده خاک داریم، با استفاده از این اطلاعات می‌توان با در نظر گرفتن مدلهای متفاوت منحنی سنجه آب را بدست آورد مانند مدل Mualem-Van -Genuchten (1980):

$$h_q = a\left[\left(\frac{q-q_r}{q_s-q_r}\right)^{\frac{1}{m}}-1\right]^{\frac{1}{n}} \qquad [1]$$

q میزان آب حجمی m^3m^{-3} میباشد و اصطلاحات q_r میزان آب باقیمانده m^3m^{-3}، q_s میزان آب اشباع m^3m^{-3}، a m^{-1} ضریبی است که به توزیع پرزهای خاک مرتبط است. h_q میزان فشار در پرزهای خاک بر حسب متر می‌باشد. رابطه n و m که پارامترهای بدون بعدمی باشند بصورت $m=1-\frac{1}{n}$ می باشد.

بدست آوردن منحنی هدایت هیدرولیکی غیر اشباع: در این کار از مدل Mualem-Van -Genuchten (1980) استفاده شده است این مدل بر حسب میزان آب $K_{(q)}$ و یا بر حسب پتانسیل ماتریکی $K_{(h)}$ بصورت زیر باشد:

$$K_{(h)} = K_s . \frac{\left(1 - \left(a.|h|\right)^{n-1} . \left(1 + \left(a.|h|\right)^{n}\right)^{-m}\right)^2}{\left(1 + \left(a.|h|\right)^{n}\right)^{m/2}} \qquad [2]$$



شکل 3- کاربرد الگوریتم Wind، الف) منحنی سنجه آب برازش شده با استفاده از مدل Mualem-Van -Genuchten (1980)، (ب) منحنی هدایت هیدرولیکی بر حسب پتانسیل ماتریکی برازش شده با استفاده از مدل Mualem-Van -Genuchten (1980) که اعداد نماینگر شماره میکروتانسیومتر و نماینده یک عمق می باشند.

نتیجه‌گیری

بین میزان محاسبه شده آب در نمونه خاک توسط الگوریتم Wind، و میزان اندازه‌گیری شده توسط ترازو ضریب همبستگی رگرسیون خطی r^2=0.998 برقرار می‌باشد (شکل 1-ب) که نشان از دقت بسیار بالای این روش در محاسبه دقیق و صحیح میزان آب دارد که به نظر می‌رسد این روش جهت تعیین منحنی سنجه آب بسیار کارا باشد.

محدودیتهایی نیز در این روش موجود می باشد، اندازه گیری خصوصیات هیدرودینامیکی خاک کاملا محدود به دامنه اندازگیری تانسیومتریک یعنی در حدود 0 تا 10 متر می‌باشد. از طرف دیگر در نزدیک اشباع میزان Δh برای محاسبه هدایت هیدرولیکی ضعیف می‌باشد. بطور کلی با توجه به نتایج دیگر تحقیقات میزان کیفیت محاسبه منحنی سنجه آب $q_{(h)}$ در این روش رضایت بخش می‌باشد اما در مورد هدایت هیدرولیکی $K_{(h)}$ یا $K_{(q)}$ همیشه جواب کامل نخواهد داد. در شکل 3 نیز منحنی سنجه و منحنی هدایت هیدرولیکی خاک بر حسب پتانسیل ماتریکی خاک محاسبه شده برای یکی از این نمونه‌ها ارائه شده است. در این روش شرایط برای اندازه‌گیریهای دقیق مهیا شده است. از طرف دیگر با بدست آوردن میزان آب در هر ارتفاع بصورت جداگانه و مستقل از هر مدلی، دیگر نیازی نمی‌باشد که از ابتدا یک مدل یا فرمول خاصی از قبل برای $\theta_{(h)}$ تعریف شده باشد که از مزایای این روش است.

منابع

Brooks., R.H. and Corey., A.T., 1964. Hydraulic properties of porous media, Colorado state University. Hydrology paper, 3: 27.

Genuchten., V., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, 44: 892-898.

Tamari, S., Bruckler, L., Halbertsma, J.M. and Chadoeuf, J., 1993. A simple methode for determining soil hydraulic properties in the laboratory. Soil Sci. Soc. Am, 57: 642-651.

Wind, G.P., 1969. Capillary conductivity data estimated by a simple method, Symp. Water in the Unsaturated Zone (Eds P.E. Rijtema and H. Wassink). Wageningen,IASH Gentbrugge, Paris, pp. 181-191 .