

تعیین ضریب پخشیدگی و عامل تاخیر املاح در خاک

محمد علی محمودی، مهدی شرفا و غلامرضا ثوابی

به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد خاک شناسی و استادیاران گروه خاک شناسی دانشگاه تهران

مقدمه

انتقال املاح در خاک می تواند به وسیله تعدادی از مدل های ریاضی توصیف شود. موفقیت این مدل ها تا اندازه زیادی به توانایی ما در جهت کمی کردن پارامترهای نامعلوم آنها وابسته است (وان گنوختن و ویرنگا ۱۹۸۶). در صورتی که یک مدل ساده جذب خطی به معادله انتقال املاح ملحق شود، مدل ساده ای برای انتقال املاح بدست می آید که دارای دو پارامتر نامعلوم ضریب پخشیدگی-پراکنشی و عامل تاخیر است. در این

مقاله پس از تشریح این مدل روشی برای تعیین این پارامترها ارائه می شود.

اصول نظری

برای حالت یک بعدی و جریان آب یکنواخت معادله انتقال املاح برای املاحی که در خاک تولید نشده یا در معرض تجزیه شدن قرار نمی گیرند، به صورت زیر بیان می شود (لاییدوس و آموندسن ۱۹۵۲):

متری عبور داده شدند. در این آزمایشات ستون هائی از جنس پلکسی گلاس (plexiglass) (با قطر ۵/۴ cm و طول ۱۰ cm) با هر یک از خاک ها بطور یکنواخت طوری پر شدند که وزن مخصوص خاک در داخل ستون با وزن مخصوص ظاهری خاک برابر شود. ستون های خاک از پایین بوسیله محلول $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ۰/۰۰۵ مولار اشباع شدند. سپس ستون های خاک با بیش از ۲۰ پور والیوم (pore volume) از همین محلول با شدت جریان ثابت آبشویی شدند تا خاک ها با این محلول زمینه به تعادل برسند. برای وارد کردن محلول ورودی با شدت جریان ثابت از بالن ژوژه واژگون، مشابه آنچه که در آزمایش های بار ثابت برای تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع استفاده می شود، استفاده شد؛ و برای آنکه محلول های ورودی هنگام تعویض کمترین اختلاط را با هم داشته باشند سعی شد که حداقل بار آبی ثابت ایجاد شود. از آنجایی که این آزمایش ها در جریان اشباع انجام می گرفت، لزومی به ایجاد کردن مکش در پایین ستون خاک نبود. پس از پایان آبشویی با محلول زمینه بلافاصله ستون های خاک با محلول نیترات کادمیم با غلظت معین (حدود 100 mg L^{-1}) موجود در محلول ۰/۰۰۵ مولار نیترات کلسیم با شدت جریان ثابت آبشویی شدند. محلول خروجی به طور جزء به جزء جمع آوری گردید. غلظت کادمیم در هر جزء از محلول خروجی توسط دستگاه جذب اتمی تعیین شد. غلظت نسبی، $\frac{c}{c_0}$ ، که در آن c و c_0 به ترتیب غلظت محلول خروجی و ورودی هستند در برابر پوروالیوم ترسیم گردید. و بدین ترتیب منحنی های رخنه برای هر خاک تعیین شد. این منحنی ها حداقل در دو تکرار انجام تعیین شدند.

نتایج و بحث

برای تعیین پارامترهای R و D معادله (۴) را به داده های آزمایشی برازش دادیم. این کار با به حداقل رساندن مجموع مربعات خطا صورت گرفت (وان گنوختن و ویرنگا ۱۹۸۶). در شکل (۱) منحنی های رخنه ی اندازه گیری شده و برازش شده نشان داده شده اند. مقدار این پارامترها برای چند خاک در جدول (۱) ارائه شده است.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\rho}{\theta} \frac{\partial S}{\partial t} = D \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} - v \frac{\partial C}{\partial z} \quad (1)$$

که در آن C غلظت املاح در محلول خاک (mgL^{-1})، مقدار آب خاک (m^3/m^3)، ρ وزن مخصوص ظاهری خاک (Mg/m^3)، D ضریب پخشیدگی - پراکنشی (m^2/h)، v سرعت جریان آب در منافذ خاک (m/h)، z عمق خاک (m) و t زمان (h) است. بعلاوه S عبارتست از غلظت املاح در فاز جامد خاک (mgKg^{-1}).

فرض کنید که S و C توسط یک ایزوترم تعادلی جذب خطی به هم مربوط می شوند:

$$S = k_d C \quad (2)$$

که در آن k_d یک ضریب تجربی است که ضریب توزیع نام دارد. فرض جذب خطی تنها در غلظت های کم صادق است (وان گنوختن و ویرنگا ۱۹۸۶). از ترکیب معادلات (۱) و (۲)، معادله (۳) بدست می آید:

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} - v \frac{\partial C}{\partial z} \quad (3)$$

که در آن R عامل تاخیر است و مقدار آن برابر است با:

$$R = 1 + \frac{\rho}{\theta} k_d$$

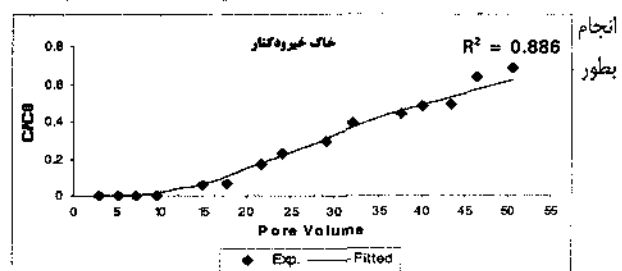
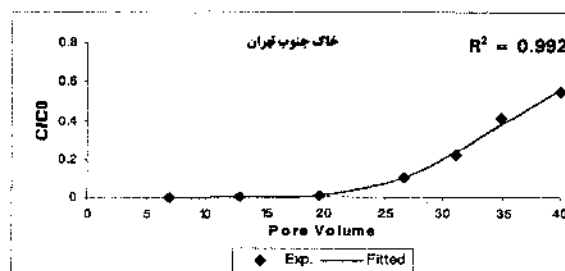
یکی از راه حل هایی که برای معادله (۳) ارائه شده و بطور گسترده ای مورد استفاده قرار گرفته است به صورت زیر است (وان گنوختن و ویرنگا ۱۹۸۶):

چنانچه این معادله را به داده های آزمایشی برازش دهیم، پارامترهای R و D بدست می آیند.

$$c(z, t) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\frac{Rz - vt}{2(DRt)^{0.5}} \right] \quad (4)$$

مواد و روش ها

برای تعیین پارامترهای R و D در معادلات انتقال، آزمایش های جایجایی اختلاط پذیر (miscible displacement experiments) انجام



شکل (۱) منحنی های رخنه ی اندازه گیری شده که معادله (۴) بر آنها برازش شده است.

جدول (۱) مقادیر عامل تاخیر (R) و ضریب پخشیدگی-پراکنشی (D) کادمیم برای دو خاک مورد آزمایش.

سری خاک	R	D (cm ² /h)	R ²
جنوب تهران	38.17034181	2.063993343	0.992
خیروند کتاران	40.80753184	21.66	0.886

منابع مورد استفاده

1. Amozegar-Fard, A., A.W. Warrick and W.H. Fuller .1983. A simplified model for solute movement through soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:1047-1049.
2. Amozegar-Fard , A., W.H. Fuller, and A.W. Warrick .1984. An approach to predicting the movement of selected polluting metals in soils. J. Environ. Qual. 13:290-297.
3. Selim, H.M., R. Schulin and H. Fluhler. 1987. Transport and ion exchange of calcium and magnesium in an aggregated soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:876-884.
- van Genuchten, M.Th., and P.J. Wierenga. 1986. Solute dispersion coefficient and retardation factors. In Methods of Soil Analysis. Part 1 . A. Klute, ed.. 2nd ed. Agronomy. Monograph.9. Madison, Wisconsin: ASA and SSSA, 1025-1054.

مزیت معادله (۴) آن است که می توان آن را به راحتی به داده های آزمایشی برازش داد. اما اینگونه راه حل های تحلیلی تنها در موارد خاصی وجود دارند و در اکثر موارد این راه حل ها نمی توانند به وجود بیایند؛ بعنوان مثال در مواردی که شرایط حد بالا با زمان تغییر می کند. در چنین مواردی با تعیین این پارامترها به روشی که در اینجا ارائه شد و با قرار دادن آنها در مدل انتقال و به کمک یک راه حل عددی مناسب می توان حرکت املاح را تحت هر شرایطی پیشگویی کرد.

بطور کلی معادله (۳) تنها برای املاحی که در خاک در معرض تولید یا مصرف (بعنوان مثال تجزیه یا تولید توسط میکروارگانیسم ها، آنگونه که در مورد نیترات ها دیده می شود) قرار نمی گیرند صادق است (وان گنوختن و وبرنگا ۱۹۸۶). بعنوان مثال برخی از محققین در مورد حرکت فلزات سنگین در مکان های دفن زباله از این معادله استفاده کرده اند (آموزگار فرد و همکاران ۱۹۸۴). در مواردی که املاح در معرض تولید یا مصرف قرار می گیرند یا در مواردی که جذب غیر خطی است، به مدل های پیچیده تری نیاز است.