شبیه‌سازی حرکت کادمیوم در خاک ناهمگن مزرعه خاتون‌آباد اصفهان

احمدمرادی، مجید افیونی، محمدعلی‌حاج‌عباسی، سیدفرهادموسوی و مهران‌هودجی
به‌ترتیب : دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشیار، استادیار و استاد دانشگاه صنعتی اصفهان و استادیار دانشگاه آزاد خوراسگان

مقدمه

افزودن کودهای شیمیایی و آلی، فاضلاب‌ها و دیگر مواد حاصل از فعالیت بشر به مزارع کشاورزی در تمام جهان رایج گردیده و سبب افزایش نگرانی آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی شده‌است. این مواد کم و بیش حاوی مقادیر متفاوتی عناصر سنگین هستند که با تکرار کاربرد، در خاک تجمع پیدا کرده و یا انتقال می‌یابند. با توجه به این‌که ردیابی یک ترکیب در خاک عملا بسیار مشکل، وقت‌گیر و پرهزینه است، و احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی در مناطق پرباران و نیز مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالاست وجود دارد، ضرورت مدل‌سازی و ردیابی حرکت عناصر در خاک آشکارتر می‌گردد. به‌دلیل سمیت شدید و نیز قابلیت تحرک کادمیوم در محیط خاک، رفتار شیمیایی و خصوصیات حرکتی آن به‌طور گسترده‌ای مطالعه شده‌است(۵). اگرچه تعدادی از مطالعات انجام‌شده نشان دادند که جابجایی کادمیوم و سایر عناصر سنگین در خاک به چند سانتی‌متری زیر محل اضافه‌شده محدود می‌گردد اما آزمایش‌های حرکت املاح در مزرعه و ستون‌های خاک دست‌نخورده حاکی از این است که به‌دلیل ناهمگن‌بودن خاک، وجود خلل‌وفرج درشت، ناپایداری جریان آب در خاک و شرایط مرزی متغیر در مزرعه فرایندهایی از جمله انتقال‌های غیر تعادلی، جریان‌های ترجیحی (Preferential flow) و ناهمگن می‌توانند سبب انتقال سریع‌تر و بیشتر عناصر در خاک شوند(۱، ۲ و ۴).

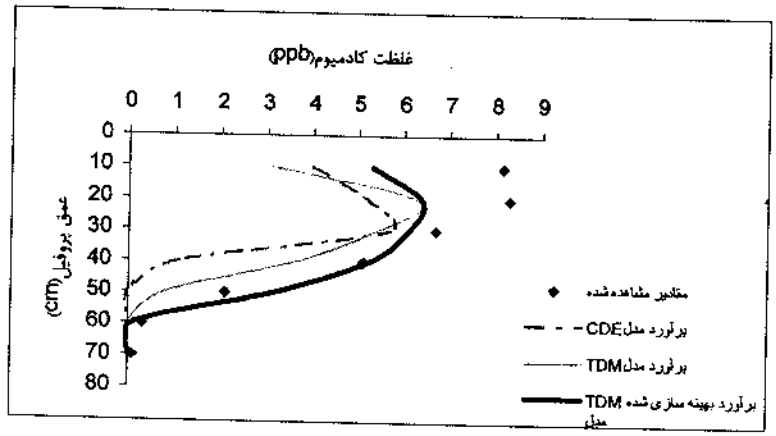
هدف از انجام این پژوهش بررسی حرکت کادمیوم در خاک و توانایی مدل‌های جریان‌روان-پخشیدگی (Convection-Dispersion Equation(CDE)) و دوناحیه‌ای (Two Domain Model(TDM)) در برآورد میزان حرکت کادمیوم می‌باشد. توانایی مدل‌ها با مقایسه مقادیر برآوردشده و اندازه‌گیری شده کادمیوم بررسی می‌شود.

مواد و روشها

این تحقیق در منطقه خاتون‌آباد در ۲۰ کیلومتری شمال شرقی شهر اصفهان واقع در طول جغرافیایی ۴۵و ۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ۴۰و ۳۲ شمالی با متوسط بارندگی سالانه ۱۰۰ میلی‌متر اجرا گردید. خاک این مناطق بر اساس طبقه‌بندی خاک (۱۹۹۸) در حد فامیل کرومیک، هاپلوتورتز، فاین، کربناتیک، ترمیک, Fine, Carbonatic, Thermic Chromic Haplotorrerts می‌باشد. برای انجام این آزمایش ابتدا لجن فاضلاب شهری هواخشک به میزان ۵۰ تن در هکتار در سه تکرار به کرت‌هایی به مساحت ۱۶ متر مربع اضافه شده و با خاک سطحی تا عمق ۲۰ سانتی‌متر مخلوط گردید. سپس ۸۵ میلی‌گرم کادمیوم به ازای هر کیلوگرم لجن هواخشک(حداکثر غلظت مجاز کادمیوم در لجن فاضلاب طبق نظر آژانس حفاظت محیط زیست آمریکاUSEPA) به‌وسیله سمپاش دستی روی سطح خاک پاشیده شد و به صورت کرتی آبیاری شد. پس از آبیاری معادل ۱۱۲۰ میلی‌متر، از خاک تا عمق ۷۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شده و میزان کادمیوم محلول و قابل عصاره‌گیری با DTPA اندازه‌گیری شد. برای به‌دست آوردن ضریب دیرآیی کادمیوم، آزمایش جذب انجام و همدمای جذب سطحی فروندلیچ بر داده‌های جذب برازش داده‌شد. تبخیر واقعی از سطح خاک در طول دوره آزمایش از روش جکسون و همکاران(۱۹۷۶) با استفاده از آمار تبخیر روزانه سازمان هواشناسی محاسبه شد(۳). هدایت هیدرولیکی اشباع به‌روش بار آبی ثابت اندازه‌گیری شدو بهینه‌سازی پارامترهای هیدرولیکی خاک با کمک نرم‌افزار RETC صورت گرفت. سایر پارامترهای موردنیاز با روش‌های معمول اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث

میزان حرکت کادمیوم در نیمرخ خاک و برآورد مدل‌های CDE و TDM در شکل نشان داده شده‌اند.



مشاهده می‌شود که‌کادمیوم به همراه آب‌آبیاری ازسطح خاک آبشویی شده وتا عمق بیش از۶۵ سانتی‌متری نیمرخ خاک‌حرکت کرده‌است. برآورد مدلCDE کمتر از مقادیر واقعی است و حرکت کادمیوم را حداکثر تا عمق ۴۰ سانتی‌متری از سطح خاک پیش‌بینی می‌کند. همچنین درعمق‌های کم پروفیل خاک دقت مدل درپیش‌بینی غلظت کادمیوم بسیار ضعیف است. بعضی از محققین نیز نشان دادند که کارایی این مدل درستون‌های خاک محدود آزمایشگاهی بسیاربهتر ازشرایط ناشناخته مزرعه است (۶). مدلTDM فرض می‌کند رطوبت خاک شامل دوبخش رطوبت متحرک و رطوبت غیرمتحرک می‌باشد وفرایندهای جریان روان، پخشیدگی وپراکنش درناحیه متحرک رطوبت فعال بوده، درحالیکه در ناحیه ساکن رطوبت تنها فرایند پخشیدگی حاکم است. این مدل میزان حرکت کادمیوم را بیشتر از مدلCDE پیش‌بینی می‌کند و برآورد آن از حرکت کادمیوم در عمق‌های بیشتر از ۳۰ سانتیمتر به مقادیرمشاهده‌شده نزدیک‌تر است اما هرچه به سطح خاک نزدیک‌تر شویم دقت برآوردکاهش می‌یابد. این موضوع نشان می‌دهدکه ناهمگن‌بودن محیط خاک و وجود حفرات با اندازه‌های متفاوت سبب ایجاد جریان‌های غیرتعادلی و احتمالا جریان‌های ترجیحی شده‌است. علت خوب نبودن برآورد مدلTDM درعمق۳۰-۰ سانتی‌متری را می‌توان به‌این موضوع مربوط دانست زیرا که خلل وفرج وکانال‌های ایجادشده در اثر ریشه گیاهان وفعالیت جانوران خاکزی در منطقه فعالیت ریشه وخاک سطحی مزارع‌کشاورزی می‌توانند به‌جریان تند آب و املاح منجرشوند که این موضوع درمدلTDM در نظر گرفته نمی‌شود. بهینه‌سازی پارامترهای‌ورودی مدلTDM با روش مدل‌سازی معکوس توانست تاحدودی به برآوردبهترحرکت کادمیوم کمک کند، اما هنوز پیش‌بینی غلظت درعمق‌های کم‌نیمرخ خاک مطلوب نیست. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از مدل CDE و مدل‌های نظیر آن‌که جریان‌های ترجیحی و غیرتعادلی را در نظر نمی‌گیرند بیشتر می‌توان در شرایط خاک‌های همگن مزرعه‌ای وستون‌های خاک آزمایشگاهی استفاده کرد وبرای شرایط مزرعه وستون‌های‌خاک دست‌نخورده کارایی چندانی ندارند.

منابع مورد استفاده

1- Ashraf, M. S., B. Izadi, and B. King, 1997. Transport of Bromide under intermittent and continous ponding conditions. J. Environ. Qual., 26: 69-75.
2- Dowdy, R. H., J. J. Latterell, T. D. Hinesly, R. B. Grossman, and D. L. Sulivan, 1991. Trace metal movement in an aerobic Ochraqualf following 14 years of annual sludge application. J. Environ. Qual., 20: 119-123.
3- -Jackson, R. D., S. B. Idso, and R. J. Reginato, 1976. Calculation of evaporation rates during the transition from energy-limiting to soil-limiting phases using albedo data. Water Resour. Res., 12:23-26.
4- Kookana, R. S., R. Naidu, and G. Triller, 1994. Sorption nonequilibrium during Cadmium transport through soils. Aust. J. Soil Res., 32: 635-651.
5- Naidu, R. ,R. S. Kookana, M. E. Sumner, R. D. Harter, and K. G. Tiller, 1990. Cadmium sorption and transport in variable charge soils: A review. J. Environ. Qual., 26:602-617.
6- Seuntjens, P., 2000. Cadmium leaching in acid sandy soils. PhD dissertation, Antwerpen University, Belgium.