



توصیف روش اندازه گیری حجم انتقال موثر برای حرکت املاح در شرایط نزدیک به اشباع خاک با استفاده از نفوذسنج صفحه‌ای

زهرا درویش پسند¹، غلامعباس صیاد²، مهرداد شریعتی³، یعقوب منصوری⁴، لادن سبحانیان نژاد⁵

1- کارشناسی ارشد خاک شناسی

2- استادیار گروه خاک شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز

3- کارشناسی ارشد خاک شناسی

4- استادیار گروه ماشین های کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

5- دانشجوی کارشناسی ارشد خاک شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز

آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده: z.darvishpasand@yahoo.com

چکیده

بررسی رفتار انتقال آب و املاح در خاک، بوسیله وارد کردن ردیاب به درون خاک با کاربرد نفوذسنج صفحه ای، انجام می شود. به این صورت که در خلال جریان پایدار و برای تعیین مقدار کل رطوبت و غلظت ردیاب از خاک زیر دیسک نمونه گیری انجام می گردد و با استفاده از معادلات مطرح شده در مباحث انتقال املاح، بخش روان رطوبتی خاک به عنوان فاکتوری مهم در تعیین شرایط انتقال آب و املاح در خاک محاسبه می گردد. در مدل ساکن-روان غلظت کل املاح محلول در خاک از جمع جبری حاصل ضرب رطوبت و غلظت در نواحی روان و ساکن تعیین می شود. مقدار آب اندازه گیری شده (θ) و غلظت نیترات (C^*) از نمونه ها، به ما اجازه تقسیم بندی املاح بین بخش های روان (متحرک) و ساکن (غیرمتحرک) را می دهد.

کلمات کلیدی: انتقال املاح، بخش روان و ساکن املاح، مدل روان-ساکن (MIM)، نفوذسنج صفحه ای

مقدمه

در سال های اخیر، توجه زیادی به بررسی حرکت آب و املاح در ناحیه غیراشباع خاک شده است. به این دلیل که کیفیت خاک این ناحیه به شدت تحت تاثیر فعالیت های کشاورزی، صنعتی و شهری قرار می گیرد. کودهای شیمیایی و علف کش هایی که در زمین های کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند، در اثر آبیاری و بارندگی به درون خاک منتقل می شوند و ممکن است موجب آلودگی سفره های آب زیرزمینی شوند. در مدل CDE فرض می شود که همه آب موجود در خاک در انتقال املاح نقش ایفا می کند. اما نتایج خیلی از پژوهش ها به ویژه در خاک های غیرهمگن نشان می دهد که این عمل به طور طبیعی در خاک رخ نمی دهد و فقط بخشی از آب موجود در خاک در انتقال املاح دخالت دارد. بر این اساس می توان آب موجود در خاک را به دو بخش روان و ساکن تقسیم کرد. بخشی از آب خاک که در انتقال توده ای املاح نقش دارد را در اصطلاح بخش روان و بخش دیگر آب موجود در خاک را که غیر متحرک است را در اصطلاح بخش ساکن می نامند. این بخش در انتقال توده های املاح همراه آب نقش ندارد و از طریق فرآیندهای دیگر مانند فرآیند پخشیدگی در انتقال املاح موثر است. بخش روان شامل رطوبتی است که در منافذ بین خاکدانه های (ماکروپورها) قرار



گرفته است و وضعیت دینامیک دارد. در حالی که بخش ساکن شامل رطوبتی است که در منافذ درون خاکدانه‌ای (میکروپورها) واقع است و ساکن فرض می‌شود. حرکت آب و در نتیجه انتقال املاح در بخش روان سریع است، ولی انتقال املاح از بخش روان به بخش ساکن و یا برعکس از طریق پخشیدگی است و در نتیجه بسیار کند است (کلوتیر و همکاران، 1992 و آنگولا-جارامیلو، 2000).

بر این اساس مدل فیزیکی غیرتعادلی یا دو ناحیه‌ای یا مدل روان-ساکن (MIM) به صورت زیر است:

$$\theta_m \frac{\partial C_m}{\partial t} + \theta_{im} \frac{\partial C_{im}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D_e \frac{\partial C_m}{\partial z} \right) - \frac{\partial (q_m C_m)}{\partial z} \quad [1]$$

$$\theta_{im} \frac{\partial C_{im}}{\partial t} = \alpha (C_m - C_{im}) \quad [2]$$

که در آن، θ_m و θ_{im} به ترتیب رطوبت حجمی در ناحیه روان و ساکن، C_m و C_{im} غلظت املاح در ناحیه روان و ساکن (ML^{-3})، q_m شدت جریان در ناحیه روان (LT^{-1})، ضریب تبادل جرمی املاح (T^{-1}) بین دو ناحیه روان و ساکن و D_e ضریب انتشار است. در این مدل فرض می‌شود که تبادل املاح بین دو ناحیه فقط در اثر فرآیند پخشیدگی صورت می‌گیرد. تبادل املاح بین دو ناحیه روان و ساکن به سطح تماس دو ناحیه، شدت جریان، حجم و ویژگی‌های هندسی منافذ ناحیه ساکن بستگی دارد. در مدل MIM غلظت کل املاح محلول در خاک از جمع جبری حاصل ضرب رطوبت و غلظت در نواحی روان و ساکن تعیین می‌شود:

$$C = \frac{\theta_m C_m + \theta_{im} C_{im}}{\theta} \quad [3]$$

که در آن، θ رطوبت کل خاک در دو ناحیه روان و ساکن بوده و برابر است با:

$$\theta = \theta_m + \theta_{im} \quad [4]$$

روش‌های اندکی برای اندازه‌گیری مستقیم ویژگی‌های هیدرولیکی غیراشباع و انتقال املاح در خاک‌های دارای ساختمان وجود دارد. در مطالعات مزرعه‌ای، نفوذسنج صفحه‌ای به همراه ردیاب‌های غیر واکنشگر به عنوان وسیله‌ای مفید و کاربردی برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی و انتقال املاح خاک استفاده می‌شوند (گوادت و همکاران، 1995).

مواد و روش‌ها

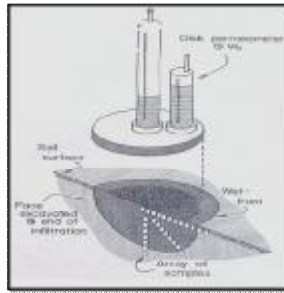
در ابتدا مخزن دستگاه نفوذسنج صفحه‌ای با شعاع r_0 جهت فراهم کردن آب منفذی در پتانسیل $\Psi_0 = -2$ سانتی متر آب، با آب خالص پر می‌شود و بر روی سطح خاک قرار می‌گیرد، در این حالت سطح خاک نسبت به حالت اولیه (θ_m)، به میزان θ_0 مرطوب می‌گردد و $r < r_0$ می‌باشد. مطالعات نشان داده است که به طور سریع چگالی جریان به خارج از دیسک به حالت پایدار (q_∞) می‌رسد و با توجه به یافته‌های فیلیپ بلافاصله پارامترهای فاصله‌ای از مقدار آب و سرعت آب منفذی تحت دیسک ثابت می‌شوند (شریعتی و همکاران، 1388 و کلوتیر و همکاران، 1992).

$$q_\infty = K_0 + \frac{4\phi_0}{\pi r_d} \quad [5]$$

که در آن K_0 هدایت هیدرولیکی غیراشباع، ϕ_0 پتانسیل جریان ماتریک و r_d شعاع دیسک می‌باشد. سپس با این ژئومتری موجود در سیستم خاک و آب یک دوره کوتاه از مرطوب شدن خاک و برقراری رژیم رطوبتی در نزدیک دیسک که مقدار آب پایدار ($\theta(r,z)$) شده است، ادامه می‌یابد. بنابراین تنوع فاصله‌ای کمی ($q(r,z)$) در نواحی زیر دیسک و درون نمونه‌هایی که جهت اندازه‌گیری رطوبت روان خاک برداشته می‌شود، وجود دارد. بعد از برقراری شرایط پایدار در پتانسیل اعمال شده، نفوذسنج صفحه‌ای را برداشته و آب خالص در مخزن دستگاه به سرعت



با یک محلول ردیاب با غلظت C_m جایگزین می‌گردد. سپس دستگاه نفوذسنج بر روی همان پتانسیل (2- سانتی متر آب) تنظیم و در همان مکان گذاشته می‌شود تا ردیاب در خاک نفوذ کرده و به عمق‌های پایین‌تر در زیر دیسک انتقال یابد. در نهایت، نفوذسنج برداشته می‌شود و مطابق شکل بلافاصله یک برش عمودی در سرتاسر قطر دیسک حفر می‌گردد و یک سری نمونه‌های خاک به صورت افقی، شعاعی و عمودی به طوریکه تمامی جبهه رطوبتی زیر دیسک را پوشش دهد برداشته می‌شود.



شکل 1- طرح قرارگیری ردیف‌های نمونه برداری در زیر دیسک بعد از یک دوره نفوذ با محلول

در مدل MIM غلظت کل املاح محلول در خاک از جمع جبری حاصل ضرب رطوبت و غلظت در نواحی روان و ساکن تعیین می‌شود. مقدار آب اندازه‌گیری شده (θ) و غلظت نیترات (C^*) از نمونه‌ها، به ما اجازه تقسیم‌بندی املاح بین بخش‌های روان (متحرک) و ساکن (غیرمتحرک) را می‌دهد:

$$\theta C^* = \theta_m C_m + \theta_{im} C_{im} \quad [6]$$

که در آن، θ_m و θ_{im} به ترتیب رطوبت حجمی در ناحیه روان و ساکن، C_m و C_{im} غلظت املاح در ناحیه روان و ساکن (ML^{-3})، q_m شدت جریان در ناحیه روان (LT^{-1})، α ضریب تبادل جرمی املاح (T^{-1}) بین دو ناحیه روان و ساکن است. در این روش فرض می‌شود که در منطقه متعادل شده در زیر دیسک، غلظت محلول در بخش روان که به وسیله نفوذسنج صفحه‌ای (محلول موجود در مخزن دستگاه) فراهم شده است، C_m نامیده می‌شود. به علاوه، اگر ردیابی که انتخاب شده است در حال حاضر در خاک وجود نداشته باشد و α (ضریب تبادل جرمی املاح بین دو فاز روان و ساکن در معادله انتقال املاح روان - ساکن) به اندازه کافی کوچک باشد به طوریکه آب ساکن ضرورتاً آزاد از ردیاب در زمان نمونه‌گیری باقی بماند، بنابراین معادله 6 به صورت زیر ساده می‌گردد:

$$\theta_m = \theta \frac{C^*}{C_m} \quad [7]$$

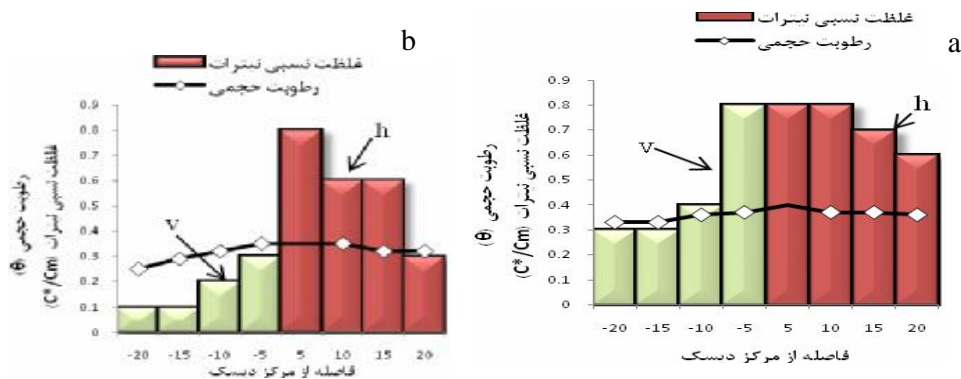
که در آن θ مقدار رطوبت حجمی نمونه‌های برداشته شده از زیر دیسک، C^* غلظت نیترات در نمونه‌ها (ML^{-3}) و C_m غلظت محلول نیترات پتاسیم در مخزن دستگاه (ML^{-3}) می‌باشد. بنابراین معادله 7 تعیین سریع بخش روان رطوبت با داشتن مقادیر رطوبت حجمی، غلظت نیترات نمونه‌ها و غلظت محلول نفوذ یافته را فراهم می‌کند. خاک مورد استفاده در این مطالعه یک خاک ناهمگن، با بافت سیلتی لوم در مزرعه آزمایشی دانشگاه شهید چمران اهواز بود. آزمایش با نفوذسنج صفحه‌ای (دیسک پرماتر) با شعاع 10 سانتی متر، در دو مکان با وزن مخصوص ظاهری به ترتیب 1/28 و 1/36 گرم بر سانتی متر مکعب و رطوبت اولیه برابر با 0/036 و 0/046 انجام گردید.



نتیجه گیری

با توجه به اعداد بدست آمده در سه جهت در زیر نفوذسنج صفحه‌ای، در هر سه تیمار با افزایش فاصله از مرکز دیسک، غلظت نیترات و رطوبت حجمی نمونه‌های برداشت شده در هر سه جهت کاهش یافت. همچنین در دو جهت عمودی و شعاعی یک روند مشابه تغییرات غلظت نیترات و رطوبت حجمی بدست آمد که با نتایج کلوتیر و همکاران مطابقت دارد. در خاک اول مقادیر رطوبت حجمی در هر سه جهت (افقی، شعاعی و عمودی) تفاوت کمی نشان دادند، اما غلظت نیترات در نمونه‌های دو جهت شعاعی و عمودی با جهت افقی خصوصاً در فواصل بیش از 5 سانتی‌متر از مرکز دیسک تفاوت داشتند. در خاک دوم نیز رطوبت حجمی نمونه‌ها در هر سه جهت نزدیک به هم مشاهده شد، اما غلظت نیترات نمونه‌ها در دو جهت عمودی و شعاعی تفاوت زیادی در همه فواصل از مرکز دیسک با نمونه‌های جهت افقی نشان دادند. شکل 2 به خوبی ورود آب و املاح در خاک در سه تیمار را نشان می‌دهند، در شکل 2a که مربوط به خاک اول می‌باشد تفاوت زیادی بین مقادیر رطوبت حجمی (θ) و غلظت نسبی نیترات (C^*/C_{mm}) در دو جهت افقی و عمودی مشاهده نشد، اما در شکل 2b که مربوط به خاک دوم می‌باشند تفاوت زیادی بین مقادیر ذکر شده در دو جهت (افقی و عمودی) دیده می‌شود. در خاک اول با وزن مخصوص ظاهری کمتر از کل مقدار رطوبت خاک $0/36 \text{ (cm}^3/\text{cm}^3)$ مقدار $0/21$ آن به صورت روان می‌باشد، در صورتی که در خاک دوم با وزن مخصوص ظاهری بیشتر در اثر تراکم ناشی از عبور تراکتور به ترتیب با مقدار رطوبت حجمی برابر $0/32$ بخش روان رطوبتی به ترتیب $0/12$ بدست آمد.

با افزایش سطح فشردگی، انتقال آب و نیترات در سه جهت افقی، شعاعی و عمودی در نمونه‌های برداشت شده از برش عرضی زیر دیسک کاهش پیدا کرد و با افزایش فاصله از مرکز دیسک مقادیر دو پارامتر ذکر شده کاهش یافت. اما مقادیر مذکور در دو جهت عمودی و شعاعی نزدیک به هم بدست آمدند.



شکل 2- نمودارهای a و b به ترتیب مقدار رطوبت حجمی و غلظت نسبی نیترات اندازه گیری شده در نمونه های زیر دیسک در دو جهت افقی (h) و عمودی (v) در خاک اول و دوم

درواقع چون هدف از مطالعه منحصرأ توصیف روش اندازه گیری انتقال املاح در خاک با استفاده از نفوذسنج صفحه ای بود، لذا مقایسه بیشتر دو خاک مطرح نشده است.

منابع

- 1- شریعتی م، 1388. ساخت و ارزیابی دستگاه نفوذ سنج (دیسک پرما متر). پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز.



2. Angulo-Jaramillo, R., Vandervaere, J.P., Roulier, S., Thony, J.L., Gaudet, J.P., Vauclin, M., 2000. Field measurement of soil surface hydraulic properties by disc and ring infiltrometers A review and recent developments. *Soil & Tillage Research*. 55: 1-29.
3. Clothier, B. E., Kirkham, M. B., Maclean. J. E., 1992. In situ measurement of the effective transport volume for solute moving through soil. *Soil Science Society of American Journal*. 56: 733-736.
4. Gaudet, J.P., Angulo-Jaramillo, R., Thony, J.L., Vauclin, M., Ladouche, B., Bariac, T., Huon, S., Ambroise, B., Auzet, A.V., 1995. Mesures in situ de la fraction immobile de leau du sol avec de leau enrichie en ^{18}O dans un infiltromètre à suction contrôlée. In: *Proceedings of the Conference on Isotopes on Water Resource Management*, Vol. 1. AIEA-SM-336/130P, Vienna, March, 20±24, 1995, pp. 28±35 33