شبیه‌سازی حرکت آب درخاک در سیستم آبیاری قطره‌ای در انواع خاک‌های مختلف

خلیل اژدری[۱]

چکیده

برای مطالعه حرکت آب درخاک نیاز به دانش کافی از خواص هیدرولیکی خاک است. پژوهش حاضر در خصوص نحوه توزیع و حرکت آب در خاک لوم شنی مزرعه‌ای تحت کشت پیاز با روش آبیاری قطره‌ای صورت گرفت. سپس وضعیت توزیع و حرکت آب برای سایر بافت‌های خاکی توسط مدل HYDRUS-2D شبیه سازی شد. نتایج حاصله نشان داد که درصورت شناسایی صحیح پارامترهای هیدرولیکی خاک، واسنجی و صحت‌سنجی صحیح مدل وتعریف دقیق شرایط اولیه ومرزی محیط مدل توانایی بالایی جهت شبیه‌سازی حرکت آب در خاک را دارد. نتایج شبیه‌سازی حرکت آب در پنج نوع خاک نشان داد که در کلیه خاک‌های مورد مطالعه، تغییرات توزیع رطوبت با عمق خاک در لایه‌های اولیه و میانی بیشتر از لایه‌های پایین خاک بود. به‌طوری‌که تا ۴۸ ساعت بعد از آبیاری ناحیه فعالیت ریشه گیاه با کمبود آب مواجه نبود. نتیجه نهایی شبیه‌سازی حرکت آب در خاک‌های مورد مطالعه نشان داد که اگر یک سیستم آبیاری قطره‌ای و کود آبیاری درست طراحی و اجراشود، تلفات عمقی از زیر ناحیه ریشه گیاه به حداقل می‌رسد. ضمن آن‌که مدل توانایی برآورد میزان دقیق آب نشت یافته به خارج از ناحیه ریشه را دارد.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی، ، شرایط مرزی، HYDRUS-2D، کود آبیاری

Archive of SID

۱. استادیار گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود

www.SID.ir

مقدمه

برای مطالعه حرکت و توزیع آب در خاک داشتن دانش کافی از خواص هیدرولیکی خاک لازم و ضروری است. یک مدل مناسب و واسنجی شده جریان آب و انتقال مواد محلول، می‌تواند در کاهش زمان مطالعه مربوط به نحوه توزیع آب در خاک از طریق منبع نقطه-ای بسیار موثر باشد وجریان آب در خاک‌های مختلف را شبیه‌سازی نماید. این نوع مدل‌ها درک درست روابط موجود بین مقدار و زمان توزیع آب در خاک را آسان‌تر می‌نمایند.

برای شبیه‌سازی جریان آب در خاک مدل‌های زیادی در سال‌های اخیر توسعه یافته است. در حالی‌که به اعتقاد کوت و همکاران (۲۰۰۳) بهتر است مدل‌ها ویژگی‌های هیدرولیکی خاک را در شبیه‌سازی آب و املاح لحاظ نمایند. مدل‌های توسعه یافته عمدتاً شرایط دینامیکی آبیاری قطره‌ای را با در نظر گرفتن مرزهای ساده شبیه‌سازی می‌نمایند. حل عددی معادله جریان آب (معادله ریچاردز) و مواد محلول با در نظر گرفتن شرایط مرزی مناسب می‌تواند شبیه سازی صحیح جریان آب در خاک را میسر سازد (رووِل و همکاران، ۱۹۹۷).

نتایج حاصل از پژوهش‌های لوبانا و ناردا (۱۹۹۸) نشان داد که انتخاب درست تعداد قطره چکان‌ها تابعی از بافت خاک، ساختمان خاک، دبی قطره‌چکان و مقدار آب پخش شده در خاک است. جوشینگ و همکاران، (۲۰۰۳) گزارش کردند که حرکت آب از یک منبع نقطه‌ی قطره‌چکان به نفوذپذیری خاک و شدت جریان بستگی دارد. پیتر و همکاران، (۲۰۰۳) به این نتیجه رسیدند که بهبود بازده مصرف آب و مواد مغذی در آبیاری قطره‌ای به فاصله قطره‌چکان‌ها، شدت جریان، مشخصات رطوبتی خاک و مدت زمان آبیاری وابسته است. ضمن آن‌که توزیع رطوبت در آبیاری قطره‌ای عمدتاً در اطراف قطره‌چکان‌ها بوده و فرم خاصی به‌نام پیاز رطوبتی دارد (هاینس، ۱۹۸۵). لذا برای طراحی آبیاری قطره‌ای به اطلاعات درستی از الگوی توزیع رطوبتی خاک، فراهمی آب و مواد غذایی در ناحیه ریشه و شستشوی مواد غذایی از ناحیه زیر ریشه نیاز است. از طرفی آبشوئی مواد غذایی تابعی از آبدهی قطره‌چکان، خواص فیزیکی و هیدرولیکی خاک است. لحاظ تمامی اطلاعات آب و خاک و اطلاعات سیستم آبیاری برای یافتن حالت بهینه از نظر زمان و هزینه مشکل است. در حالی‌که می‌توان با اجرای حالات مختلف در نرم‌افزار HYDRUS-2D به این مهم دست یافت.

گاردنس و همکاران، (۲۰۰۵) با اجرای گزینه‌های مختلف کود آبیاری نشان دادند مدل HYDRUS-2D در شبیه‌سازی آب و نیتروژن توزیعی از توانایی بالایی برخوردار است. سینک و همکاران (۲۰۰۶) با شبیه‌سازی و مدل نمودن حرکت آب توزیع شده از قطره چکان‌های زیرزمینی به این نتیجه رسیدند که برای مدیریت مطلوب یک سیستم آبیاری قطره‌ای مدل سازی لازم است. روفال و همکاران، (۲۰۰۶) با مقایسه آبیاری قطره-ای سطحی و زیرزمینی با به‌کارگیری آب شور و شیرین گزارش دادند که استفاده از مدل‌های کامپیوتری در اخذ نتایج درست حرکت آب در خاک بسیار موثر می‌باشد. اژدری، (۲۰۰۵) با مدل‌سازی سیستم کود آبیاری مزرعه پیاز نشان داد که برای طراحی درست یک سیستم کود آبیاری و قطره‌ای اطلا ع از پارامترهای هیدرولیکی خاک بسیار ضروری است. وی پارامترهای خاک را از طریق مدل پیشرفته HYDRUS-2D به‌دست آورد. آنتونوپولوس (۲۰۰۱) گزارش داد که مدل‌هایی کامپیوتری در درک درست روابط بین مقدار و زمان به-کارگیری آب و مواد غذایی، مقدار جذب مواد غذایی توسط ریشه گیاه، مقدار عملکرد و آلودگی‌های خاک و آب زیرزمینی نقش دارند. آنتونوپولوس (۲۰۰۱) و اژدری (۲۰۰۵) انتخاب مدل را بسیار مهم می‌دانند زیرا مدل مناسب سبب افزایش دقت و اطمینان نتایج را بالا می-برد.

به اعتقاد لافولی و همکاران (۱۹۹۷) و برگستروم و همکاران (۱۹۹۱) مدل‌های متعددی برای شبیه سازی جریان آب، انتقال مواد غذایی، جریان گرمایی و مقدار جذب مواد غذایی توسط گیاه، توسعه یافته است که بیان‌گر حرکت آب و املاح در خاک و میزان جذب توسط ریشه گیاه هستند. مدل‌های توسعه یافته عمدتاً به شرح مقدار نفوذ و حرکت آب پرداخته و مقدار رطوبت در ناحیه خیس شدگی را مورد بررسی قرار می‌دهند

Archive of SID

www.SID.ir

(کلودیر، ۱۹۸۲). حل عددی معادلات انتقال آب و مواد محلول برای شبیه‌سازی جریان متغیر زمانی با شرایط مرزی متفاوت می‌تواند به‌کار رود.

توسعه پارامترهای طراحی و مدیریتی سیستم کود آبیاری شامل مطالعه دینامیک آب و مواد محلول با به‌کارگیری مدلی مناسب تحت شرایط مرزی مختلف (مرز بدون جریان و مرز زهکشی آزاد) می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی برای پژوهش در مورد توزیع آب و مواد محلول در آبیاری قطره‌ای با گیاه و بدون گیاه صورت گرفته است. اما مطالعه بر اساس یک مدل واسنجی شده بسیار اندک بوده است.

لذا هدف از این پژوهش مطالعه نحوه توزیع رطوبت وحرکت آب در خاک لوم شنی در سیستم کود آبیاری و شبیه‌سازی حرکت آب در خاک‌های مختلف با مدل پیشرفته HYDRUS-2D می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای مطالعه حرکت و توزیع آب در خاک آزمایش‌هایی در مزرعه مرکز آموزش کشاورزی بسطام واقع در جاده شاهرود- بسطام در یک خاک لوم شنی به‌عمل آمد. منطقه مورد مطالعه در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۴۸ دقیقه و ۳۱/۸۵ ثانیه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه و ۳۵/۲۴ ثانیه شمالی قرار دارد. اقلیم منطقه نیمه‌خشک دارای متوسط بارندگی سالیانه ۱۵۶/۵ میلی‌متر با متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۴/۴ و حداقل و حداکثر درجه حرارت ۱۴- و ۴۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که دارای تابستان‌های نسبتاً گرم و زمستان‌های سرد است.

پژوهش در زمینی مجهز به سیستم آبیاری قطره‌ای بر اساس اهداف تحقیق انجام گرفت.گیاه انتخاب شده پیاز قرمز واریته آذرشهر بود که به فاصله ۱۵ در ۳۰ سانتی‌متر به‌صورت ردیفی کاشته و مراحل آبیاری و کوددهی آن به‌صورت کود آبیاری مدیریت شد. شمای یکی از کرت‌های مورد پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است. برای کنترل مقدار جریان، روی لوله‌های عبوری از داخل کرت‌ها شیرهای کنترل کننده نصب بود که در مواقع کود آبیاری قابل استفاده بود. قطره‌چکان‌ها از نوع در خط به فاصله ۵۰ سانتی‌متر با آبدهی ۴ لیتر در ساعت با دور آبیاری ۴۸ ساعت انتخاب شدند. آب توزیعی در کرت‌ها کاملاً کنترل شده با توزیع یک‌نواخت و بر اساس نیاز آبی روزانه گیاه پیاز بود. توزیع مواد مغذی بر اساس برنامه توزیع هفتگی اعمال شد. تعداد قطره‌چکان نصب شده در هر کرت ۳۵ عدد با فاصله ۵۰ سانتی‌متر روی لترال و فاصله لترال‌ها از یکدیگر ۶۰ سانتی‌متر بود.

انتخاب مدل

برای مطالعه نحوه حرکت و توزیع آب خروجی از قطره‌چکان در خاک، پس از بررسی‌های زیاد مدل HYDRUS-2D انتخاب شد. مدل فوق معادله ریچاردز را برای جریان و معادله انتقال املاح را به روش عناصر محدود حل می‌کند. این مدل معادله جریان محلول را در حالت غیر خطی و غیر تعادلی برای فازهای جامد و مایع حل می‌کند هم‌چنین مدل فوق برای شبیه‌سازی حرکت آب و محلول در حالت غیراشباع، نیمه اشباع و اشباع کامل در محیط متخلخل به‌کار می‌رود. این مدل می‌تواند جریان آب و محلول را در یک صفحه افقی و عمودی و به‌صورت سه بعدی شبیه‌سازی نماید. مدل مذکور درحل معادله جریان و انتقال محلول شرایط مرزی مناسبی را در ارتباط با اتمسفر و بخش زهکش درنظر می‌گیرد. فرم تغییر شکل یافته معادله ریچارد به صورت معادله ۱ است (۱)

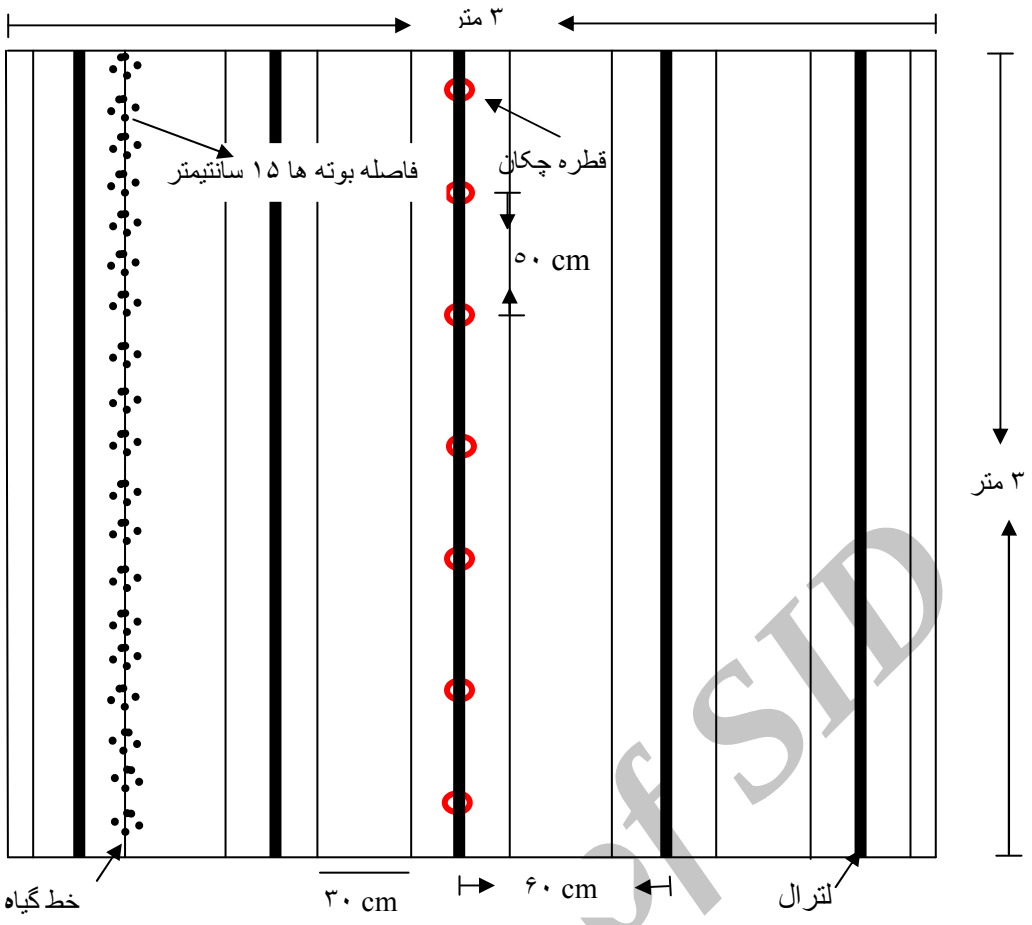
$$\frac{\partial \theta}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial r}\{\ K(h)\frac{\partial h}{\partial r}\ \}+\frac{K(h)}{r}\frac{\partial h}{\partial r}+\frac{\partial}{\partial z}\{\ k(h)(\ \frac{\partial h}{\partial z}+1\ )\ \}$$

که در آن $\theta(cm^3cm^{-3})$ رطوبت حجمی، $h(cm)$ ارتفاع فشاری آب در سطح خاک، $t(h)$ زمان، $r(cm)$ شعاع حرکت، $z(cm)$ محور عمودی و $k(cm/h)$ هدایت هیدرولیکی می‌باشد.

این مدل معادله (۱) را با به‌کارگیری طرح خطی عناصر محدود نوع Galerkin به‌صورت عددی حل می‌کند جزئیات شرح کامل این مدل درکتاب راهنمای تخصصی مربوط به آن آمده است (سیمونک و همکاران، ۱۹۹۹).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: کرت آزمایشی مربوط به محیط مدل شده

مدل واقعی تعریف شده به Hydrus-2D

در این پژوهش مدل واقعی تعریف شده به‌صورت شکل (۲) می‌باشد. این شکل محیط مدل شده را نشان می‌دهد که عبارت است از استوانه‌ای به شعاع ۳۰ و به ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر (مرکب از ۴ لایه ۱۵ سانتی‌متری) که منبع جریان در گوشه سمت چپ خط بالا قرار گرفته است و به‌صورت یک‌نواخت عمل می‌کند. در این محیط فرض بر این است که از جوانب جریان صورت نگرفته و مرز انتهایی، مرز زهکشی آزاد می‌باشد.

شرایط اولیه و شرایط مرزی تعریف شده به مدل

شرایط اولیه توزیع آب در خاک عبارت بود از مقدار آب موجود در خاک، قبل از اولین آبیاری که برای لایه‌های مختلف مقدار آن اندازه‌گیری و محاسبه گردید. در این خصوص ۴ لایه خاک با میزان رطوبت متفاوت مطابق با شرایط موجود به‌صورت صفر تا ۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۴۵ و ۴۵-۶۰ سانتی‌متر به مدل معرفی شد. بافت خاک محل پژوهش لوم شنی بود. شرط مرزی جریان با به‌کارگیری دبی آب ورودی از طریق قطره‌چکان واقع در مرکز محیط مدل شده تعریف گردید. به‌طوری‌که در زمان‌های غیر آبیاری مقدار دبی قطره‌چکان صفر در نظر گرفته شد. مدل HYDRUS-2D شرط مرزی زمانی متغیری را نیز نیاز دارد که طبق برنامه اجرای آبیاری قطره‌ای به‌صورت یک روز در میان شرط مرزی متغیر زمانی به مدل معرفی گردید. شرایط مرزی معرفی شده به مدل در شکل ۲ نشان داده شده است.

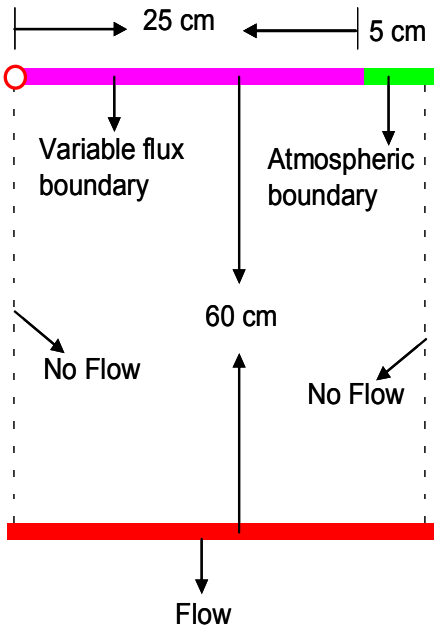
تعیین پارامترهای هیدورلیکی خاک

قبل از اجرای مدل و شبیه سازی توزیع و حرکت آب لازم بود که پارامترهای هیدورلیکی خاک تعیین شوند، پارامترهایی که برای HYDRUS-2D مورد نیاز می‌باشند در جدول (۱) آمده است. این پارامترها توسط مدل Rosetta تعیین شده‌اند که خود مدلی است واقع شده در داخل HYDRUS-2D و بر اساس شبکه

Archive of SID

www.SID.ir

عصبی کار می‌کند و پس از اخذ داده‌های مربوط به بافت خاک، درصد ذرات خاک، درصد رطوبت در حد ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم، پارامترهای هیدرولیکی خاک را تخمین می‌زند .مقدار عددی این پارامترها برای اجرای HYDRUS-2D ضروری می‌باشد. در این جدول θ_r: رطوبت باقی‌مانده خاک، θ_s: رطوبت اشباع خاک و n و α ضرایبی هستند مربوط به توابع هیدورلیکی خاک که مستقیماً توسط شبکه عصبی تخمین زده می‌شوند. K_s ضریب نفوذپذیری خاک در حالت اشباع و FC ظرفیت مزرعه می‌باشد. ضرایب K_s و FC مستقیماً اندازه‌گیری شده و به مدل داده شده‌اند. در پژوهش حاضر بافت خاک به روش هیدرومتری، ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم به‌وسیله دستگاه صفحات فشاری ۵ بار و ۱۵ بار و نفوذپذیری به‌روش بار ثابت اندازه‌گیری شد.



شکل ۲: مدل واقعی تعریف شده به HYDRUS-2D

جدول ۱: پارامترهای هیدرولیکی خاک که توسط مدل HYDRUS-2D به‌دست آمده‌اند

لایه‌های خاک	θ_r (درصد حجمی)	θ_s (درصد حجمی)	α	n	K_s (سانتی‌متر بر ساعت)	FC (درصد حجمی)
۱	۰/۰۴۰۴	۰/۳۷۴۱	۰/۰۰۷۹	۱/۴۲۰۲	۱/۳۱	۲۵/۰
۲	۰/۰۳۹۵	۰/۳۷۴۹	۰/۰۰۵۹	۱/۴۷۳۶	۱/۱۵	۲۵/۵
۳	۰/۰۳۳۷	۰/۳۶۰۶	۰/۰۰۴۸	۱/۵۲۵۲	۱/۱۱	۲۶/۲
۴	۰/۰۳۴۵	۰/۳۲۵۶	۰/۰۰۴۴	۱/۵۳۱۴	۱/۰۹	۲۷/۰

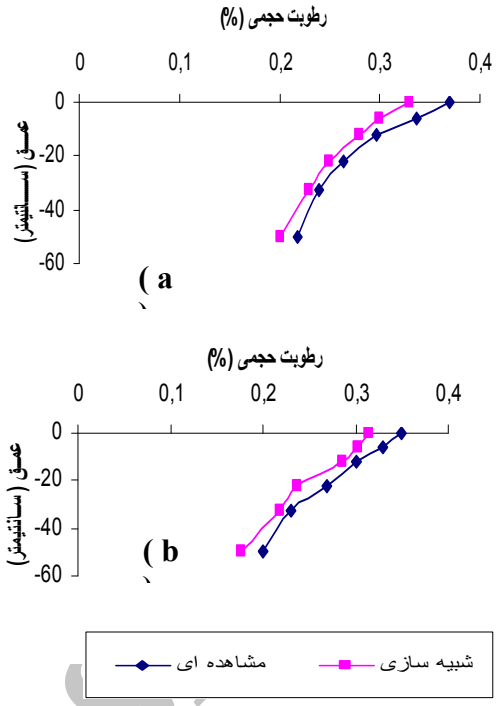
نتایج وبحث

واسنجی کردن مدل HYDRUS-2D

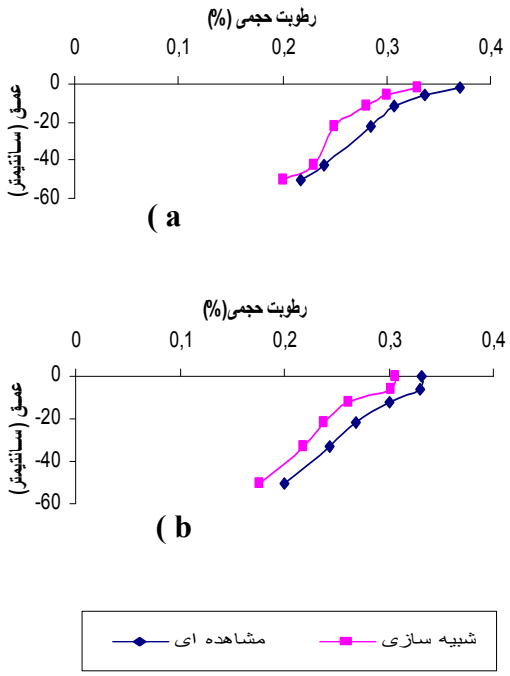
برای ارزیابی عملکرد مدل لازم بود تا در ابتدا مدل واسنجی گردد. بدین منظور مقادیر رطوبت موجود در خاک که از طریق اندازه‌گیری‌های عملی به‌دست آمده بود با نتایج شبیه‌سازی شده مورد مقایسه قرار گرفت. برای واسنجی مدل عمدتاً از نتایج آزمایش‌های صحرایی، آزمایشگاهی و در بعضی موارد از منابع معتبر استفاده شد. مدل برای مقادیر ضریب نفوذپذیری مربوط به لایه‌های مختلف خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری واسنجی شد. نتایج حاصل از واسنجی نشان داد که مدل نسبت به ضرایب نفوذپذیری اندازه‌گیری شده در لایه‌های مختلف خاک رفتاری منطقی دارد. شکل ۳ و ۴ عملیات واسنجی در ماه اول و دوم پس از کاشت گیاه در اعماق مختلف را نشان می‌دهد. مشابه چنین نتایجی برای ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از آبیاری نیز اخذ شد که به جهت جلوگیری از تطویل مقاله ارائه نشده است.

همان‌طور که شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهند، مقادیر مشاهداتی بسیار نزدیک و مشابه مقادیر رطوبت شبیه‌سازی شده است. از این شکل‌ها پیدا است که حداقل میزان رطوبت در هر دو مورد نزدیک مقدار رطوبت در حد ظرفیت مزرعه می‌باشد (۲۵ درصد حجمی). لذا نتیجه‌ای که از واسنجی کردن مدل گرفته می‌شود این است که این مدل شبیه‌سازی جریان آب در خاک را در ساعات مختلف پس از آبیاری و در دوره‌های مختلف رشد گیاه به‌درستی انجام داده است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۳: واسنجی مدل یک ماه پس از کاشت گیاه (a و b به‌ترتیب ۲ و۴ ساعت بعد از آبیاری)



شکل۴: واسنجی مدل دو ماه پس از کاشت گیاه (a و b به‌ترتیب ۲ و۴ ساعت بعد از آبیاری)

صحت سنجی مدل

واسنجی مدل یعنی آن‌که مدل، شبیه‌سازی حرکت آب در خاک را در مدت زمان کوتاه مثل ۲ یا ۴ ساعت بعد از آبیاری به درستی انجام می‌دهد. برای اطمینان ارزیابی‌های طولانی مدت مثل کل دوره رشد گیاه لازم بود تا مدل صحت سنجی شود برای این‌کار مدل برای کل دوره رشد گیاه (۱۵۰ روز) ارزیابی شد. نمونه‌ای از نتایج صحت سنجی در جدول ۲ آمده است. جدول فوق نشان می‌دهد که در انتهای دوره رشد گیاه نیز مقادیر اندازه‌گیری شده رطوبت با مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل در ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از آبیاری در اعماق مختلف خاک بسیار نزدیک به‌هم هستند. این نشان می‌دهد که مدل برای شرایط مختلف درست عمل می‌کند. لذا پس از حصول اطمینان، مدل جهت شبیه-سازی توزیع رطوبت در خاک لوم شنی و در انواع خاک-های مختلف به‌کار گرفته شد.

جدول ۲: صحت سنجی مدل با مقادیر رطوبت (درصد حجمی) در انتهای دوره رشد گیاه

عمق (cm)	زمان بعد از آبیاری (ساعت)					
	۲۴		۴۸		۷۲	
	شبیه‌سازی	اندازه‌گیری	شبیه‌سازی	اندازه‌گیری	شبیه‌سازی	اندازه‌گیری
۱۵	۳۵/۴	۳۶/۵	۲۸/۶	۲۷/۹	۳۴/۴	۳۵/۵
۳۰	۲۸	۲۸/۳	۲۵/۳	۲۵/۷	۲۹/۱	۲۹/۳
۴۵	۲۴/۲	۲۴/۹	۲۲/۶	۲۲/۴	۲۵/۲	۲۵/۱
۶۰	۲۲/۳	۲۱/۷	۲۰/۴	۲۰/۳	۲۲/۳	۲۲/۷

Archive of SID
www.SID.ir

شبیه‌سازی توزیع رطوبت در انواع خاک‌ها

این پژوهش در یک خاک لوم شنی به عمق ۶۰ سانتی‌متر مرکب از چهار لایه ۱۵ سانتی‌متری (صفر تا ۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۴۵ و ۴۵- ۶۰ سانتی‌متر) انجام گرفت و برای چهار نوع خاک دیگر حرکت آب شبیه سازی شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی توسط مدل HYDRUS-2D در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ آمده است که در سه مقطع زمانی ۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از آبیاری گیاه پیاز صورت گرفته است. اشکال رنگی مربوط به نتایج مستقیم به‌دست آمده از اجرای مدل هستند. عرض هر یک از اشکال ۳۰ و ارتفاع آن‌ها ۶۰ سانتی‌متر است که مدل واقعی آن‌ها به‌صورت شکل ۲ به HYDRUS-2D معرفی گردیده و رنگ‌های حاصله مربوط به مقادیر آب موجود در خاک یا رطوبت خاک است که به‌صورت درصد رطوبت با مقیاس رنگی نشان داده شده است. در این اشکال منبع آب جاری قطره‌چکانی با آبدهی ۴ لیتر بر ساعت است که در گوشه سمت چپ بالای هر شکل واقع شده است. ضمن آن‌که مقیاس همه شکل‌ها یکسان می‌باشد.

خاک لوم شنی

همان‌طوری که شکل ۵ نشان می‌دهد در حالت (a) که مربوط به ۲ ساعت بعد از آبیاری می‌باشد، میزان رطوبت در لایه اول (صفر تا ۱۵ سانتی‌متر) بین ۳۰ تا ۴۰ درصد می‌باشد، شکل ۷ نیز همان موضوع را نشان می‌دهد به‌طوری‌که ۲ ساعت بعد از آبیاری میزان رطوبت کاملاً بالا رفته و به حدود ۳۵ درصد رسیده و به‌تدریج در لایه‌های پایین‌تر از مقدار رطوبت کاسته شده و در لایه آخر (۴۵- ۶۰ سانتی‌متر) به حدود ۲۰ درصد حجمی رسیده است.کم بودن رطوبت در لایه‌های پایین مربوط به رطوبت اولیه خاک بوده و چون محدوده فعالیت ریشه گیاه پیاز لایه اول می‌باشد. گیاه کمبود آب احساس نمی‌کند. هم‌چنین نتایج حاصل از این دو شکل نشان می‌دهد که در حالت (b) یا ۲۴ ساعت بعد از آبیاری مقدار رطوبت در لایه اول به حدود ۳۰ در صد حجمی رسیده و با توجه به این‌که ظرفیت مزرعه در این لایه ۲۵ درصد می‌باشد، لذا در این شرایط نیازی به تکرار آبیاری نیست. نتایج حاصل از اشکال فوق حاکی از آن است که پس از ۴۸ ساعت در لایه اول میزان رطوبت خاک به محدوده ۲۵ درصد حجمی رسیده و چنان‌چه در این زمان آبیاری بعدی صورت گیرد مناسب خواهد بود.

نکته دیگر در مورد شکل ۷ و خاک لوم شنی این است که اختلاف رطوبت در زمان‌های ۲ ، ۲۴ و ۴۸ ساعت بیشتر در لایه‌های بالایی و عمدتاً در لایه اول دیده می‌شود دلیل آن این است که در لایه اول ریشه گیاه به‌عنوان مصرف کننده عمل می‌کند و با توجه به این‌که این لایه به‌طور مستقیم در معرض تبخیر می‌باشد لذا عمده تغییرات در آن رخ می‌دهد و چون شدت پخش آب نیز توسط قطره‌چکان زیاد نیست لذا لایه‌های پایین کمتر دست‌خوش تغییرات رطوبت می‌گردد.

خاک لوم رسی شنی

شکل‌های رنگی شبیه‌سازی شده مربوط به این نوع خاک نیز نشان می‌دهد که ۲ ساعت بعد از آبیاری رطوبت خاک به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا نموده و به حد ۳۵ درصد حجمی رسیده است. در لایه اول خاک با گذشت زمان رطوبت کاهش یافته و پس از ۴۸ ساعت حدوداً به ۲۵ در صد می‌رسد. و با توجه به این‌که حد ظرفیت مزرعه از لایه اول تا لایه چهارم بین ۲۵ تا ۲۷ درصد حجمی متغیر است، لذا کاهش تدریجی رطوبت تا ۴۸ ساعت بعد از آبیاری در حد نرمال بوده و گیاه را با کمبود آبی مواجه نساخته است. از طرفی دیگر شکل ۷ نشان می‌دهد که در این خاک با گذشت زمان منحنی‌ها به هم نزدیک‌تر شده و در لایه‌های پایین کاملاً بر هم منطبق می‌شوند و این موضوع شاید به‌خاطر بیشتر بودن رس در این نوع خاک باشد.

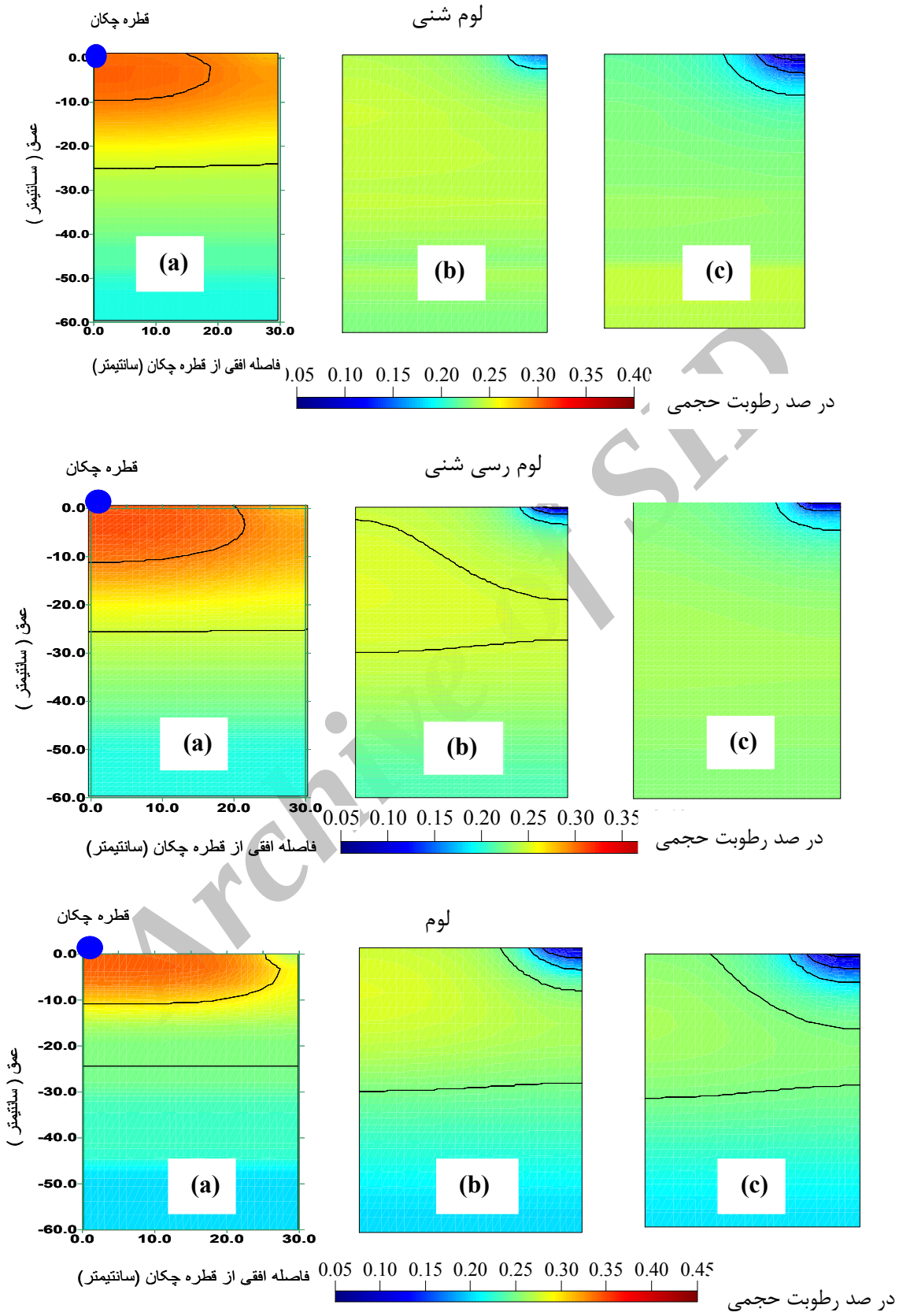
خاک لوم

نتایج حاصل از شبیه‌سازی در خاک لوم (شکل ۷) نشان می‌دهد که منحنی‌های مربوط به توزیع آب در زمان‌های ۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از آبیاری کاملاً از هم تفکیک و با افزایش عمق خاک از هم متمایز شده‌اند. شکل رنگی ۵ در مورد این خاک نشان می‌دهد که در ساعات اولیه آبیاری مقدار رطوبت در این نوع خاک نیز در لایه بالایی بین ۳۰ تا ۴۰ درصد می‌باشد که مقدار

Archive of SID

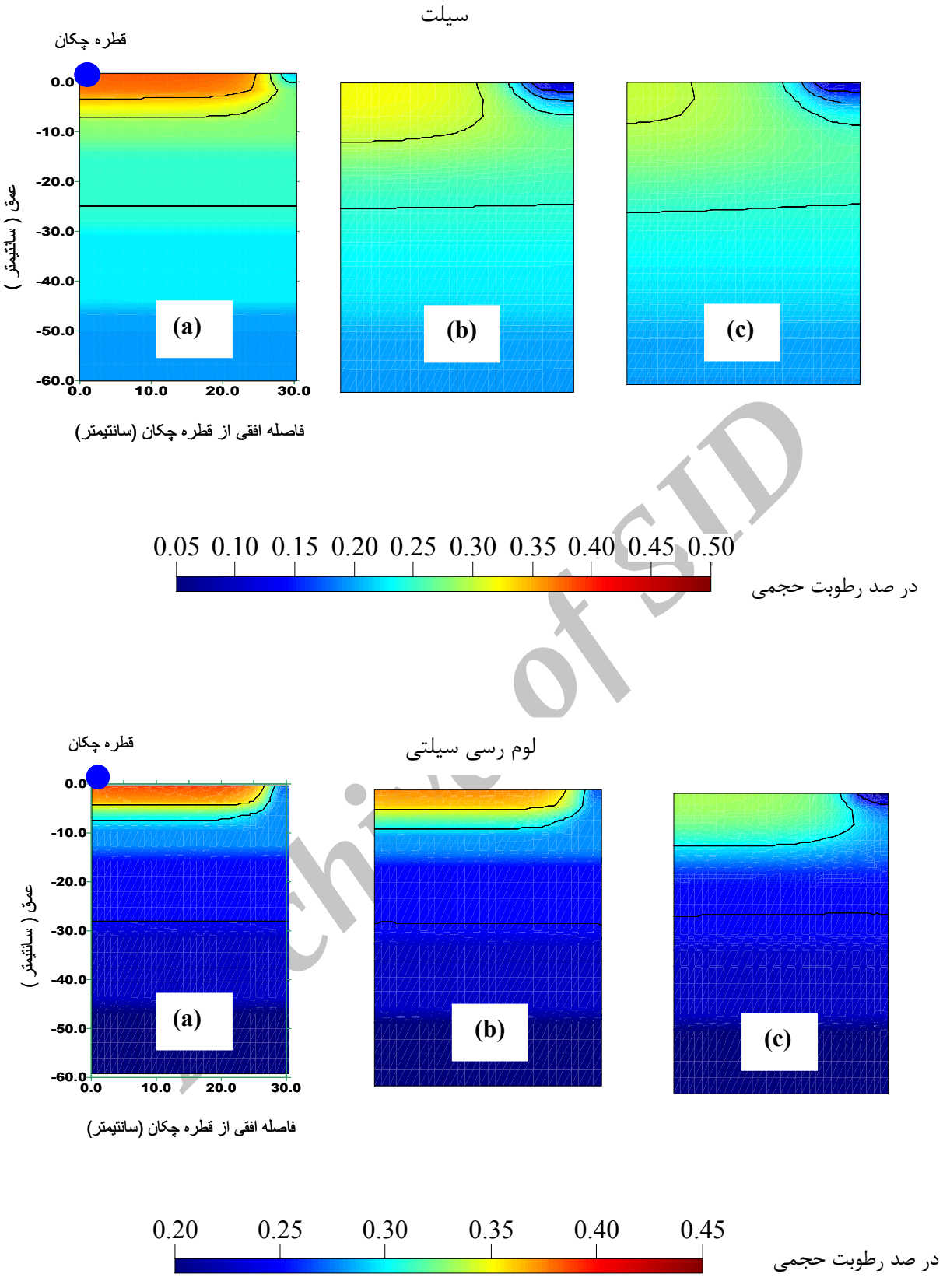
www.SID.ir

واقعی آن در شکل ۷ در این لایه در حد ۳۵ درصد است و به‌تدریج با افزایش عمق کاهش می‌یابد. این شکل نشان می‌دهد که در دو منحنی دیگر نیز روند مشابه داشته در لایه بالایی حد ظرفیت مزرعه را شاهد هستیم.



شکل ۵: نتیجه شبیه‌سازی مدل در سه نوع خاک: (a) ۲ ساعت، (b) ۲۴ ساعت و (c) ۴۸ ساعت بعد از آبیاری

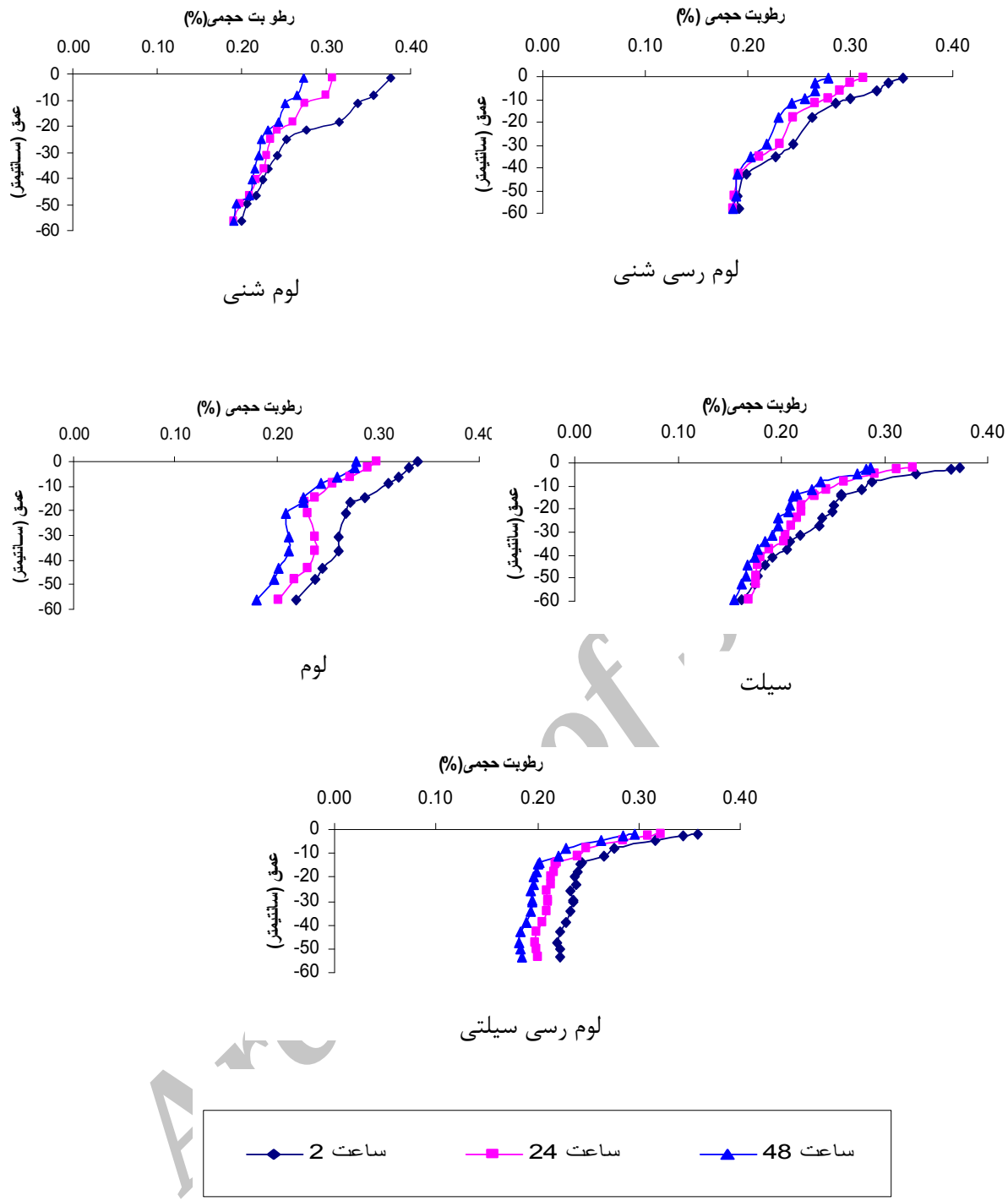
www.SID.ir



شکل ۶: نتیجه شبیه‌سازی مدل در دو نوع خاک: (a) ۲ ساعت، (b) ۲۴ ساعت و (c) ۴۸ ساعت بعد از آبیاری

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷- نتیجه شبیه‌سازی مدل در خاک‌های پنج‌گانه بعد از ساعات مختلف آبیاری

خاک سیلت و لوم رسی سیلتی

اشکال مربوط به این دو نوع خاک نیز نشان می‌دهند که پس از آبیاری رطوبت موجود در لایه اولیه خاک خیلی بیشتر از ظرفیت مزرعه (بالای ۳۵ در صد) بوده و پس از ۴۸ ساعت در اعماق مختلف به‌ویژه در لایه اول در حد FC قرار گرفته و ناحیه ریشه گیاه مربوطه را دچار تنش آبی نکرده است.

بحث

نتیجه حاصل از این پژوهش نشان داد که اگر چنان‌چه داده‌های ورودی و پارامترهای هیدرولیکی مورد نیاز مدل HYDRUS-2D درست انتخاب شوند و این مدل به‌درستی واسنجی و صحت‌سنجی گردد، عملیات شبیه‌سازی حرکت آب در خاک‌های مختلف را به‌طور دقیق انجام می‌دهد. وقتی مدل درست کار کند و

www.SID.ir

اطمینان حاصل شود که نحوه حرکت آب و توزیع رطوبت در خاک در سیستم آبیاری قطره‌ای می‌تواند از طریق مدل‌سازی و شبیه‌سازی حرکت آب به صحیح‌ترین وجه مورد مطالعه قرار گیرد. ضمن آن‌که مطالعه روند توزیع آب جاری شده از قطره‌چکان‌های سیستم آبیاری قطره‌ای در زمان‌های مختلف تسهیل می‌گردد، چون اشکال حاصل از شبیه‌سازی هم به‌صورت رنگی و هم به‌صورت معمولی با مقیاس صحیحی ارائه می‌شوند لذا درجه اطمینان مطالعه در این خصوص را بالا می‌برند. این امر سبب خواهد شد تا سیستم‌های قطره‌ای و کود آبیاری طوری طراحی شوند که حرکت عمقی آب و مواد غذایی را به حداقل رسانده و باعث تثبیت آن‌ها در لایه‌های مربوط به محدوده فعالیت ریشه گیاه گردند. این خود سبب افزایش راندمان آب مصرفی و مواد حاصل خیز کننده خواهد بود. در این پژوهش مدل اجرا شده روی خاک‌های مختلف نشان می‌دهد که روند کاهش رطوبت در یک سیکل ۴۸ ساعته طوری صورت گرفته که ضمن این‌که گیاه را با کوچک‌ترین کمبود آب مواجه نساخته، نفوذ عمقی را نیز به حداقل رسانده است چون در کلیه اشکال ارائه شده ملاحظه شد که روند حرکت به‌صورت عمقی کاهشی است. این بیان‌گر آن است که سیستم درست طراحی و اجرا شده و نحوه توزیع آب و مواد غذایی گیاه به‌شیوه صحیح انجام گرفته است. برای رسیدن به چنین شرایطی لازم است کلیه مراحل طراحی و اجرای سیستم کود آبیاری، روش توزیع آب، مقدار و زمان توزیع آب از طریق مدل‌سازی مورد مطالعه قرار گیرد و کلیه محاسبات بر اساس نتایج حاصل از مدل‌های پیشرفته مثل HYDRUS-2D صورت گیرد.

سپاسگزاری

در اینجا لازم می‌دانم از همکاری صمیمانه مسئولین محترم مرکز آموزش کشاورزی بسطام (آقای مهندس غلامرضا طالبی و مهندس شهرام طاهری) و هم‌چنین از آقای مهندس حسن گلی کارشناس محترم دانشگاه صنعتی شاهرود تقدیر و تشکر نمایم.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

Ajdary, Kh. 2005. Modeling of water and nitrogen movement under drip fertigation. Ph.D Thesis. Division of Agricultural Engineering, Indian Agricultural research Institute, New Delhi, India.

Antonopoulos, V. Z. 2001. Simulation of water and nitrogen balances of irrigation and fertilized Corn-crop soil. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 127(2):77-83.

Bergstrom, L., Johnsson, H. and Torstensson, G. 1991. Simulation of soil nitrogen dynamics using the SOILN model. Fertilizer Research 27: 181-188.

Cote, CM. Keith L. Bristow Philip B. Charlesworth. Freeman J. Cook Peter J. Thorburn. 2003. Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. Irrig. Sci. 22: 143-156.

Clothier, B. E.and Scotter, D. R. 1982. Costant flux infiltrations from a hemesfrical cavity. Soil. Sci. Soc. Am. J 46: 696-700.

Gardenas, A. I., Hpmans, J. W. Hanson, B. R. and Simunek, J. 2005. Two-dimensional modeling of nitrate leahing for various fertigation scenarios under micro-irrigation. Agricultural Water Management 74 (3): 219-242.

Hayens, R. J. 1985. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. Fertilizer Research, 6(2):235- 255.

Jiusheng, Li., Jianjun, Z. and Li. Ren. 2003. Water and nitrogen distribution as affected by fertigation of ammonium nitrate from a point source. Irrig Sci, 22 : 19-30.

Lafolie, F., Bruckler, L., de Cockborne, A. M., and Laboucarie, C. 1997. Modeling the water transport and nitrogen dynamics in irrigated salad crops. Irrig Sci, 17: 95- 104.

Lubana Singh, P. P. and Narda, N. K. 1998. Soil water dynamics model for trickle irrigated tomatoes. Agricultural Water Management 37: 145-161.

Peter, J., Thorburn Freeman, J., Cook, K,and Bristow, L. 2003. Soil-dependent wetting from trickle emitters: implications for system design and management. Irrig. Sci, 22: 121-127.

Revol, P., Clothier, B. E., Mailhol, J. C., Vachaud, G., and Vauclin, M. 1997. Infiltration from a source point source and drip irrigation 2. an approximate time –dependent solution for wet-front position. *Water Resource Research* 33(8): 1869-1874.

Rouphael, Y., Mariateresa, C., Elvira, R., Alberto, B. and Giuseppe, C. 2006. Comparison of the subirrigation and drip-irrigation systems for greenhouse zucchini squash production using saline and non-saline nutrient solutions. J. Agricultural Water Management 82:99-117.

Simunek, J., Sejna, m. and Van genuchten, M. Th. 1999. The HYDRUS-2D software package for simulating the two-dimensional movement of water, heat, and multiple solute in variably-saturated media. International groundwater modeling center. Clorado School of Mines Golden, Co 80401.

Singh, D. K., Rajput, T. B. S., Singh, D. K., Sikarwar, H. S., Sahoo, R. N. and Ahmad, T. 2006. Simulation of soil wetting pattern with subsurface drip irrigation from line source. J. Agricultural Water Management 83:130-134.

Archive of SID

www.SID.ir

Simulation of Water Movement in Soil in Drip Irrigation System in Different Types of Soils

Azhdary[1], Kh

Abstract

Study of water movement in soil requires adequate knowledge of soil hydraulic properties. This research has been conducted in Shahrood in a sandy loam soil with onion crop to study the moisture distribution and water movement using emitters of drip system. Water movement and moisture distribution in soil were simulated with Hydrus-2D model for different types of soils. The results revealed that if the soil hydraulic properties are estimated correctly and model is calibrated and validated perfectly, and modeling area is defined with correct boundary conditions, it will simulate water movement in soil with high capability. The simulation practice has been done in five types of soils. Results of simulation showed that in all types of soils reduction of moisture distribution in first and middle layer of soil is higher than lower layer but up to 48 hours adequate moisture is available in soil and active plant root zone do not suffer moisture deficit. The final result of simulation of water distribution in different types of soils revealed that if the drip and fertigation systems are designed and operated properly, it will minimize water percolation below the crop root zone and estimation of exact amount of drainage water below crop root zone is possible with selected model.

Keywords: Simulation, Model, Boundary conditions, HYDRUS-2D, Fertigation

Archive of SID

1. Assistant Professor, Department of Soil and Water, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood

www.SID.ir