Archive of SID

شبیه سازی رطوبت در پروفیل خاک با استفاده از مدل LEACHM[1]

محمد جلینی*، فریدون کاوه**، ابراهیم پذیرا***، منصور پاره‌کار**** و محمد جواد عابدی*****

چکیده

توسعه راه‌حل‌هایی برای مسائل مختلف کشاورزی از جمله آبیاری، استفاده از شبیه‌سازی حرکت آب در خاک را الزامی کرده‌است. از طرفی، به منظور بهره‌گیری از این مدل‌ها برای شبیه‌سازی، نتایج آنها باید با مقادیر مشاهده‌ای مقایسه گردد. در این مطالعه نتایج شبیه‌سازی رطوبت توسط مدل LEACHM با مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده در پروفیل خاک مورد مقایسه قرار گرفته‌است. به این منظور آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان با سه سطح آبیاری: ۱- آبیاری بر اساس برآورد نیاز کامل گیاه (چغندرقند) یا تیمار بدون تنش آبی (MAD=50%). ۲- آبیاری زمانی که میزان تخلیه مجاز به ۷۰ درصد رسید (تنش آبی مداوم با MAD=70%) و ۳- آبیاری زمانی که میزان تخلیه مجاز به ۹۰ درصد رسید (یک بار تنش آبی با MAD=90%) و پس از آن بر اساس نیاز کامل گیاه (مانند تیمار ۱) تا انتهای فصل رشد آبیاری صورت گرفت. آنالیز حساسیت مدل حاکی از آن بود که وزن مخصوص ظاهری تاثیر زیادی روی تغییرات رطوبت خاک دارد. نتایج نشان داد که مقادیر رطوبت شبیه‌سازی شده تطابق خوبی با مقادیر اندازه‌گیری شده دارد. مقدار خطای مطلق ۱/۸۷ تا ۴/۵۴ درصد در تیمار یک، ۱/۹۰ تا ۳/۱۱ درصد در تیمار دو و

۱- قسمتی از رسالهٔ دکتری در گروه تخصصی آبیاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

*- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان

**- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

***- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

****- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان

*****- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات

تاریخ دریافت مقاله ۸۰/۸/۲، تاریخ دریافت نسخهٔ نهایی ۸۲/۳/۱۰

www.SID.ir

Archive of SID

۳/۹۸ تا ۵/۵۸ درصد در تیمار سه بود. به‌طور کلی، مدل مقادیر رطوبت را بیشتر از واقعیت برآورد کرد.

واژه‌های کلیدی: حرکت آب در خاک، مدل، تنش آبی، شبیه سازی رطوبت، چغندرقند، LEACHM

مقدمه

منابع آب یکی از سرمایه‌های ملی هر کشور است. از طرفی، یکی از منابع محدودکننده افزایش سطح زیر کشت در مناطق خشک و نیمه خشک نیز آب است. در گذشته که نیازهای جوامع بشری به آب در مقایسه با پتانسیل ها کمتر بود، این سرمایه طبیعی کمتر مورد توجه واهمیت قرار می‌گرفت و غالباً منابع آب به حدی بود که هیچ گونه رقابتی در استفاده از آبها ایجاد نمی‌شد و به‌طور کلی آب به عنوان یک کالای رایگان و تمام‌نشدنی محسوب می‌شد. اما با گذشت زمان به لحاظ افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به مواد غذایی، نیاز به آب ابعاد وسیع تری پیدا کرد. این مسئله در مناطق خشک و نیمه خشک حادتر و از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد و مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح برای استفاده بهینه از آب فوق‌العاده ضروری است. اصلاح مدیریت آبیاری و برنامه‌ریزی دقیق برای استفاده بهینه از آب در این مناطق با کاربرد مدل‌های ریاضی قابل انجام می‌باشد، به‌طوری که در دهه‌های اخیر استفاده از مدل‌ها به عنوان ابزاری مدیریتی و تحقیقی روز به روز در حال توسعه است. مدل‌های ریاضی روند حرکت آب در سیستم خاک، گیاه و اتمسفر را به صورت کمی شبیه‌سازی می‌کنند (۱۷).

محققین بسیاری از قبیل وان گنوختن (۱۶) نیومن و همکاران (۱۱)، مولز و رمسون (۱۰) و سلیم و اسکندر (۱٤) روی مدل‌های حرکت آب در خاک و جذب آن توسط گیاه تحقیق کرده‌اند و به نتایج قابل قبولی دست یافته‌اند.

مدل LEACHM[1] توسط هاتسون و وگنت (۵) در سال ۱۹۹۲ ارائه شده است و بعد از آن به عنوان یک مدل قوی توسط افراد دیگر برای شبیه سازی حرکت آب و نمک در خاک مورد استفاده قرار گرفته و تأئید شده است (۵). پاره‌کار (۱۲) از مدل LEACHM برای شبیه‌سازی حرکت آب و نمک در محیط متخلخل استفاده کرد و با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه نمود و به نتایج قابل قبولی دست یافت. راموس و کاربنل (۱۳) در تحقیقی برای پیش‌بینی حرکت آب و نیترات از مدل LEACHM در مزارع کشت شده با گندم آبی استفاده نمودند. نتایج نشان داد در صورتی که روابط بین رطوبت و مکش به درستی انتخاب شوند مدل دقت قابل قبولی دارد. به عبارتی، مدل نسبت به ضرایب

1- Leaching Estimation And Chemistry Model

www.SID.ir

Archive of SID

این روابط حساس می‌باشد. اسمیت و همکاران (۱۵) جریان آب در پروفیل خاک را با کاربرد مدل LEACHM شبیه سازی نمودند . آزمایش در ستون‌هایی از خاک به قطر ۲۰ و طول ۶۵ سانتی متر و در حالت اشباع و نزدیک اشباع بود. برای به دست آوردن ضرایب معادله منحنی رطوبتی خاک از داده‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای استفاده شد. نتایج نشان داد که دقت مدل بستگی زیادی به روش اندازه‌گیری ندارد. حداکثر خطای نسبی ۰/۱، حداکثر ضریب تغییرات ۱۱/۴ و حداقل آن ۹/۳ درصد گزارش شده است. کلمنت و همکاران (۳) با کاربرد سه مدل LEACHM ، SWATRE[1] و SWASIM[2] جریان آب در خاک را در مزارع کشت شده با سویا و چمن بررسی نمودند. هر سه مدل جریان آب را به صورت یک بعدی و با استفاده از حل عددی معادله ریچاردز[3] شبیه‌سازی می‌کنند وتنها تفاوت آنها در روابطی است که میزان تبخیر و تعرق گیاه را برآورد می‌نمایند. نتایج حاصله حکایت از دقت هر سه مدل داشت. مهدیان و گالیچاند (۸ و ۹) بیان داشتند که توزیع آب در پروفیل خاک نتیجه تأثیر متقابل متغیرهای زیادی در رابطه با گیاه، خاک، مواد مغذی و عملیات کشاورزی می‌باشد و در این رابطه مدل‌های رشد ابزار مفیدی برای کمی نمودن این اثرات می‌باشد. آنها رطوبت خاک شبیه‌سازی شده با مدل‌های SWACROP[4] و SUBSTOR[5] را با مقادیر اندازه‌گیری شده در مزارع سیب‌زمینی در کانادا مورد مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که مدل‌ها دقت قابل قبولی دارند. متوسط خطای مدل‌ها بین ۲/۷ تا ۴/۱ درصد و دقت آنها بین ۳/۷ تا ۴/۱ درصد گزارش شده است. واسیلز (۱۷) روندحرکت آب و میزان رطوبت در پروفیل خاک را در مزارع پنبه به روش المان‌های محدود شبیه‌سازی نمود و نتیجه گرفت که در صورت انتخاب درست مقادیر داده‌ها و نیز در دست بودن برخی از ضرایب گیاهی از قبیل شاخص سطح برگ[6] و درصد تاج پوشش[7] مدل نتایج قابل قبولی خواهد داشت و می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مدیریتی و تحقیقی استفاده شود. واسیلز و گویدو (۱۸) با کاربرد یک مدل ریاضی، دینامیک حرکت آب را در یک خاک با ساختمان دست خورده و نخورده بررسی نمودند و در نهایت نتیجه گرفتند که تطابق خوبی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده وجوددارد.

1- Soil Water and Actual Transpiration Rate, Extended

2- Soil Water Simulation Model

3- Richards equation

4- Soil Water Actual Transpiration and Crop Production

5- Simulation of Undeground Bulking Storage Orguns

6- Leaf Area Index

7- Crop Cover

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از مدل‌های ریاضی در بررسی حرکت آب در خاک و مدیریت آبیاری در مزارع روز به روز در حال توسعه و پیشرفت است. در صورت داشتن برخی از ویژگی‌های خاک، می‌توان با این مدل‌ها زمان مناسب آبیاری را تعیین نمود و مدیریت‌های مختلف را در مزرعه پیاده کرد. با در نظر گرفتن این اهداف، کاربرد مدل LEACHM در شرایط رطوبتی مختلف در مزرعه چغندرقند مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مزرعه‌ای

آزمایش‌ها در مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان، ایستگاه طرق واقع در پنج کیلومتری شرق مشهد که دارای عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۴۰ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۹۵۸ متر است در سال ۱۳۷۹ انجام شد. در مزرعه اثرات سه سطح یا رژیم رطوبتی بعد از سبز شدن گیاه بررسی شد. سطوح آبیاری یا رطوبتی عبارت بودند از:

الف- آبیاری بر اساس نیاز کامل گیاه یا تیمار بدون تنش آبی. در این مورد بعد از این که ۵۰ درصد میزان رطوبت قابل دسترس در محیط ریشه تخلیه گردید آبیاری انجام شد. به‌عبارتی مقدار حداکثر تخلیه مجاز برابر با ۵۰ درصد بود (MAD=50%).

ب- آبیاری زمانی که میزان تخلیه مجاز به ۷۰ درصد رسید صورت گرفت (تنش آبی مداوم با MAD=70%).

ج- آبیاری زمانی که میزان تخلیه مجاز به ۹۰ درصد رسید انجام شد (یک بار تنش آبی با MAD=90% و پس از آن بر اساس نیاز کامل گیاه (مانند تیمار یک) تا انتهای فصل رشد آبیاری صورت گرفت.

قبل از کاشت، نمونه‌برداری از لایه‌های خاک برای تعیین وضعیت عناصر غذایی صورت گرفت و مقادیر کمبود ازت، فسفر و پتاسیم و سایر عناصر ریزمغذی بر اساس توصیه کودی به زمین داده شد. در طی دوره رشد اندازه‌گیری رطوبت خاک در فواصل زمانی معین از لایه‌های ۲۰-۰ ، ۴۰-۲۰ ، ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ سانتی‌متری با دستگاه TDR[1] انجام گرفت. در ضمن زمان جوانه‌زنی، سبز شدن، شروع رشد رویشی، رسیدن و برداشت گیاه، درصد پوشش گیاهی و عمق ریشه در مراحل مختلف (برای استفاده در مدل ریاضی به منظور محاسبه میزان تعرق) در طی آزمایش اندازه‌گیری شد. بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری، منحنی مشخصه رطوبتی خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، پیش‌بینی

1- Time Domain Reflectometry

www.SID.ir

Archive of SID

هدایت هیدرولیکی غیر اشباع خاک با استفاده از مدل کمپل، اندازه‌گیری میزان تبخیر از تشتک کلاس A در مزرعه برای تعیین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل، درجه حرارت حداکثر و حداقل و نیز میزان آبیاری و بارندگی از دیگر پارامترهای ورودی مدل بود که اندازه‌گیری و تعیین شد. برای رسم منحنی رطوبتی خاک باید تغییرات مکش آب خاک در مقابل رطوبت موجود باشد. برای نیل به این مقصود، به خاک اشباع مکش‌های مختلفی وارد شد و در این مکش‌ها مقدار رطوبت باقی مانده در داخل خاک اندازه‌گیری گردید. سپس با توجه به این مقادیر، ضرایب معادلات کمپل از طریق برازش در هر لایه به‌دست آمد. برای اعمال مکش از دستگاه صفحه فشاری[1] استفاده شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک

عمق لایه (cm)	بافت خاک	درصد ذرات خاک			وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)	مقدار رطوبت حجمی خاک (درصد)			هدایت هیدرولیکی اشباع (mm/d)	ضرایب معادله کمپل	
		شن	رس	سیلت		اشباع	ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی		a	b
۰-۲۰	سیلتی لوم	۲۸	۱٤	٥۸	۱/٤۱	٤٦/۷۹	۲۷/۹۹	۱۲/۲۰	۳۱۹	-۳/٤۲	٤/٤٤۸
۲۰-٤۰	سیلتی لوم	۲٤	۲۲	٥٤	۱/٥۱	٤۳/۰۲	۲۹/۹۰	۱۲/۷۰	۲٥	-۷/۲۸	٤/٦۱۳
٤۰-٦۰	لوم	۲٦	۲٤	٥۰	۱/٤٥	٤٥/۲۸	۲٦/۹۲	۱۳/۳۰	۱۸٤	-۱/۷٦	٥/۸٤۰
٦۰-۸۰	لوم	۳٦	۱۸	٤٦	۱/٤۲	٤٦/٤۲	۲۳/۷۱	۹/۸۰	۸۱	-۲/۰٦	٤/۲۹۰
۸۰-۱۱۰	شن لومی	۸۰	٥	۱٥	۱/٦۰	۳۹/٦۲	۷/۳٤	۱/٦۰	۱۰۰۰	-۰/۱۷	۳/۱٦۲

توصیف مدل

با ورود آب به سطح خاک از طریق آبیاری یا بارندگی طبقات زیر بلافاصله اشباع نمی‌شوند، بلکه آب در پروفیل خاک اغلب به صورت غیر اشباع حرکت می‌کند. می‌توان گفت که حرکت در حالت غیراشباع متداول‌ترین نوع حرکت آب در خاک است که بیشتر تحت اثر پتانسیل ماتریک[2] یا پتانسیل موئینگی صورت می‌گیرد. معادله عمومی جریان در حالت غیر اشباع، از ترکیب معادله دارسی[3] و معادله پیوستگی[4] به‌وجود می‌آید و به صورت زیر بیان می‌گردد (۱۲):

1- Pressure Plate

2- Matrics Potential

3- Darcy equation

4- Continuity equation

www.SID.ir

Archive of SID

$$C_h \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(k \frac{\partial h}{\partial z}\right) - S_w \qquad (۱)$$

در این معادله:

h = ارتفاع آب (L)

k = هدایت هیدرولیکی (L/T)

C_h = ظرفیت رطوبت ویژه ($1/L^3$)

S_w = پارامتر مربوط به جذب آب توسط ریشه گیاه ($L^3/L^3/T$)

z = عمق پروفیل خاک (L)

t = زمان (T)

اغلب مدل‌های ریاضی حرکت آب در محیط غیر اشباع، از معادله (۱) برای تجزیه و تحلیل استفاده می‌کنند. ولی مشکل اساسی این مدل‌ها تعیین رابطه بین هدایت هیدرولیکی غیر اشباع، رطوبت خاک و پتانسیل ماتریک می‌باشد (۱۲).

در مدل LEACHM برای تعیین رابطه بین رطوبت و ارتفاع آب از رابطه کمپل (۲) که توسط هاتسون و کاس (٤) تعدیل شده به صورت زیر استفاده گردیده است.

$$h = a\left(\theta / \theta_s\right)^{-b}, h < h_c \qquad (۲)$$

$$h = \frac{a\left(1-\theta/\theta_s\right)^{0.5}\left(\theta_c/\theta_s\right)^{-b}}{\left(1-\theta_c/\theta_s\right)}, h > h_c > 0 \qquad (۳)$$

$$\theta_c = \frac{2b\theta_s}{1+2b} \qquad (۴)$$

$$h_c = a\left(\frac{2b}{1+2b}\right)^{-b} \qquad (۵)$$

در این روابط:

θ_s = ظرفیت حجمی رطوبت در حالت اشباع

a,b = ضرایب معادله که از برازش داده‌ها بدست می‌آیند.

رابطه بین هدایت هیدرولیکی غیر اشباع و رطوبت نیز به‌صورت زیر است:

$$k(\theta) = k_s\left(\theta / \theta_s\right)^{2b+2+p} \qquad (۶)$$

k_s = هدایت هیدرولیکی اشباع (L/T)

k = هدایت هیدرولیکی غیر اشباع (L/T)

p = اثر منافذ

www.SID.ir

Archive of SID

آنالیز حساسیت مدل

آنالیز حساسیت[1] مدل تکنیکی است که برای ارزیابی و واسنجی[2] مدل استفاده می‌شود. با این تکنیک می‌توان تأثیرپذیری مدل و شرایط واقعی را از داده‌های ورودی مورد بررسی قرارداد. اگر با تغییر کمی در یک پارامتر ،مقدار متغیر وابسته به آن (در اینجا رطوبت حجمی) تغییر کمی را نشان دهد می‌توان این‌طور استنباط کرد که این پارامتر تأثیر ناچیزی روی نتایج دارد و بدون خطای قابل ملاحظه‌ای آن پارامتر را می‌توان اندازه‌گیری کرد و یا تخمین زد. بر عکس، در صورت تأثیرپذیری زیاد متغیر از پارامتر، آن پارامتر را باید با دقت بیشتری اندازه‌گیری یا پیش‌بینی نمود. در غیر این صورت باید خطای فاحشی را قبول نمود.

به‌علت آن که مدل LEACHM به داده‌های ورودی زیادی نیاز دارد (جدول ۲)، آنالیز حساسیت روی این داده‌ها انجام شد. روش استفاده برای این آنالیز، روشی است که توسط لن و فری‌را (٦) ارائه شده است. در این روش از رابطه (۷) برای آنالیز استفاده می‌شود.

$$D_{max}=\left|\frac{P_m - P_b}{P_b}\right| * 100 \qquad (۷)$$

در رابطه فوق:

D_{max} = اختلاف مطلق ماکزیمم[3]

P_m = مقدار برآورد رطوبت بر اساس داده ورودی تعدیل شده[4]

P_b = مقدار برآورد رطوبت بر اساس داده ورودی پایه[5]

بر اساس مقدار D_{max}، شاخص حساسیت[6] به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$SI = 0$, $D_{max} = 0$ غیر حساس

$SI = 1$, $0 < D_{max} <= 10$ کمی حساس

$SI = 2$, $10 < D_{max} <= 50$ حساس

$SI = 3$, $50 < D_{max}$ خیلی حساس

1- Sensitiviry

2- Calibration

3- Maximum Absolute Difference

4- Modified Value

5- Basue Value

6- Sensivitiy Index

www.SID.ir

Archive of SID

معیارهای ارزیابی نتایج

برای ارزیابی نتایج از پارامترهای آماری زیر استفاده شده است (۷):

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)}{n} \quad (۸)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|P_i - O_i|}{n} \quad (۹)$$

$$RE=(MBE/\bar{O})*100 \quad (۱۰)$$

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2} \quad (۱۱)$$

در این روابط:

P_i = مقدار رطوبت برآورد شده (درصد)

O_i = مقدار رطوبت اندازه‌گیری شده (درصد)

$\bar{O}$ = میانگین مقدار اندازه‌گیری شده (درصد)

n = تعداد نقاط

MBE = خطای متوسط[۱]

MAE = خطای مطلق[۲]

RE = خطای نسبی[۳]

EF = کارائی مدل[۴]

مقادیر خطای متوسط، مطلق و نسبی درحالت بهینه یا حالتی که مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری‌شده مساوی باشند برابر با صفر و مقدار کارایی یا راندمان مدل در این حالت برابر با یک می‌باشد.

خطای متوسط شاخصی از مقایسه با مقادیر پایه است به‌طوری که مقدار نزدیک به صفر آن بیان کننده آن است که متوسط مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده مشابه است. در ضمن علامت مثبت آن نشان‌دهنده این است که مدل مقادیر را بیشتر تخمین می‌زند و علامت منفی نشان‌دهنده آن است

1- Mean Bias Error

2- Mean Absolute Error

3- Ralative Error

4- Modeling Efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

که مدل مقادیر را کمتر پیش‌بینی می‌کند. مقدار MAE بیشتر بیان کننده دقت مدل است که با افزایش آن دقت مدل کم و با کاهش آن دقت مدل افزایش می‌یابد. مقدار EF نیز نشان دهنده خوبی برازش داده‌ها می‌باشد و از منفی بی‌نهایت در بدترین حالت تا یک در زمان برازش کامل داده‌ها تغییر می‌کند.

جدول ۲- داده‌های ورودی مدل و تعریف آنها

پارامتر	تعریف پارامتر	واحد
خاک		
h_f	مکش اولیه خاک	کیلو پاسکال
AEVA	ضریب a در معادله کمپل	کیلو پاسکال
BCAM	ضریب b در معادله کمپل	کیلو پاسکال
K_s	هدایت هیدرولیکی اشباع	میلی‌متر بر روز
B_d	وزن مخصوص ظاهری	گرم بر سانتی‌متر مکعب
CLAY	رس	درصد
SILT	سیلت	درصد
SAND	شن	درصد
OC	کربن آلی	درصد
اقلیم		
ET_a	تبخیر از تشتک کلاس A	میلی‌متر
K_a	ضریب تشتک تبخیر	بی‌بعد
T_{min}	درجه حرارت حداقل روزانه	سانتی‌گراد
T_{max}	درجه حرارت حداکثر روزانه	سانتی‌گراد
T_{mean}	درجه حرارت متوسط روزانه	سانتی‌گراد
گیاه		
Crop Cover	درصد پوشش گیاه	درصد
ET_{crop}/ET_p	نسبت تبخیر و تعرق واقعی به پتانسیل	نسبت
G_d	زمان جوانه زنی	روز از آغاز فصل
E_d	زمان شروع رشد رویشی	روز از آغاز فصل
M_d	زمان رسیدن گیاه	روز از آغاز فصل
H_d	زمان برداشت گیاه	روز از آغاز فصل

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

آنالیز حساسیت مدل

مقادیر اختلاف مطلق (D_{max}) و شاخص حساسیت برای برخی از داده‌های ورودی و مقدار رطوبت به‌عنوان داده خروجی در هر لایه در جدول ۳ ارائه شده‌است. ملاحظه می‌گردد که مقدار رطوبت نسبت به وزن مخصوص ظاهری فوق‌العاده حساس، نسبت به درصد پوشش و ضریب b در معادله کمپل حساس و نسبت به بقیه داده‌ها غیرحساس می‌باشد. به عنوان نمونه در شکل ۱ روند تغییرات رطوبت نسبت به زمان نشان داده شده است.

جدول ۳ – خلاصه‌ای از آنالیز حساسیت مدل نسبت به داده‌های ورودی

پارامتر ورودی	عمق لایه خاک (سانتی‌متر)							
	۰–۲۰		۲۰–۴۰		۴۰–۶۰		۶۰–۸۰	
	D_{max}	SI	D_{max}	SI	D_{max}	SI	D_{max}	SI
وزن مخصوص ظاهری	۶۱	۳	۶۸	۳	۵۶	۳	۵۱	۳
هدایت هیدرولیکی اشباع	۳	۱	۳	۱	۴	۱	۵	۱
ضریب a در معادله کمپل	۲	۱	۲	۱	۳	۱	۶	۱
ضریب b در معادله کمپل	۲۵	۲	۱۳	۲	۲۶	۲	۳۳	۲
درصد پوشش گیاه	۱۲	۲	۱۳	۲	۱۱	۲	۱۶	۲
نسبت تبخیر و تعرق واقعی به پتانسیل	۳	۱	۳	۱	۳	۱	۴	۱
روز جوانه‌زنی	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱
شروع رشد رویشی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱
شروع رسیدن گیاه	۵	۱	۵	۱	۴	۱	۷	۱
روز برداشت گیاه	۸	۱	۹	۱	۹	۱	۱۴	۲

مقایسه مقادیر رطوبت برآورد شده و اندازه‌گیری شده

مقایسه کمی

نتایج مقایسه بین مقادیر رطوبت برآورد شده و اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف در جدول ۴ ارائه شده‌است. اکنون به بررسی این نتایج در هر تیمار می‌پردازیم.

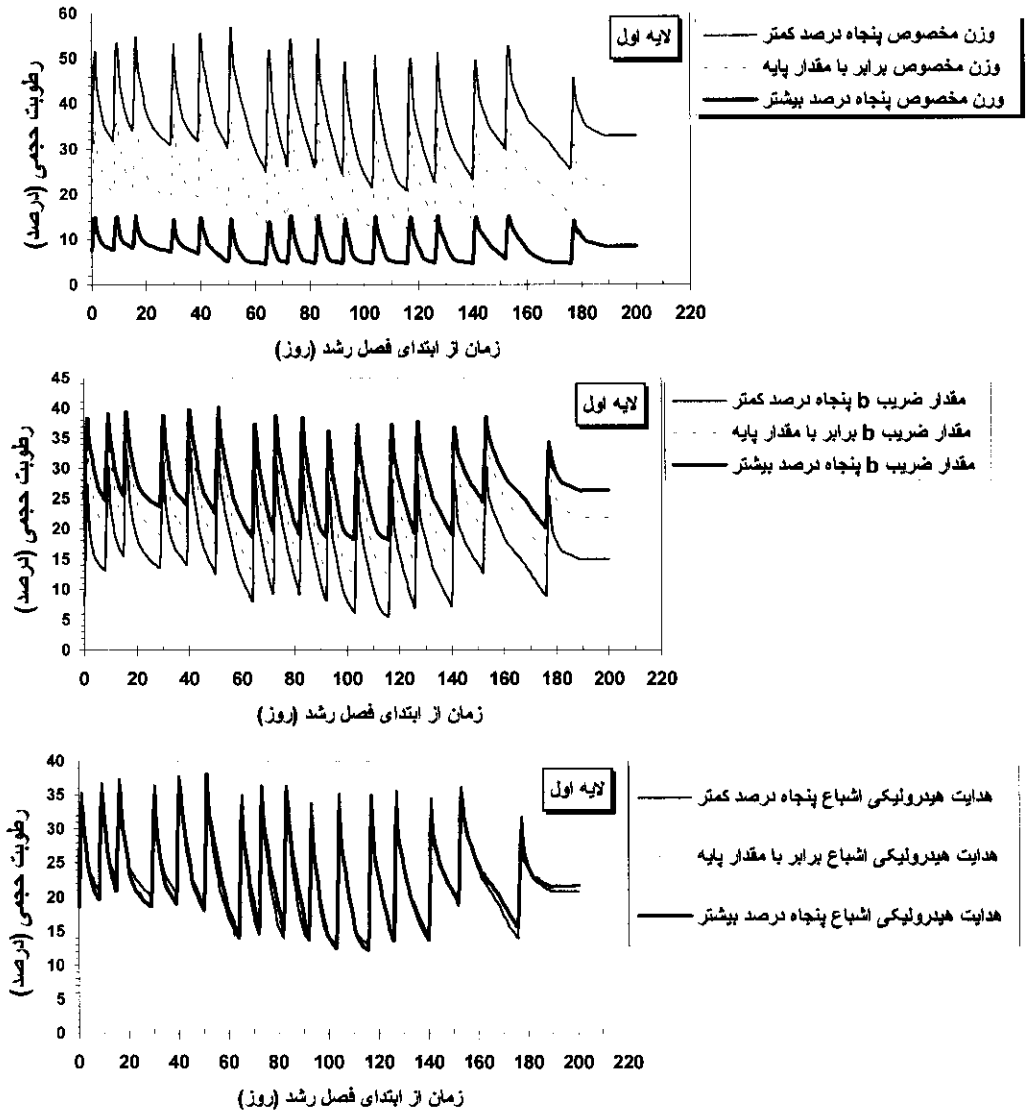
تیمار بدون تنش آبی

با توجه به جدول ۴ ملاحظه می‌گردد که مقدار خطای متوسط (MBE) از ۱/۳۱ در لایه سوم (۶۰–۴۰) تا ۳/۵۸ در لایه دوم (۴۰–۲۰) متغیر می‌باشد و با توجه به علامت مثبت آن نشان‌دهنده آن است که مدل مقادیر را بیشتر برآورد می‌کند. مقدار خطای مطلق (MAE) نیز که نشان‌دهنده دقت مدل

www.SID.ir

Archive of SID

است از ۱/۸۷ در عمق ۶۰-۴۰ تا ۴/۵۴ درصد در عمق ۲۰-۰ تغییر می‌کند. هم‌چنین مقدار خطای نسبی (RE) نیز از ۵/۳۵ درصد در لایه سوم تا ۱۵/۹۶ درصد در لایه اول متغیر می‌باشد.



شکل ۱- آنالیز حساسیت مدل نسبت به وزن مخصوص ظاهری، ضریب b در معادله کمپل و هدایت هیدرولیکی اشباع در لایه اول خاک

www.SID.ir

Archive of SID

تیمار تنش آبی مداوم

در این تیمار نیز مقادیر پارامترهای آماری درجدول ۴ ارائه شده است. ملاحظه می‌گردد که با توجه به علامت مثبت MBE مدل همانند تیمار یک مقادیر را بیشتر از واقعیت تخمین می‌زند. ولی در کل با توجه به مقادیر کم MBE وMAE مدل در این تیمار نیز از دقت قابل قبولی برخوردار است. مقدار خطای نسبی از ۱/۹۰ درصد در عمق ۲۰-۰ تا ۹/۳۷ درصد در عمق

جدول ٤- مقادیر پارامترهای آماری در تیمارها و لایه‌های مختلف خاک

تیمار و عمق(سانتی متر)	MBE (%)	MAE (%)	RE (%)	EF
تیمار بدون تنش				
۲۰-۰	۳/۳۱	٤/٥٤	۱٥/۹٦	-۲/۱۲
٤۰-۲۰	۳/٥۸	٤/۰٦	۱٤/٦۰	-۱/۷٤
٦۰-٤۰	۱/۳۱	۱/۸۷	٥/۳٥	۰/۱۷
۸۰-٦۰	۳/۱۹	۳/۱۹	۱٥/۸۱	-۱/۰۲
تیمار تنش مداوم				
۲۰-۰	-۰/۳۳	۲/۹۸	۱/۹۰	-۰/٥۰
٤۰-۲۰	۰/۹٤	۳/۱۱	٤/٤۸	۰/۰۱
٦۰-٤۰	۱/۲۲	۱/۹۰	٥/۸٤	۰/٥۷
۸۰-٦۰	۱/۷٥	۲/۲٤	۹/۳۷	-۰/۰٤
تیمار یک بار تنش				
۲۰-۰	۳/٦۲	٤/٤۹	۲۰/۲۷	-۱/۸٤
٤۰-۲۰	٥/۲۸	٥/٥۸	۲٥/۸۷	-۲/٥٤
٦۰-٤۰	٤/۰٦	٤/۲۱	۱۹/۸۷	-۱/۳۳
۸۰-٦۰	۳/۹۸	۳/۹۸	۲۱/٦۷	-۱/٤۷

www.SID.ir

Archive of SID

۸۰-۶۰ تغییر می کند.

تیمار یک بار تنش آبی

در این مورد مدل نسبت به بقیه تیمارها از دقت کمتری برخوردار است. مقدار خطای متوسط از ۳/۶۲ در لایه اول تا ۵/۲۸ در لایه دوم تغییر می کند و در ضمن با توجه به علامت مثبت آن مدل در تمام لایه ها رطوبت را بیشتر برآورد می کند. مقدار متوسط خطای مطلق و نسبی که بیشتر نشان‌دهنده دقت مدل‌اند به ترتیب برابر با ۴/۵۷ و ۲۱/۹۲ درصد تغییر می کنند.

در تحقیقات کلمنت و همکاران (۱۹۹۴) مقدار خطای متوسط توسط مدل LEACHM بین ۳/۹۴- تا ۳/۲۵+ ، مقدار خطای نسبی بین ۲۹/۵- تا ۷/۵۴+ درصد و مقدار ضریب تغییرات بین ۵/۲۵ تا ۳۲/۰۰ درصد گزارش شده است و با این وجود از این مدل به‌عنوان یک مدل قابل قبول یاد شده‌است. در تحقیق انجام شده توسط اسمیت و همکاران (۱۹۹۵) که مدل LEACHM را انتخاب نموده‌اند نیز مقدار خطای نسبی بین ۴/۱- تا ۱۶/۵، مقدار انحراف معیار بین ۰۱/. تا ۱۰/۱ و مقدار ضریب تغییرات بین ۲/۳ تا ۲۰/۵ درصد گزارش شده‌است. مهدیان و گالیچاند (۱۹۹۵ و ۱۹۹۶)) بیان داشتند که مدل‌های ریاضی ابزار مفیدی برای مدیریت آبیاری در مزارع می‌باشد که بعد از ارزیابی می‌توان از آنها استفاده نمود. واسیلز (۱۹۹۷) با حل یک بعدی جریان آب در خاک توسط روش عددی المان‌های محدود نتیجه گرفت که با استفاده از مدل های ریاضی در مزارع می‌توان مدیریت آبیاری جهت بهینه‌نمودن مصرف آب را به خوبی انجام داد. تحقیقات سایر محققین نیز حاکی از مفید بودن کاربرد این مدل‌ها در زمینه‌های آبی می‌باشد (۵، ۱۰، ۱۲ و ۱۶).

مقایسه کیفی

مقایسه نتایج مقادیر به صورت ترسیمی یا کیفی در شکل‌های ۲ تا ۴ ارائه شده است.

تیمار بدون تنش آبی

در این تیمار با توجه به شکل ۲ ملاحظه می گردد که مدل در سه لایه اول (۶۰-۰) تقریباً با یک روند مشابه مقدار رطوبت را برآورد می کند ولی در لایه چهارم مدل به‌جز در فاصله زمانی ۸۰ تا ۱۶۰ روز از آغاز فصل رشد که مقادیر را با دقت قابل قبولی تخمین می‌زند در باقی فصل مقادیر را کمتر برآورد می کند.

www.SID.ir

Archive of SID

تیمار تنش آبی مداوم

در این تیمار، مدل مقادیر را در دو لایه اول (۴۰-۰) تقریباً خوب پیش بینی می‌کند ولی در لایه سوم (۶۰-۴۰) مدل مقادیر رطوبت را تا ۷۵ روز از ابتدای رشد بیشتر از حد مورد انتظار پیش‌بینی می‌کند. در لایه چهارم نیز مدل تا ۸۰ روز از آغاز فصل مقادیر را خیلی بیشتر تخمین می‌زند ولی بعد از آن تقریباً دقت خوبی دارد (شکل ۳).

تیمار یک بار تنش آبی

در این مورد مدل در لایه‌های اول و دوم در فاصله زمانی اعمال تنش آبی (۱۶ روز بعد از کاشت تا ۶۵ روز از ابتدای فصل) مقادیر را بیشتر برآورد می‌کند ولی در بقیه زمان‌ها از دقت قابل قبولی برخوردار است. در لایه سوم و چهارم (۸۰-۴۰) مدل از دقت کافی برخوردار نیست به‌طوری که از شروع تنش تا آخر فصل رشد مقادیر را بیشتر تخمین می‌رند و این عدم دقت در لایه چهارم بیشتر است (شکل ۴).

نتیجه‌گیری

رطوبت پروفیل خاک در ناحیه ریشه با استفاده از مدل LEACHM و داده‌های مزرعه‌ای جمع‌آوری شده در سال ۱۳۷۹ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه طرق مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. به‌طور کلی نتایج زیر حاصل گردید.

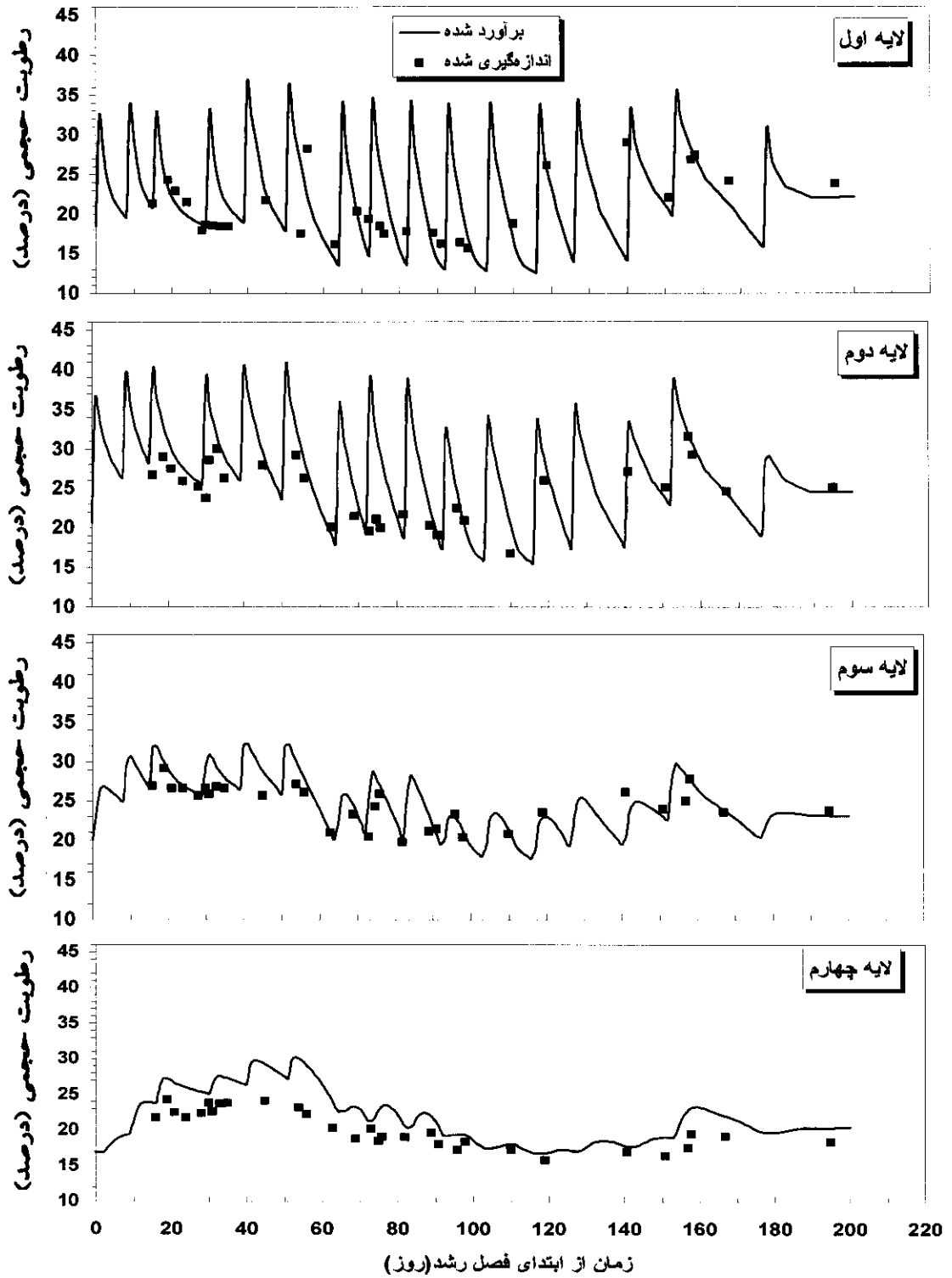
۱- آنالیز حساسیت نشان داد که مدل نسبت به وزن مخصوص ظاهری که بیان کننده تراکم و میزان گنجایش نگهداری آب در خاک می‌باشد فوق‌العاده حساس است. با افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، مقدار رطوبت در آن به شدت کاهش می‌یابد که این به علت کاهش مقدارتخلخل مؤثر می‌باشد. مدل نسبت به ضریب b در معادله کمپل و درصد پوشش گیاهی حساس ولی نسبت به بقیه ضرایب و داده‌های ورودی غیر حساس می‌باشد.

۲- مقادیر رطوبت خاک شبیه‌سازی شده در عمق توسعه ریشه با مقادیر اندازه‌گیری شده در مزرعه تطابق خوبی دارند به‌طوری که مقدار خطای مطلق بین ۱/۸۷ تا ۵/۵۸ تغییر می‌کند. دقت مدل با نتایج سایرمحققین مطابقت خوبی دارد.

۳- در کل، مدل برای حالت بدون تنش آبی نتایج بهتری می‌دهد، هر چند در بقیه حالت‌ها نیز نتایج خوب است.

www.SID.ir

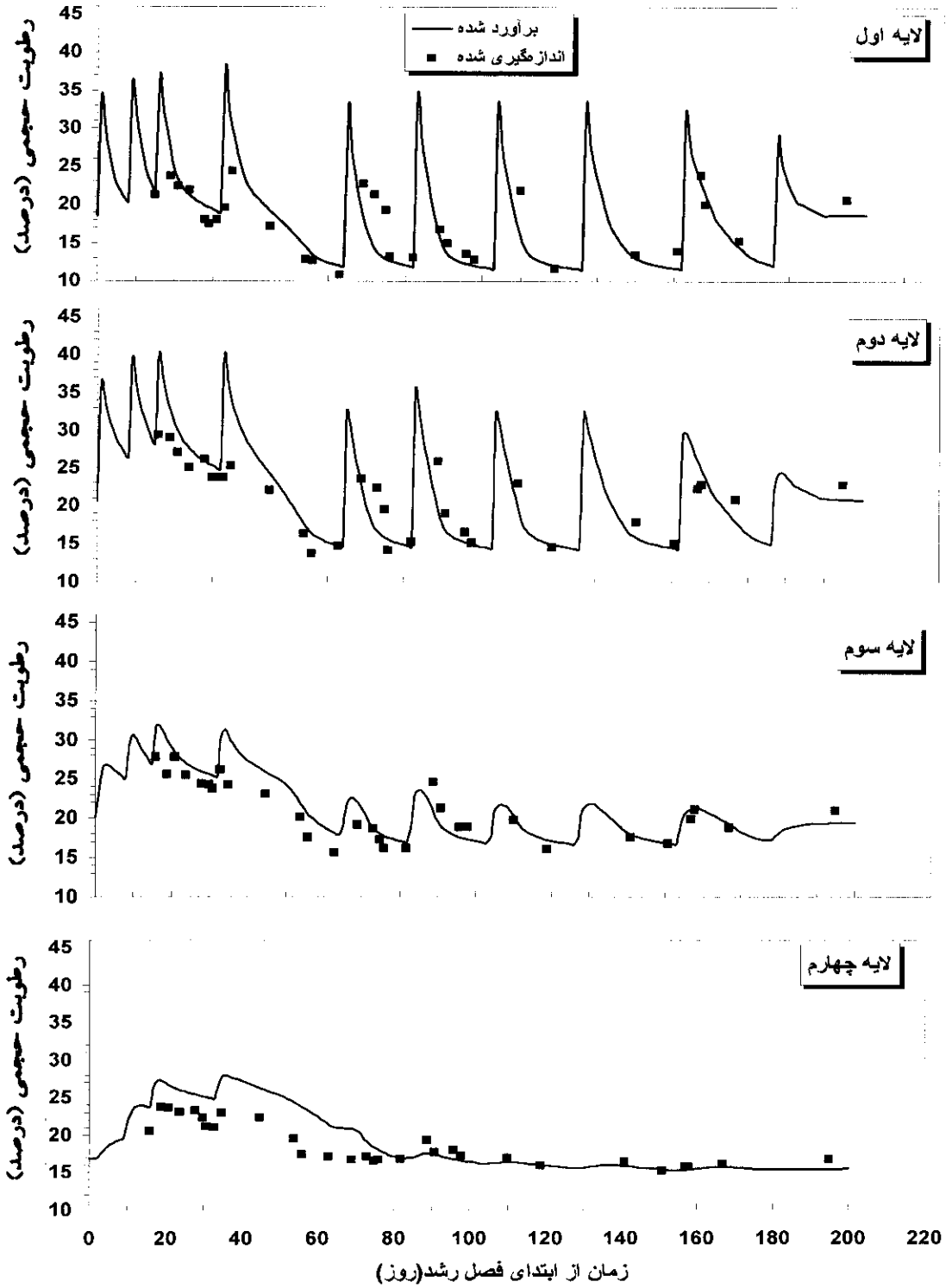
Archive of SID



شکل ۲- مقایسه مقادیر رطوبت برآورد شده و اندازه‌گیری شده در تیمار بدون تنش آبی

www.SID.ir

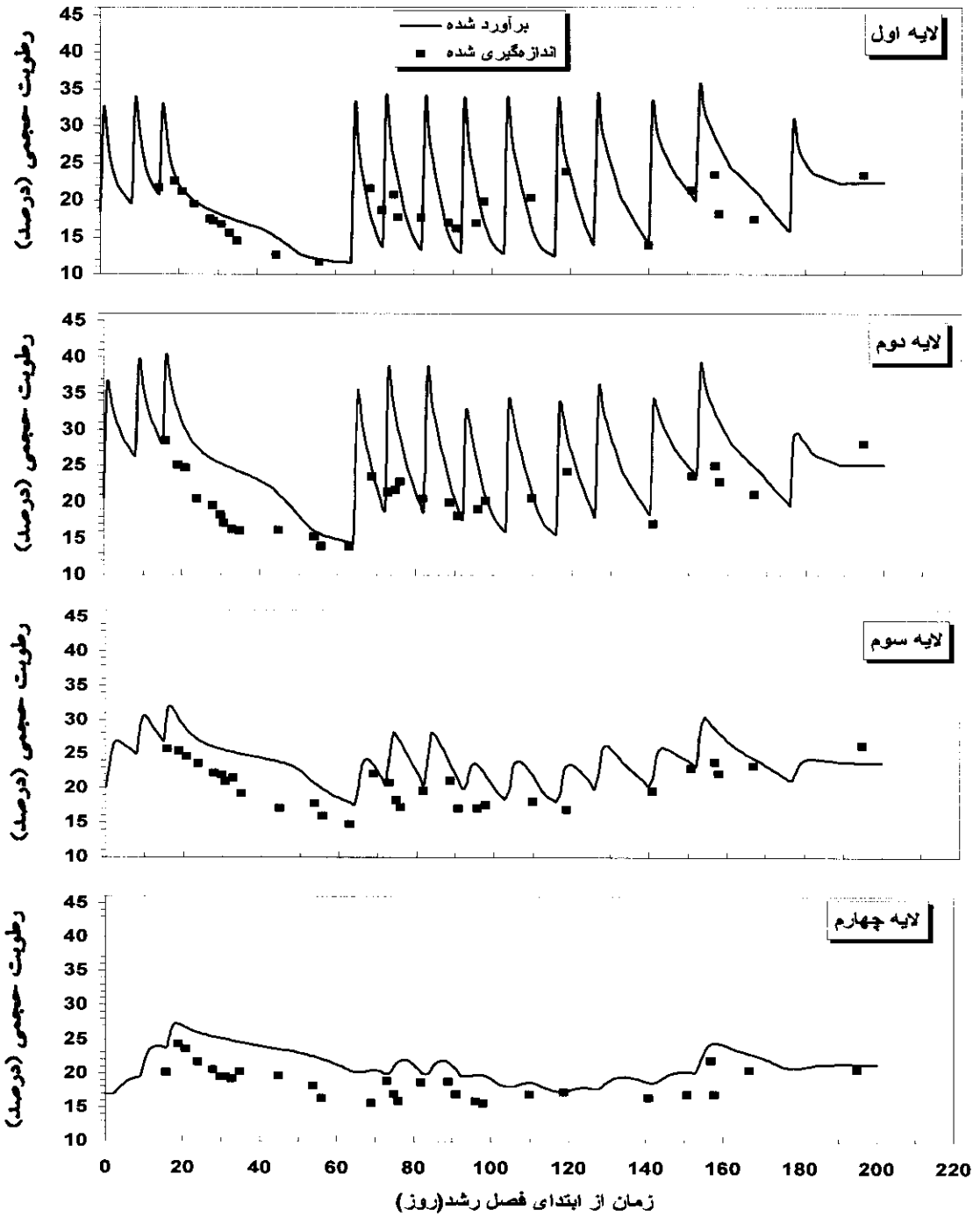
Archive of SID



شکل ۳- مقایسه مقادیر رطوبت برآورد شده و اندازه‌گیری شده در تیمار تنش آبی مداوم

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- مقایسه مقادیر رطوبت برآورد شده و اندازه‌گیری شده در تیمار یک بار تنش آبی

www.SID.ir

Archive of SID

منابع و مآخذ

۱- خیرابی، جمشید، علی‌رضا توکلی، محمدرضا انتصاری و علی‌رضا سلامت. ۱۳۷۵. دستورالعمل‌های کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی، سازمان چاپ رشدیه.

2- Campbell, G. 1974. A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. Soil. Sci. 117: 311-314.

3- Clemente, R. S., R. De Jong, H. N. Hayhoe., W. D. Reynolds., and M. Hares. 1994. Testing and comparsion of three unsaturated soil water flow models. Agricultural Water Management. 25: 135-152.

4- Hutson, J. L., and Cass. A. 1987. A retentivity function for use in soil- water simulation models. J. Soil. Sci. 38: 105-113.

5- Hutson, J.L., and R.J. Wagent. 1992. LEACHM. Leaching Estimation and Chemistry Model: A process based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in unsaturated zone. Version 3. Dept. of Agronomy, Cornell University, Ithaca, NY.

6- Lane, J. W., and V. A. Ferrira. 1990. Sensitivity analysis. In CREAMS, A Filed Scale Model for Chemical, Runoff and Erosion from Agricultural Management System, ed. W. G. Knisel, 113-158. Vol. A. Model Documentation. USDA Conservation Res. Report Np. 26. Washington, D. C.: GPO.

7- Loague, K., and Green, R. E. 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: Overview and application. Validation of Flow and Transport models for the unsaturated Zone. Wierenga, P. j., Guest Editoe, J. Contam. Hydrol., 7, 51-73.

8- Mahdian, M. H., and J. Gallichand. 1995. Validation of SUBSTOR Model for Simulation soil water content. Trans. ASAE. 38(2): 513-520.

9- Mahdian, M. h., and J. Gallichand. 1996. Modeling soil water content and pressure head with SWACROP in potato fields. Canadian Agricultural Engineering. 38(1): 1-11.

10- Molz, I. J., and Remson, I. 1970. Extractoin term models of soil moisture use by transpring plant. Water Resour. Res. 6. 1346-1356.

11- Neuman, S. P., Feddes. R. A., and Bresler, E. 1974. Finite element simulation. of flow in saturated- unsaturated soils considering water uptake by plants. Israel. Inst. of Tech., Hydrodyn. & Hydraul. Engrg. Lab., Haifa, Israel.

12- Parehkar, M. 1998. Recharge processes under Arid semi-Arid Areas. (Laboratory experiment and modeling).Phd Thesis, Cranfield Uni. Silsoe Collage.

www.SID.ir

Archive of SID

13- Ramos, C., and E. A. Carbonell. 1991. Nitrate leaching and soil moisture predection with the LEACHM– Model. Fertilizer Research. 27: 180-199.

14- Selim, H. M., and Iskandar, I. K. 1981. Modeling nitrogen transport and transformations in soils. I. Theoretical considerations and II. Validation. Soil Science. 131: 233-241.

15- Smith, W. N., W. D. Reynolds, R. S. Clemente., and E. Topp. 1995. Water flow through Intact soil columns: Measurement and Simulation Using LEACHM. J. Environ. Qual. 24: 874-881.

16- Van Genuchten, M. T. 1982. A comparison of numerical solutions of the one dimensional unsaturated- saturated flow and mass transport equations. Adv. in Water Resour. 5: 47-55.

17- Vassils, Z. A. 1997. Simulation of soil moisture dynamics on irrigated cotton in semi-arid climates. Agricultural Water Management.34: 233-246.

18- Vassils, Z. A., and C. L. Guido. 1998. Modeling of water and nitrogen dynamics on an undisturbed soil and a restored soil after open – cast mining. Agricultural Water Management. 37: 21-40.

www.SID.ir