



شبیه سازی انتقال کروم در خاکهای تحت تاثیر پساب و لجن با استفاده از مدل Hydrus-1D

آزیتا بهبهانی نیا¹، سید احمد میرباقری²، مریم دادگر³

^{3,1} عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن

² عضو هیئت علمی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی دانشکده عمران ومحیط زیست
Azitabehbahani@yahoo.com

چکیده

مدل HYDRUS -1D یکی از مدل‌های پیشرفته در ارتباط با حرکت یک بعدی آب، املاح و گرمادر خاک می باشد. در تحقیق حاضر بااستفاده از تغییرات غلظت کروم در خاکهای تحت تاثیر پساب و لجن تا سطح آبهای زیرزمینی، با معلوم بودن غلظت فلزکروم در پساب و لجن به عنوان شرایط مرزی جریان آب ورودی، با تعیین غلظت فلز کروم در آب آبشویی شده به عنوان مرز خروجی، با در نظر گرفتن مدل تعادلی و طرح کرانک نیکلسون و اجزاء محدود گالرکین به کمک نرم افزار هایدروس یک بعدی تغییرات غلظت فلز کروم پس از یک دوره کامل آبیاری شبیه سازی شد. برای این منظور در نرم افزار هایدروس عدد 1 برای تعداد لایه های خاک، عمق 100 سانتیمتر با توجه به عمق آبهای زیرزمینی، زمان 150 روز جهت مدت آبیاری و مدل هیدرولیکی وان گنوختن- معلم در نظر گرفته شد. منحنی های توزیع غلظت کروم در پروفیل خاک نشان می دهد نتایج آزمایشگاهی با نتایج محاسباتی حاصل از مدل برای فلزکروم همخوانی زیادی دارد و می توان با اطمینان در موارد عملی از آن جهت تعیین توزیع غلظت مواد در ناحیه غیر اشباع خاک و پیش بینی زمان رسیدن فلزات به عمق معین برای کنترل غلظت فلزات در خاک و آب زیرزمینی استفاده نمود.

کلمات کلیدی: آبهای زیرزمینی، شبیه سازی، پساب، خاک، لجن

مقدمه

مدل HYDRUS -1D یکی از مدل‌های پیشرفته در ارتباط با حرکت یک بعدی آب، املاح و گرما و خاک می باشد. (قربانی، محمدعلی، 1388). این مدل قادر است حرکت یک بعدی آب، املاح، حرارت، جذب آب توسط ریشه و همچنین رشد ریشه را در شرایط اشباع و غیر اشباع در خاک شبیه سازی کند. این مدل توسط سیمونک و همکاران در آزمایشگاه، شوری خاک آمریکا بسط داده شده است (Simunek et al., 2009). این مدل شامل حل عددی معادله ریچاردز برای بررسی حرکت آب در خاک و معادلات انتقال -انتشار برای بررسی حرکت املاح و گرما در خاک است. معادلات مربوطه به روش عناصر محدود حل گردیده اند. این مدل قادر به شبیه سازی در شرایط اشباع و غیر اشباع بوده و توانایی تخمین خصوصیات خاک به روش معکوس را دارد (Vrugt et al., 2001). بسیاری مشکلات آلودگی آبهای زیر سطحی به علت فرآیند همزمان جریان آب و املاح، انتقال گرما و فرآیندهای بیوژئوشیمیایی است. مدلها بر اساس این فرآیندها می توانند ابزارهای با ارزشی برای بررسی حرکت دامنه وسیعی از مواد آلی و معدنی و آلاینده ها در شرایط متفاوت هیدرولوژیکی و ژئوشیمیایی باشند (Jacques, 2008).

معادلات حاکم

در مدل HYDRUS -1D حرکت یک بعدی آب در خاک با استفاده از حل عددی رابطه ریچاردز به صورت ذیل بیان می شود:



$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(\theta) \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \cos \alpha \right) \right] - S \quad [1]$$

که در آن θ رطوبت حجمی، t زمان، K هدایت آبی غیر اشباع، h مکش و α زاویه بین مسیر جریان و محور عمودی، S برداشت آب توسط ریشه و X فاصله است.

در این مدل برای توصیف مشخصات هیدرولیکی خاک نظیر منحنی رطوبتی و هدایت آبی غیر اشباع روابط متعددی تعریف شده است. معمولترین آنها رابطه وان گنوختن - معلم (1980) به شرح ذیل است:

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha h)^n \right]^m} \quad m=1-1/n \quad n>1$$

$$K(h) = K_s Se^2 \left[1 - \left(1 - Se^{\frac{1}{2}} \right)^2 \right]^2 \quad [2]$$

که در آن θ_r رطوبت باقیمانده، θ_s رطوبت اشباع، α, l, m, n پارامترهای تجربی، K_s هدایت آبی اشباع و Se اشباع نسبی است.

روش حل

مدل HYDRUS-1D برای شبیه‌سازی حرکت آب در خاک معادله ریچاردز را با استفاده از الگوی خطی المانهای محدود حل می‌کند. از آنجایی که در حالت یک بعدی، الگوی خطی المانهای محدود و اختلافات محدود مشابه است، این رابطه، با استفاده از یک الگوی غیر صریح اختلافات محدود بصورت ذیل منفصل شده است:

$$\frac{\theta_i^{j+1,k+1} - \theta_i^j}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta x} \left(K_{i+1/2}^{j+1,k} \frac{h_{i+1}^{j+1,k+1}}{\Delta x_i} - K_{i-1/2}^{j+1,k} \frac{h_i^{j+1,k} - h_{i-1}^{j+1,k+1}}{\Delta x_{i-1}} \right) + \frac{K_{i+1/2}^{j+1,k} - K_{i-1/2}^{j+1,k}}{\Delta x} - S_i^j \quad [3]$$

که در آن:

$$\Delta t = t^{j+1} - t^j$$

$$\Delta x = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2} \quad \Delta x_i = x_{i+1} - x_i \quad \Delta x_{i-1} = x_i - x_{i-1}$$

$$K_{i+1/2}^{j+1,k} = \frac{K_{i+1}^{j+1,k} + K_i^{j+1,k}}{2} \quad K_{i-1/2}^{j+1,k} = \frac{K_i^{j+1,k} + K_{i-1}^{j+1,k}}{2}$$

روش بقاء جرم پیشنهادی بوسیله سلیا و همکاران برای تبدیل ترم سمت چپ رابطه به مکش ماتریک مورد استفاده قرار گرفته است:



$$\frac{\theta_1^{j+1,k+1} - \theta_1^j}{\Delta t} = C_i^{j+1,k} \frac{h_2^{j+1,k+1} - h_2^{j+1,k}}{\Delta t} + \frac{\theta_2^{j+1,k} - \theta_1^j}{\Delta t}$$

[4]

که در آن C_i به ظرفیت آب خاک اشاره دارد.

با جایگزینی رابطه فوق در رابطه اصلی، یک دستگاه معادله سه قطری حاصل خواهد شد که به روشهای استاندارد نظیر حذف گوس قابل حل می‌باشند (Simunek et al., 2008)

مواد و روشها

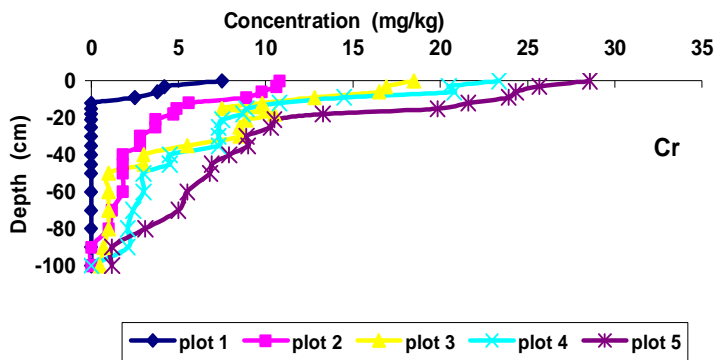
از پساب خروجی و لجن دفعی تصفیه خانه شوش در جنوب تهران در زمان‌های متفاوت به مدت یک ماه نمونه برداری صورت گرفت. جهت آماده سازی نمونه‌ها در مرحله هضم اسیدنیتریک غلیظ اضافه و سپس به وسیله دستگاه جذب اتمی غلظت فلز سنگین کروم در نمونه‌ها تعیین گردید. غلظت فلز کروم در پساب و لجن به عنوان شرایط مرزی جریان آب ورودی در نرم افزار هایدروس در نظر گرفته شد. یک روز پس از آبیاری نهایی، از هر پایلوت از سطح خاک تا عمق 100 سانتی متر به فاصله 3 سانتی متر به 3 سانتی متر نمونه برداری انجام شد و غلظت فلز کروم در نمونه‌ها تعیین شد. از نمونه‌های آب که از طریق لوله زهکشی وارد چاههای بالای هر پایلوت شدند برداشت شد و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. تعیین غلظت فلز کروم در آب آبیاری شده به عنوان مرز خروجی در مدل در نظر گرفته شد. در نرم افزار هایدروس عدد 1 برای تعداد لایه‌های خاک، عمق 100 سانتیمتر با توجه به عمق آبهای زیرزمینی، زمان 150 روز جهت مدت آبیاری و مدل هیدرولیکی وان گنوختن - معلم در نظر گرفته شد.

نتیجه‌گیری

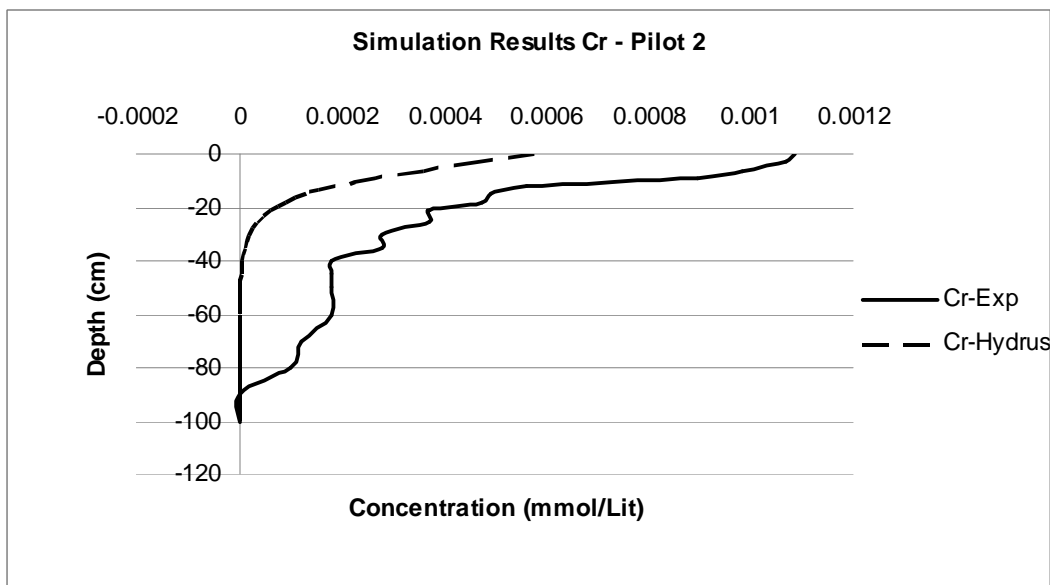
در پایلوت اول از آب شهر جهت آبیاری استفاده شد و غلظت کروم در سطح خاک 7,5 میلی گرم بر کیلوگرم و در عمق‌های مختلف خاک به تدریج کمتر می‌باشد. حداکثر عمق نفوذ مس تا عمق 12 سانتیمتری مشاهده شدند و پس از آن غلظت کروم به شدت کاهش یافت. در پایلوت دوم که تحت تیمار آبیاری با پساب تصفیه خانه شوش بوده غلظت پس از عمق 30 سانتیمتری کاهش شدید یافته است. در پایلوت سوم تجمع فلز کروم در سطوح خاک افزایش قابل ملاحظه‌ای نسبت به پایلوت‌های یک و دو دارد (18,5 میلی گرم بر کیلوگرم) و غلظت فلز به تدریج در عمق‌های پایین‌تر کاهش می‌یابد. و پس از عمق 35 سانتیمتری غلظت فلز ثابت مانده است. در پایلوت چهارم و پنجم به ترتیب بیشترین غلظت 23,37 و 25,58 در سطح خاک بدست مد (شکل 1). شکل 2 نشان می‌دهد بین نتایج آزمایشگاهی و مدل سازی همخوانی زیادی وجود دارد و می‌توان از این نرم افزار و مدلسازی جهت پیش بینی تغییرات غلظت فلزات سنگین در پروفیل خاک با استفاده از اطلاعات هندسی و هیدرولیکی استفاده نمود. باید در نظر داشت انتقال فلزات سنگین به آبهای زیرزمینی با توجه به میزان درصد مواد آلی خاک و درصد کربنات کلسیم خاک و تشکیل نمک‌ها و کمپلکس‌های مختلف با ضرایب جذب متفاوت که اغلب قابل تعیین نیستند می‌تواند باعث پیچیدگی موضوع انتقال مواد گردد. وجود فلز کروم در نمونه‌های لیچینگ نشان دهنده انتقال فلزات سنگین به آبهای زیرزمینی است که به نظر می‌رسد بیشتر از طریق مسیرهای ترجیحی صورت می‌گیرد بنابراین برای استفاده مجدد از فاضلاب، پساب و لجن مدیریت صحیح بکار گرفته شود. استفاده از مدل‌های کامپیوتری با در نظر گرفتن خواص خاک برای پیش بینی



میزان نفوذ فلزات می تواند در مدت زمان کوتاهی نتایج با ارزشی جهت بررسی آلودگیهای احتمالی منابع آب و خاک به کارشناسان ارائه نماید.



شکل 1 غلظت کروم در عمق های مختلف خاک پایلوت



شکل 2 تغییرات غلظت کروم در پروفیل خاک در پایلوت دوم

منابع

- 1- قربانی م ، فرسادی زاده د، جهانگیری ح، چابک پور ج وفتحی پ، 1388. نرم افزارهای مهندسی آب. انتشارات نوپردازان
- 2- Jacques D, Simunek J, Mallants D and Van Genuchten TH, 2008. Modelling Coupled Water flow, Solute transport and geochemical reactions affecting heavy metal migration in a podzol soil. Geoderma. 145: 449-461.
- 3- Šimůnek J, Šejna M, Saito H, Saka M and van Genuchten Th, 2009. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably Saturated Media, Version 4.0.8, HYDRUS Software Series 3, Department of Environmental Sciences, University of California Riverside, Riverside, California, USA, pp. 315



- ε- Simunek J, Jacque D, Van Genuchten Th, and Malleants D, 200^۸. Multicomponent Geochemical Transport Modeling using Hydrus-1D and HP1. Journal of the American water resources Association. 42(6): 1537-1547
- ο Vrugt J, Hopmans, JW and Šimunek J. 2001. Calibration of a two-dimensional root water uptake model, Soil Science Society of American Journal. 65(4), 1027-1037