ارزیابی مدل Hydrus-1Dجهت شبیه‌سازی انتقال سدیم در خاکحین آبشوئی

امین وطنی [1]، صمد دربندی [2] و شیوا ابراهیم‌زاده بادکی [3]
۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشگاه تبریز، ۲- عضو هیئت علمی گروه علوم خاک دانشگاه آزاد تبریز، ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه آزاد تبریز

چکیده
این تحقیق به منظور ارزیابی مدل Hydrus-1Dجهت شبیه سازی انتقال سدیم در خاک حین آبشوئی صورت گرفته است. برای تهیه خاک با شوری زیاد از اطراف دریاچه ارومیه یک خاک با بافت لوم رسی تهیه گردید. برای انجام آزمایشات آبشویی خاک با همان وزن مخصوص طبیعی داخل استوانه هایی از جنس پلکسی گلس ریخته شد. طول ستون خاک ۶۰سانتی‌متر و ارتفاع آب آبشویی ۳۰،۶۰،۹۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای هر ارتفاع آب آبشویی ۳ تکرار و مجموعاً۱۲ ستون خاک مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد مدل Hydrus-1d به خوبی و با دقت بالایی می‌تواند انتقال املاح در خاک و آزمایش‌های آبشویی را شبیه‌سازی نماید. لازمه استفاده از این مدل تخمین صحیح و دقیق پارامترهای ورودی آن می‌باشد.

واژه های کلیدی: Hydrus-1D، خاک های شور و سدیمی، انباشت نمک در خاک

مقدمه
در بیشتر مناطق خشك و نیمه خشك، فرآیند شور شدن خاك‌ها باعث سدیمی شدن خاك مي‌شود (پذیرا،۱۳۶۵). در شرایطی که آب آبیاری، حاوی مقدار زیادی نمك‌های بي‌کربنات و کربنات سدیم باشد، تأثیر این نمك‌ها باعث افزایش pHآب شده و در نتیجه سرعت فرآیند قلیایی شدن خاك افزایش مي‌یابد (حیدری و همکاران،۱۳۷۳). شوری و سدیمی بودن، اثرزیادی بر ساختار خاك دارد، چون ساختمان خاك بستگی به شیوه آرایش ذرات آن دارد و نفوذ و حرکت آب به سطح و درون خاك نیز به بافت و ساختمان خاك بستگی مستقیم دارد، پس هرگاه میزان سدیم در خاك زیاد باشد، نفوذپذیری، هدایت هیدرولیکی و حرکت آب در خاك، به دلیل تورم و پراکنده شدن ذرات رس و از بین رفتن خاکدانه‌ها،کاهش مي‌یابد (برزگر، ۱۳۸۰).
مدل Hydrus-1D یکی از مدل‌های پیشرفته در ارتباط با حرکت یک بعدی آب، املاح، و گرما در خاک است. این مدل توسط سیمیونیک و همکاران در آزمایشگاه شوری خاک آمریکا بسط داده شده است. این مدل شامل حل عددی معادله‌ی ریچاردز برای بررسی حرکت آب در خاک و معادلات انتقال-انتشار برای بررسی حرکت املاح و گرما در خاک است.این مدل قادر به شبیه‌سازی در شرایط اشباع و غیراشباع بوده و توانایی تخمین خصوصیات خاک به روش معکوس را دارد (عباسی، ۱۳۸۴).
مدل Hydrus-1d باحل عددی معادله زیر انتقال املاح در خاک را شبیه سازی می‌کند:

$$\frac{\partial c \partial c}{\partial z \partial t} = De\frac{\partial 2c}{\partial z2} - _{v} \quad (1)$$

که در آن C غلظت املاح در خاک ($\frac{gr}{(cm3}$)،t زمان(s)،Dضریب انتشار موثر($^{cm2}/_{s}$)، Z عمق خاک cm)) و V سرعت دارسی ($^{cm}/_{s}$) است.

سیمونک وهمکاران (۲۰۰۸) شبیه‌سازی حرکت غیرمتعادل آب و نمک‌ها را با استفاده از نرم افزار ۱DHydrus- انجام دادند. نتایج نشان داد که کلروتلوران در محیط‌های درشت دانه کاملا پیوسته از محل ورود به توده خاك به صورت منظم توزیع شد. فونتز و همکاران (۲۰۰۸) کاربردنرم افزار Hydrus-1D را برحرکت نیترات درخاك آتشفشانی متأثر از پسماند فاضلاب و خاکستر آن، بررسی کردند. نتایج نشان داد که خاك‌های آتشفشانی می‌توانند نیترات را در خود نگهدارند یا به صورت تدریجی آزاد کنند. جلالی وهمکاران (۲۰۱۰) برای ارزیابی خطر استفاده از فاضلاب در تغذیه آب‌های زیرزمینی، جذب آمونیوم را در نمونه‌های خاك با استفاده از آزمایشات ستون خاك مورد مطالعه قرار دادند. پس از آن از نرم افزار Hydrus-1D برای حل معکوس و شبیه‌سازی حرکت آمونیوم در خاك استفاده شد.آنان به این نتیجه رسیدند که استفاده از نرم افزار Hydrus-1D ابزار بسیار خوبی برای شبیه‌سازی حرکت آمونیوم در ستون‌های خاك آزمایشی است. داهایا و همکاران (۲۰۰۷) تحقیقی با هدف بررسی اثر مالچ پاشی و کشت و کار بر روی رژیم های حرارتی و رطوبتی به انجام رساندند. در این مطالعه از مدل Hydrus-1D جهت شبیه‌سازی رژیم‌های حرارتی و رطوبتی تیمارها استفاده شد. دراین مطالعه حرارت خاک در سه عمق (۰۵/۰، ۱۵/۰، ۳/۰ متر) به وسیله مدل Hydrus-1D شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که

مدل Hydrus-1D می‌تواند به عنوان یک ابزار برای فرآیندهای انتقال آب، گرما و برای تخمین پارامترهای انتقال هیدرولیکی تحت شرایط مزرعه‌ای مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این تحقیق یک نمونه خاک از اطراف دریاچه ارومیه با بافت لوم رسی تهیه گردید.در جدول (۱) ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی همانند هدایت الکتریکی،اسیدیته،درصد سدیم تبادلی،نسبت جذب سدیم،وزن مخصوص ظاهری و بافت خ اک آورده شده است. طبق این جدول خاک مورد آزمایش دارای بافت لوم رسی و یک خاک شور می‌باشد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک قبل از آبشویی

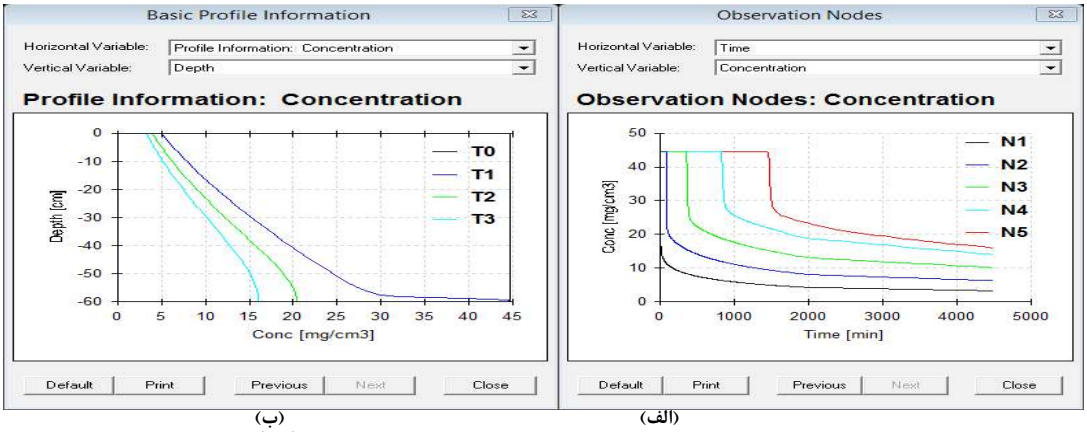
بافت خاک	ρ_b (gr/cm۳)	SAR	ESP	PH	EC(ds/m)
لوم رسی	۴/۱	۲	۵/۳	۴/۷	۵/۴۸

برای تعیین کلاس بافت خاک از روش هیدرومتری (جی و بودر، ۱۹۸۶)، هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع با استفاده از دستگاه ECسنج،، اسیدیته گل اشباع خاک با استفاده از دستگاه pH متر، سدیم محلول خاک با استفاده از دستگاه فلایم فتومتر شعله‌ای مدل کورنینگ ۴۱۰ (Corning ۴۱۰) (میلر و کِنی، ۱۹۸۶)محاسبه شد.

جهت انجام آزمایشات آبشویی خاک با همان وزن مخصوص طبیعی داخل استوانه‌هایی از جنس پلکسی‌گلس ریخته شد.طول ستون خاک ۶۰سانتی‌متر و ارتفاع آب آبشویی ۱۵،۶۰،۹۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای هر ارتفاع آب آبشویی ۳ تکرار و مجموعا ۱۲ ستون خاک مورد استفاده قرار گرفت.تغییرات نفوذ تجمعی آب آبشویی با زمان نیز اندازه گیری شد.مدت زمان نفوذ آب آبشویی برای ارتفاع های ۱۵،۶۰،۹۰و ۱۲۰ سانتی‌متر به ترتیب ۳۴۹۵ دقیقه (۱۲/۳روز)،۲۲۴۹۵دقیقه (۶۲/۱۵ روز)،۵۶۳۹۵ دقیقه (۱۶/۳۹روز) و ۱۰۸۵۹۵ دقیقه (۴۱/۷۵ روز) بود.پس از نفوذ کامل آب آبشویی در ستون‌های آبشویی،خاک از استوانه خارج شده و از سطح خاک و اعماق ۱۵،۳۰،۴۵و ۶۰ سانتی‌متری نمونه تهیه شده و برای اندازه گیری EC به آزمایشگاه منتقل شد. برای شبیه‌سازی انتقال املاح و تغییرات شوری خاک از مدل Hydrus-1D استفاده شد. پس از وارد کردن اطلاعات، مدل اجرا شده و تغییرات شوری خاک با عمق وزمان همین آبشویی توسط مدل شبیه‌سازی گردید. همچنین برای ارزیابی دقت مدل‌ها در پیش‌بینی نفوذ تجمعی از چهار شاخص آماری ضریب همبستگی(R۲)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) ، بازده یا کارایی مدل (EF) و خطای میانگین مطلق (MAE) استفاده شد.

نتایج و بحث

برای شبیه‌سازی انتقال املاح، مدل Hydrus-1Dاطلاعات خروجی زیادی به کاربر می‌دهد. در اینجا ما فقط به نتایج شبیه سازی تغییرات غلظت شوری خاک می پردازیم.



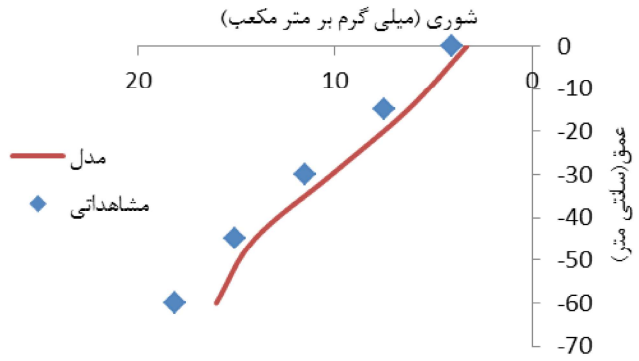
(ب) (الف)

شکل ۱- نمودار تغییرات غلظت شوری با زمان در اعماق ۱۵،۳۰،۴۵و ۶۰ سانتی متری با (ارتفاع آب آبشویی ۳۰ سانتی متر)(N۱=۰ ،N۲=۱۵ ،N۳=۳۰ ،N۴=۴۵ ،N۵=۶۰)(الف). نمودار تغییرات غلظت شوری با عمق در زمانهای مختلف با(ارتفاع آب آبشویی ۳۰ سانتی متر) (ب)

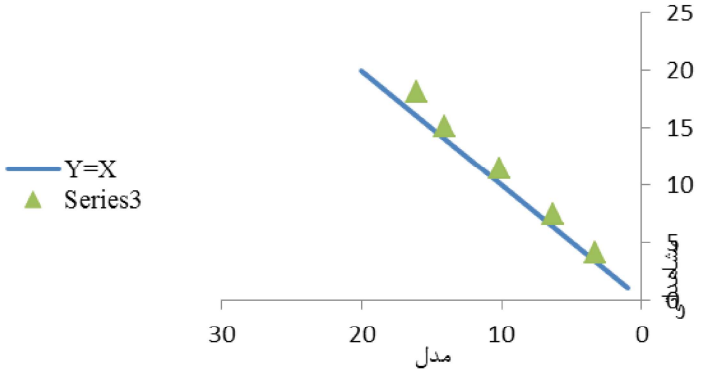
طبق شکل (۱- الف) نمودار تغییرات غلظت شوری با عمق در زمانهای مختلف با ارتفاع آبشویی ۳۰cm نشان داده شده است. طبق این شکل شوری خاک در تمامی زمان‌ها با افزایش عمق، افزایش می یابد پس اتمام آبشویی، (۱۴۴۰ دقیقه) شوری در کف خاک به

۰۳/۱۶ mgr/cm۳می‌رسد ودر سطح خاک به mgr/cm۳۳۱/۳ می‌رسد. در شکل (۱- ب) نمودار تغییرات غلظت شوری با عمق در زمانهای مختلف با ارتفاع آبشویی cm۳۰ نشان داده شده است طبق این شکل شوری خاک در تمامی زمان‌ها با افزایش عمق، افزایش می‌یابد پس اتمام آبشویی، (۱۴۴۰ دقیقه) شوری در کف خاک به ۰۳/۱۶ mgr/cm۳می رسد ودر سطح خاک به mgr/cm۳۳۱/۳ می رسد.

همانگونه که در شکل (۲) مشاهده می‌شود با افزایش عمق مقدار غلظت شوری مشاهداتی و شبیه‌سازی شده افزایش می‌یابد. غلظت‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل Hydrus-۱Dکم‌تر از میزان مشاهده شده می‌باشد. که احتمالا به دلیل در نظر نگرفتن شوری آب آبشویی و یا دیگر املاح در خاک می‌باشد. اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی کم بوده و روند تغییرات این دو شبیه هم می‌باشد.

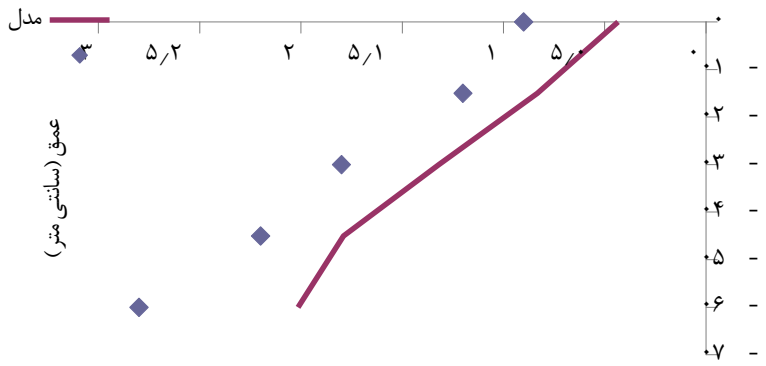


شکل ۲- مقایسه مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده تغییرات غلظت املاح خاک

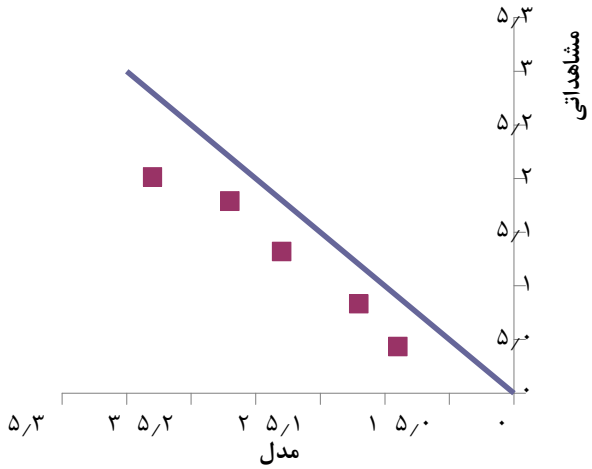


شکل(۳-۱۰): مقایسه مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی غلظت املاح

در اشکال ۴ و ۵ نتایج مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی غلظت شوری خاک با ارتفاع آب آبشویی ۶۰ سانتی‌متر نشان داده شده است. همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با افزایش عمق مقدار غلظت شوری مشاهداتی و شبیه‌سازی شده افزایش می‌یابد. غلظت‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل Hydrus-۱Dکم‌تر از میزان مشاهده شده می‌باشد. که احتمالا به دلیل در نظر نگرفتن شوری آب آبشویی و یا دیگر املاح در خاک می‌باشد. اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی کم بوده و روند تغییرات این دو شبیه هم می‌باشد.بنابراین می‌توان گفت مدل Hydrus-۱D به خوبی غلظت املاح در خاک را با ارتفاع آب آبشویی ۶۰ سانتی‌متر شبیه‌سازی می‌نماید.



شکل ۴-مقایسه مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده تغییرات غلظت املاح خاک(ارتفاع آب آبشویی ۶۰ cm)



شکل ۵- مقایسه مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی غلظت

با توجه به مقادیر شاخص‌های آماری بدست آمده در جدول (۳-۱) ارتفاع آب آبشویی ۳۰ و ۶۰ سانتی متر ، مدل Hydrus -۱D به خوبی توانسته است غلظت املاح موجود در خاک را شبیه سازی نماید.

جدول(۳-۱): مقادیر شاخص های آماری R^2 ، EF، MAE و RMSE

	R^2	RMSE	EF	MAE
۳۰	۹۸۷۳/۰	۳۴/۱	۹۸۸/۰	۲۷/۱
۶۰	۹۴۵۵/۰	۵۲۲/۰	۹۲۴/۰	۵۰۱/۰

با توجه به نتایج بدست آمده، مدل Hydrus-۱d به خوبی وبا دقت بالایی می‌تواند انتقال املاح در خاک و آزمایش‌های آبشویی را شبیه‌سازی نماید. لازمه استفاده از این مدل تخمین صحیح و دقیق پارامتر های ورودی ان می باشد. استفاده از این مدل، ما را از انجام آزمایشات آبشویی بی نیاز ساخته و به این ترتیب در وقت و هزینه صرفه جویی زیادی بعمل می آید.

منابع

برزگر،عبدالرحمان. ۱۳۸۰ . "فیزیک خاک پیشرفته"، چاپاول، انتشارات دانشگاه شهید چمران.
پذیرا، ابراهیم و عباس کشاورز (۱۳۷۸): بررسی و تعیین آب مورد نیاز اصلاحی خاکهای شور و سدیمی اراضی جنوب شرقی استان خوزستان، مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی،جلد ۴.
حیدری، نادر، پذیرا، ابراهیم و میراب زاده، مهدی، (۱۳۷۳) ارائه وکاربرد مدلها وروابط نظری آبشویی املاح و توازن نمک،در ارتباط با اصلاح و بهسازی خاکهای شور و سدیمی، موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی شماره ۱۶.
عباسی، ف. ۱۳۸۴. شبیه سازی حرکت آب در خاک با استفاده از مدل Hydrus-۱D. کارگاه آموزشی مدلسازی در آبیاری و زهکشی. صفحه: ۶۶-۸۲.
Dahiya, R., J. Ingwersen, and T. Streck. ۲۰۰۷. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil : Experimental findings and modeling. Tillage Research. ۹۶: ۵۹-۶۳.
Fuentes R., Caceres L, Molina M, Iravena S, Cazanga M, Calder R and Escudey M, ۲۰۰۸. Use of Hydrus-۱D to describe the transport of nitrate in a volcanic soil affected by sewage sludge, sewage sludge ash, and pinusradiata ash amendments. ۵th International Symposium ISMOM.November ۲۴ - ۲۸, Chile.
Gee, GH. and JW. Bauder. ۱۹۸۶. Particle size analysis. In: A. Klute, (ed). Methods of soil Analysis.Physical Properties.SSSA, Madison, WI. ۹: ۳۸۳-۴۱۱.
Jellali S, Diamantopoulos E, Kallali H, Bennaceur S, Anane M and Jedidi N, ۲۰۱۰. Dynamic sorption of ammonium by sandy soil in fixed bed columns : Evaluation of equilibrium and nonequilibrium transport processes. Journal of Environmental Management ۹۱ : ۸۹۷-۹۰۵ .
Simunek J, Kohne M, Kodesova R and Sejna M, ۲۰۰۸.Smulatingnonequlibirium movement of water, solutes and particle using HYDRUS-A review of recent applications. Soil & Water Research ۳ (۱): ۴۲ - ۵۱.

Abstract

This research was carried out in order to evaluate the model Hydrus-۱D for simulation of sodium transfer in the soil during water leaching. Soil with high salinity was prepared from Uremia Lake with clay and loamy textile. For water leaching experiments, soil by natural special weight was poured in the cylinders made of ploxplexi glass. The length of the soil column was ۶۰ cm and height of water leaching was ۳۰, ۶۰, ۹۰ and ۱۲۰ cm and for water leaching length, three replications and in total ۱۲ soil columns were used. The results showed that model hydrus -۱D by high accuracy could simulate water leaching experiments and minerals transfer in the soil that requires to correct and exact input parameters estimation.