Archive of SID

مجله زراعت و اصلاح نباتات
جلد۵، شماره۲، تابستان ۱۳۸۸
صفحات ۶۰- ۴۵

شبیه‌سازی رطوبت خاک و رشد گیاه برنج در مدیریت‌های آبیاری

Simulation soil water content and growth rice under irrigation management

ابراهیم امیری[۱]

چکیده:

برای واسنجی و اعتبار یابی مدل SWAP، تحقیقی در مزرعه تحقیقاتی واقع در موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ٤ نوع مدیریت آبیاری به عنوان تیمار، در سه تکرارطی سال زراعی۱۳۸٤ بر روی رقم هاشمی اجرا گردید. مدیریت‌ها شامل غرقاب دایم، آبیاری پس از ۱، ۳ و ۵ روز محو شدن آب از سطح زمین بود. مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده عملکرد، بیوماس کل، بیوماس پانیکول، شاخص سطح برگ و رطوبت در اعماق مختلف خاک، با استفاده از پارامتر های ریشه میانگین مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده مورد ارزیابی قرار گرفت. به طور متوسط مقادیر ریشه میانگین مربعات خطای مدل عملکرد ۲۱۰ کیلوگرم بر هکتار، بیوماس کل در محدوده ۵۰۱- ۷۳٦ کیلوگرم بر هکتار، برای بیوماس پانیکول ۱٤۸- ۳٦٤ کیلوگرم بر هکتار و برای شاخص سطح برگ ۰/٤۷-۰/٦۲ بود. همچنین ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده عملکرد ۵ درصد، بیوماس کل در محدوده ۱۳- ۲۱ درصد، بیوماس پانیکول ٦-۱۸ درصد و برای شاخص سطح برگ ۵۵-۹۳ درصد تعیین گردید. مدل SWAP مقدار شاخص سطح برگ را در این مطالعه بیشتر از مقداراندازه گیری شده آن شبیه سازی نمود. برای شبیه سازی جریان آب در خاک به وسیله مدل SWAP از حل عددی معادله ریچاردز استفاده می شود. ریشه میانگین مربعات خطای رطوبت در لایه های خاک ۰/۰۱٦-۰/۰٦۲ و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ۳-٦ درصد تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: برنج، مدلSWAP، شبیه‌سازی، جریان آب، بیوماس.

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، پست الکترونیکی: eamiri57@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

توصیف فرآیندهای فیزیولوژیک و هیدرولوژیکی به وسیله معادلات ریاضی اجازه می دهد تا پیامدهای بیوفیزیکی تغییرات محیطی قابل اندازه‌گیری باشد، این امر منجر به ایجاد مدل های شبیه‌سازی رایانه‌ای گردید. مدل‌های شبیه‌سازی علاوه برکاربرد به عنوان ابزارهای تجزیه وتحلیل سیستم ها، اغلب به عنوان ابزارهای موثر برای کمک به تصمیم گیری مطرح شده اند. فدس و همکاران (۱۹۷۸) برای شبیه سازی جریان آب در خاکهایی با لایه های مختلف، مدل آگرو هیدرولوژیکی SWATR را توسعه داد، که توسط بلمنس و همکاران (۱۹۸۳) برای شرایط مرزی، کابات و همکاران (۱۹۹۲) برای رشد گیاه، فان دن بروک و همکاران (۱۹۹۵) برای انتقال املاح و فان دام و همکاران (۱۹۹۷) برای جریان آب، املاح، گرما و بیوماس گیاهی توسعه داده شد. درمدلSWAP ازمعادله ریچاردز برای شبیه‌سازی جریان آب خاک استفاده می شود:

(۱)

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = C(h)\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial [k(h)(\frac{\partial h}{\partial z} + 1)]}{\partial z} - S(h)$$

در این معادله، θ مقدار حجمی آب خاک (cm^3cm^{-3})، t زمان (day)، k هدایت هیدرولیکی (cmd^{-1})، h پتانسیل آب خاک (cm)، z محور عمودی که جهت مثبت آن رو به بالاست، C ظرفیت (گنجایش) نگهداری آب (cm^{-1}) و S میزان استخراج آب از خاک توسط ریشه گیاهان $(cm^3cm^{-3}d^{-1})$ می باشد. مدل SWAP معادله (۱) را به صورت عددی برای شرایط اولیه و شرایط مرزی خاصی و همچنین رابطه‌های معلوم بین θ ، h و k حل می کند. به طور کلی رابطه‌های بین مقدار آب خاک (θ)، پتانسیل فشاری (h) و هدایت هیدرولیکی(k) در تابع نگهداشت $\theta(h)$ و تابع هدایت هیدرولیکی غیراشباع $k(\theta)$ خلاصه می شود. لازم است این توابع هیدرولیکی برای هر لایه خاک بدست آید و می توان با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی و مزرعه ای، توابع هیدرولیکی خاک را اندازه گیری نمود. این روشها موسوم به روش‌های اندازه گیری مستقیم هستند. به دلیل داشتن هزینه و زمان بر بودن روش-های مستقیم، می توان ازروش‌های غیرمستقیم یا معکوس نیز برای تعیین توابع هیدرولیک خاک استفاده نمود. در روش‌های غیرمستقیم یا معکوس، توابع هیدرولیکی خاک از داده‌های خاکهایی که قبلا به دست آمده اند، محاسبه می گردد (ون گنوختن و لیج، ۱۹۹۲). توابع تحلیلی امکان واسنجی و برآورد توابع هیدرولیکی خاک را توسط مدل سازی معکوس، مجاز می سازد. بروکس و کوری (۱۹٦٤) یک تابع تحلیلی نگهداشت آب خاک پیشنهاد کرده‌اند که چندین سال مورد استفاده قرار گرفت، موالم (۱۹۷٦) تابع هدایت هیدرولیکی غیراشباع را براساس تابع نگهداشت به دست آورد. ون گنوختن(۱۹۸۰) تابع تغییر پذیرتر نگهداشت آب خاک (که نسبت به رابطه بروکس و کوری تغییرپذیرتر است) را ارائه داد و آن را برای به دست آوردن تابع هدایت هیدرولیکی غیراشباع با تابع تحلیلی معلم ترکیب نمود که در مدل SWAP نیز مورد استفاده قرار گرفت. تابع تحلیلی که توسط ون گنوختن پیشنهاد شده به شرح زیر می باشد:

$$\theta = \theta_{res} + \frac{\theta_{sat} - \theta_{res}}{(1+|ah|^n)^{1-\frac{1}{n}}} \quad (۲)$$

که در این معادله، θ_{sat} مقدار رطوبت اشباع (cm^3cm^{-3})، θ_{res} مقدار آب باقیمانده در حالت بسیار خشک (cm^3cm^{-3}) و $\alpha(cm^{-1})$ و n(-)

www.SID.ir

Archive of SID

(ضریب تجربی شکل هستند. با استفاده از معادله (۱) و با به کارگیری هدایت هیدرولیک غیراشباع معادله معلم، تابع $k(\theta)$ زیر حاصل می شود:

(۳)

$$K = K_{sat} S_e^{\lambda} [1 - (1 - (\frac{\theta - \theta_{res}}{\theta_{sat} - \theta_{res}})^{n/n-1})^{(n-1)/n}]^2$$

که در این معادله، K_{sat} هدایت هیدرولیکی اشباع (cmd^{-1})، λ پارامتر شکل (-) است. ون گنوختن و همکاران (۱۹۹۱) برنامه RETC را جهت برآورد نمودن مقادیر پارامتر این مدل ، توسعه دادند.

در مدل SWAP برای شبیه‌سازی رشد گیاهی از مدل WOFOST استفاده می شود، در WOFOST رشد محصولات براساس فرایند های اکو-فیزیولوژیکی شبیه‌سازی می شود. فرایند های اصلی شامل توسعه فنولوژیکی(که برای معرفی توسعه فنولوژیکی در مدل از پارامتر DVS استفاده می شود که برای روزهای انتقال (نشا)، گلدهی و برداشت به ترتیب ارزش ۰، ۱ و۲ در نظر می گیرد)، جذب دی اکسید کربن، تعرق، تنفس، تجزیه وتوزیع میزان ماده خشک بین اندام های مختلف بر اساس مرحله نمو صورت می گیرد. رشد در حالت پتانسیل و محدودیت آبی به صورت دینامیکی با گام زمانی یک روزه شبیه‌سازی می شوند (بوگارد و همکاران، ۱۹۹۸).

به منظور واسنجی پارامتر های توابع هیدرولیکی خاک و اجزای گیاهی از مدل PEST استفاده می شود که نتایج تحقیقات مختلف، مناسب بودن مدل PEST به منظور واسنجی مدل SWAP را نشان داده است: ون دام و مالیک (۲۰۰۳)، دورجی (۲۰۰۳)، جهورار و همکاران (۲۰۰۲)، وان دام (۲۰۰۰) و سینگ (۲۰۰۵). محققان مختلف از SWAP برای شبیه‌سازی خصوصیات مختلف گیاه، خاک و آب استفاده کرده اند که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

نیوت و همکاران (۱۹۹۵)، ون دم (۲۰۰۰) و سینگ (۲۰۰۵) مدل SWAP را برای شبیه‌سازی رشد گیاه درشرایط تنش آبی و شوری و وستن (۱۹۹۵)، احمد (۲۰۰۲)، وان دام (۲۰۰۰) و سینگ (۲۰۰۵) برای شبیه‌سازی جریان آب مورد استفاده قرار دادند.

هدف از این مقاله ارزیابی مدل SWAP است که شامل واسنجی پارامتر های خاک و گیاهی برای گیاه برنج و اعتبارسنجی مدل برای شبیه‌سازی رطوبت در لایه های مختلف خاک در طول فصل زراعی و غیر فصل زراعی و اعتبارسنجی مدل برای شبیه‌سازی اجزای مختلف گیاهی (عملکرد، بیوماس کل، بیوماس پانیکول و شاخص سطح برگ) می باشد.

مواد و روش‌ها

برای واسنجی و اعتباریابی مدل SWAP در سال زراعی ۱۳۸٤، مدیریتهای آبیاری مختلفی برای واریته هاشمی در سه تکرار در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی درمزرعه موسسه تحقیقات برنج کشور، دررشت اعمال گردید. مدیریتهای آبیاری شامل موارد زیر بود:

I1: آبیاری غرقاب دایم

I2: آبیاری پس از ۱ روز محو شدن آب از سطح زمین

I3: آبیاری پس از ۳ روز محو شدن آب از سطح زمین

I4: آبیاری پس از ۵ روز محو شدن آب از سطح زمین

این مدیریتها در کرت‌هایی با پشته های بتونی (عمق پشته ها ۵۰ سانتی متر) به ابعاد هر واحد آزمایشی ۳ ۵ متر اجرا گردید. برای تعیین خصوصیات خاک محل آزمایش، چند نمونه تصادفی از اعماق مختلف توسط آگر تهیه و پس از مخلوط کردن در آزمایشگاه

www.SID.ir

Archive of SID

خاکشناسی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه در هوا خشک و بعد از عبور از الک دو میلی متری بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین گردید. یکی از روش های سنجش رطوبت که به علت سهولت کاربرد آن، بطور فراگیر مورد استفاده قرار می گیرد، استفاده از دستگاه انعکاس سنجی زمانی(TDR) می باشد. دستگاه TDR مورد استفاده در این آزمایش از نوع ترایم (TRIME-FM) ساخت شرکت ایمکو (IMKO) آلمان می باشد. بعد از نصب لوله های هادی، اندازه گیری رطوبت در اعماق ۰- ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ سانتیمتری از سطح زمین از ابتدای سال میلادی (۲۰۰۵) انجام گردید. برای اندازه گیری ماده خشک در اجزای مختلف گیاه برنج (برگ، ساقه و پانیکول) در طول فصل زراعی در مدیریت های مختلف آبیاری در هر نوبت اندازه گیری، تعداد ۱۲ کپه از هر مدیریت برداشت گردید. ابتدا مقدار سطح برگ سبز بر اساس نمونه های گرفته شده، با استفاده از دستگاه اندازه گیری سطح برگ (Leaf area meter) مدل L13100 ساخت شرکت Li-cor اندازه گیری گردید، سپس اجزای مختلف گیاه در داخل آون به مدت ۲ روز در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت، پس از توزین نمونه ها میزان ماده خشک در اجزای مختلف برنج ثبت گردید. اندازه گیری مقدار عملکرد پس از حذف حاشیه از هر کرت از سطح ۶ متر مربع انجام گردید.

بسیاری از مدل ها دارای ساختار غیر خطی هستند و واسنجی پارامترهای مدل کار بسیار مشکلی است. مدل PEST ساختار مدل‌ها را به خطی تبدیل می کند و سپس با ایجاد یک تابع هدف که مجموع انحراف مجذور بین خروجی مدل و مقادیر اندازه گیری واقعی می‌باشد، بهینه سازی را انجام می‌دهد. در طی مرحله بهینه سازی از الگوریتم گاوس- مارکواردت- لونبرگ استفاده می‌کند، برای واسنجی پارامترهای خاک و گیاه مدل SWAP، از این مدل که اصطلاحاً به آن مدلسازی معکوس هم می گویند استفاده گردید (Watermark Computing, 2005). داده های اندازه گیری شده مدیریت آبیاری غرقاب برای واسنجی پارامترهای گیاهی و پارامترهای توابع ون گنوختن- معلم لایه های خاک استفاده شد.

برای ارزیابی نتایج شبیه سازی عملکرد، بیوماس کل، بیوماس پانیکول، شاخص سطح برگ و رطوبت لایه های مختلف خاک از پارامترهای آماری زیر استفاده شد (گاوچ و همکاران، ۲۰۰۳ و کوبایاشی و سلام، ۲۰۰۰):

(۴)

$$RMSE = \left(\sum_{I=1}^{n} (P_i - O_i)^2 / n\right)^{0.5}$$

(۵)

$$RMSE\ \ Normalised = 100 \left(\sum_{I=1}^{n} (P_i - O_i)^2 / n\right)^{0.5} / \overline{O}$$

(۶)

$$EF = \left(\sum_{i=1}^{n} (O_i - \overline{O})^2 - \sum_{i=1}^{n} (P_i - O_i)^2\right) / \sum_{i=1}^{n} (O_i - \overline{O})^2$$

که در این روابط:

p_i: مقدار شبیه سازی شده توسط مدل

O_i: مقدار مشاهدات

n : تعداد مشاهدات

$\overline{O}$: میانگین مشاهدات

RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا

RMSE-N: ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده

EF: کارایی مدل

مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطا ی نرمال شده در حالت مطلوب یا حالتی که مقادیر شبیه سازی شده و اندازه گیری شده مساوی

www.SID.ir

Archive of SID

باشد برابر با صفر و مقدار کارایی مدل در این حالت برابر با یک می‌باشد.

نتایج و بحث

در جدول ۱، مقدار پارامترهای توابع هیدرولیکی برای هر لایه خاک را که از طریق مدل PEST بدست آمده، ارائه شده است. در جدول ۲، ارزیابی آماری نتایج شبیه سازی رطوبت برای واسنجی نمودن و اعتبار سنجی مدل SWAP ارائه شده است، که مقدار تغییرات ریشه میانگین مربعات خطا برای واسنجی نمودن در محدوده ۰/۰۵۸-۰/۰۳۳، اعتباریابی ۰/۰۶۲-۰/۰۱۶ و مقدار ریشه میانگین مربعات خطا نرمال شده برای واسنجی و اعتبارسنجی در محدوده ٤/٤ - ٤/٢ درصد محاسبه گردید. همچنین کارایی مدل نیز نشان از دقت بالای مدل SWAP برای شبیه سازی رطوبت آب در لایه های خاک در حالت واسنجی و اعتبارسنجی می‌دهد.

نتایج تحقیق سینگ (۲۰۰۵) نشان داد که مدل SWAP، مقدار رطوبت در اعماق مختلف خاک را با مقدار ریشه میانگین مربعات خطای برای واسنجی و اعتبارسنجی به ترتیب در محدوده ۰/۰۳۲-۰/۰۱۶ و ۰/۰۲۳-۰/۰۲۲ شبیه سازی می کند. احمد (۲۰۰۲)، در پاکستان برای مناطق زراعی تحت کشت برنج، گندم و پنبه از مدل SWAP استفاده نمود و مقدار ریشه میانگین مربعات خطای شبیه‌سازی رطوبت خاک را ۰/۰۵ گزارش نمود.

تغییرات رطوبت شبیه سازی واندازه‌گیری شده در طول دوره مطالعه را می‌توان در شکل های ۱ الی٤ ملاحظه نمود. از آنجا که حداکثر عمق توسعه ریشه ۳۰ سانتی متر می باشد، در مدیریت آبیاری غرقاب روند تغییرات رطوبت خاک در طول دوره رویش که از روز ۱٤۲سال آغاز تا روز ۲۲۵ ادامه دارد، اشباع و یا نزدیک به حالت اشباع می باشد (شکل ۱)، که وجود یک لایه سخت (کفه شخم) با هدایت هیدرولیکی کم منجربه این پدیده شده است. با افزایش عمق از روند نوسانات رطوبت ابتدای فصل کم می شود، که بیان کننده این مطلب است که مقدار رطوبت رسیده به لایه های پایین، از مقدار آب تخلیه شده از لایه های بالایی بیشتر است. مقدار رطوبت در لایه ۰-۳۰ سانتی متر در مدیریتهای غیر غرقاب، که شامل آبیاری پس از ۱، ۳ و ۵ روز محو شدن آب می باشد، به ترتیب ۸۵ ، ۸۳ و ۸۰ درصد رطوبت اشباع می باشد. مقدار رطوبت در لایه دوم پس از آبیاری در شرایط مدیریت غیر غرقاب نسبت به لایه اول دارای تغییرات کمتری است، که علت آن خروج بیشتر آب از لایه اول تحت تاثیر تبخیر و تعرق می باشد (شکل های ۲، ۳ و٤).

در جدول ۳، می‌توان پارامترهای آماری که برای ارزیابی شبیه سازی اجزای گیاهی SWAP بدست آمده را ملاحظه کرد. نتایج نشان می دهد که برای بیوماس کل، مقدار ریشه میانگین مربعات خطای واسنجی ۵۲۸ کیلوگرم بر هکتار و برای اعتبارسنجی در محدوده ۷۳٦-۵۰۱ کیلوگرم بر هکتار، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده در حالت واسنجی و اعتبارسنجی در محدوده ۲۱-۱۳ درصد و کارایی مدل در محدوده ۰/۹۸-۰/۹۵ محاسبه گردید. ریشه میانگین مربعات خطای بیوماس پانیکول برای شرایط واسنجی ۱٤۸ کیلوگرم بر هکتار و برای اعتبارسنجی ۳٦٤-۲۲٤ کیلوگرم بر هکتار و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده در حالت واسنجی و اعتبارسنجی در محدوده ۱۸-٦ درصد و کارایی مدل در محدوده ۰/۹۹-۰/۹٦. ریشه میانگین مربعات خطای شاخص سطح برگ در حالت واسنجی ۰/٤۷ متر مربع برگ بر متر مربع زمین و برای اعتبارسنجی در محدوده ۰/۵۸-۰/٦۲ متر مربع برگ بر متر مربع زمین محاسبه گردید. ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده در حالت

www.SID.ir

Archive of SID

واسنجی و اعتبارسنجی در محدوده ۹۳-۵۵ درصد و کارایی مدل در محدوده ۰/۷۱-۰/۳۳ بدست آمد، که نشان از شبیه سازی بیشتر مقدار شاخص سطح برگ بوسیله مدل است. فان دام ومالیک (۲۰۰۳) نیز گزارش نمودند که مدل SWAP مقدارشاخص سطح برگ را در گیاه برنج بیشتر از مقدار اندازه گیری، شبیه سازی می کند، در حالی که توانایی شبیه سازی با دقت مناسب مقدار بیوماس کل و بیوماس پانیکول را دارد.

در شکل‌های ۵، ٦، ۷ و ۸ می توان تغییرات مشاهدات و شبیه‌سازی بیوماس کل، بیوماس پانیکول و شاخص سطح برگ را برای مدیریت‌های اعمال شده ملاحظه کرد.

مقدار عملکرد شبیه سازی مدل در مقایسه با عملکرد اندازه گیری شده در مدیریت های آبیاری در شکل ۹ نشان داده شده است، با تغییر روش آبیاری از غرقاب به غیر غرقاب عملکرد واقعی کاهش می یابد که مدل نیز مقدار عملکرد را نشان می دهد. مقدار عملکرد در تمام مدیریت های آبیاری بیشتر ار مقدار شبیه سازی شده مدل می باشد اما ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده ۵ درصد مدل، نشان از دقت قابل قبول مدل دارد.

نتیجه گیری

بر اساس ارزیابی های صورت گرفته می توان نتیجه گرفت که مدل SWAP در شبیه سازی رطوبت در لایه های خاک، عملکرد، بیوماس کل و بیوماس پانیکول برنج مناسب است. اما مدل در شبیه سازی شاخص سطح برگ نسبتا ضعیف بوده و شاخص سطح برگ را بیشتر از مقدار واقعی آن شبیه سازی می کند. بررسی ساختار مدل نشان داد که از علت ضعف مدل SWAP در شبیه سازی شاخص سطح برگ، تبدیل رابطه رشد سطح برگ از حالت نمایی به حالت خطی و استفاده از مقادیر ثابت سطح ویژه برگ در این مدل در طول دوره رویش است. با وجود این که مدل SWAP در این مطالعه بخوبی بسیاری از پارامترهای مورد بررسی را شبیه سازی نمود، لیکن نمی توان صحت آن را از نظر نظری کاملا اثبات نمود، لیکن می توان گفت که برای شبیه سازی عملکرد، بیوماس کل، بیوماس پانیکول و رطوبت در لایه های مختلف خاک شالیزاری مناسب است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه آزمایش

Table1. Soil physical properties of the experiment field

عمق خاک Soil layer (cm)	بافت خاک Texture	Soil hydraulic parameters پارامترهای هیدرولیکی خاک					
		Θ_r (cm^3cm^{-3})	Θ_s (cm^3cm^{-3})	K_{sat} (cmd^{-1})	α (cm^{-1})	λ	n
0-10	clay	0.11	0.65	57.54	0.0302	0.5	1.234
10-20	clay	0.11	0.62	30.8	0.0306	0.5	1.2
20-30	clay	0.10	0.62	1.8	0.062	0.5	2.99
30-40	clay	0.09	0.62	11.4	0264	0.5	1.174
40-60	clay	0.1	0.6	10.4	0.0313	0.5	1.17
60-80	clay	0.11	0.64	21.4	0.0351	0.5	1.193

جدول ۲- ارزیابی آماری شبیه سازی رطوبت اعماق خاک مدل SWAP در مدیریت های آبیاری

Table 2. Evaluation results for SWAP simulations of soil water content at depths.

عمق Depth(cm)	n	Irrigation Management مدیریت های آبیاری							
		I1		I2		I3		I4	
		RMSE	$RMSE_n$	RMSE	$RMSE_n$	RMSE	$RMSE_n$	RMSE	$RMSE_n$
0-30	22	0.05	5	0.022	4	0.028	5	0.028	5
40	22	0.058	6	0.062	6	0.029	6	0.035	6
50	22	0.037	4	0.016	3	0.024	5	0.023	4
60	22	0.033	3	0.02	3	0.021	4	00.23	4
70	22	0.039	4	0.018	3	0.017	3	0.019	3

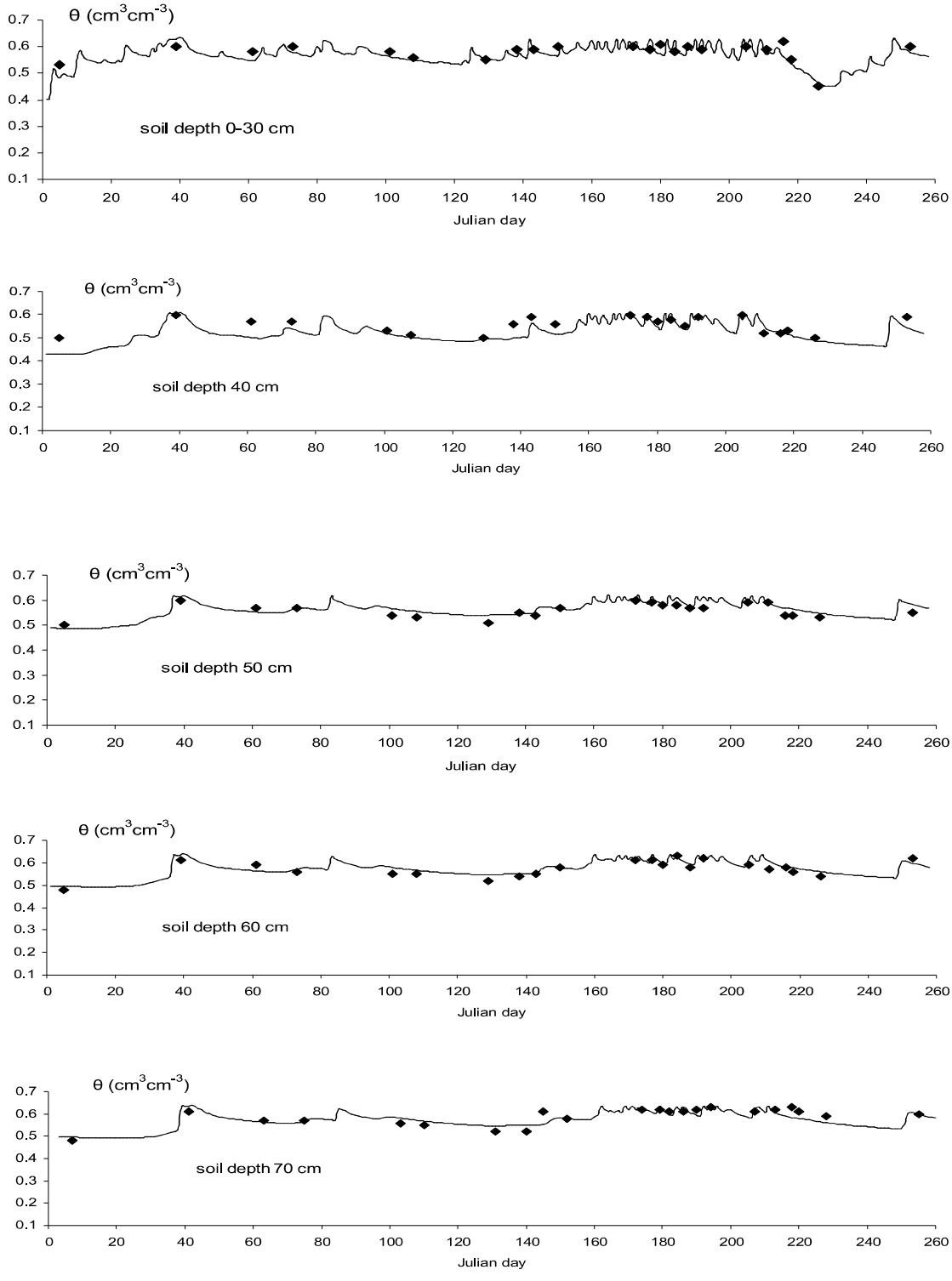
جدول ۳- ارزیابی آماری شبیه سازی اجزای گیاهی مدل SWAP

Table3. Evaluation results for SWAP simulations of crop growth variables.

مدیریت آبیاری water management	بیوماس کل Total biomass			بیوماس پانیکول Panicle biomass			شاخص سطح برگ LAI		
	RMSE	$RMSE_n$	EF (-)	RMSE	$RMSE_n$	EF (-)	RMSE	$RMSE_n$	EF (-)
I_1	528	13	0.97	148	6	0.99	0.47	55	0.97
I_2	501	13	0.98	224	10	0.98	0.58	79	0.98
I_3	532	14	0.97	258	12	0.97	0.61	84	0.97
I_4	736	21	0.95	364	18	0.96	0.62	93	0.95

www.SID.ir

Archive of SID

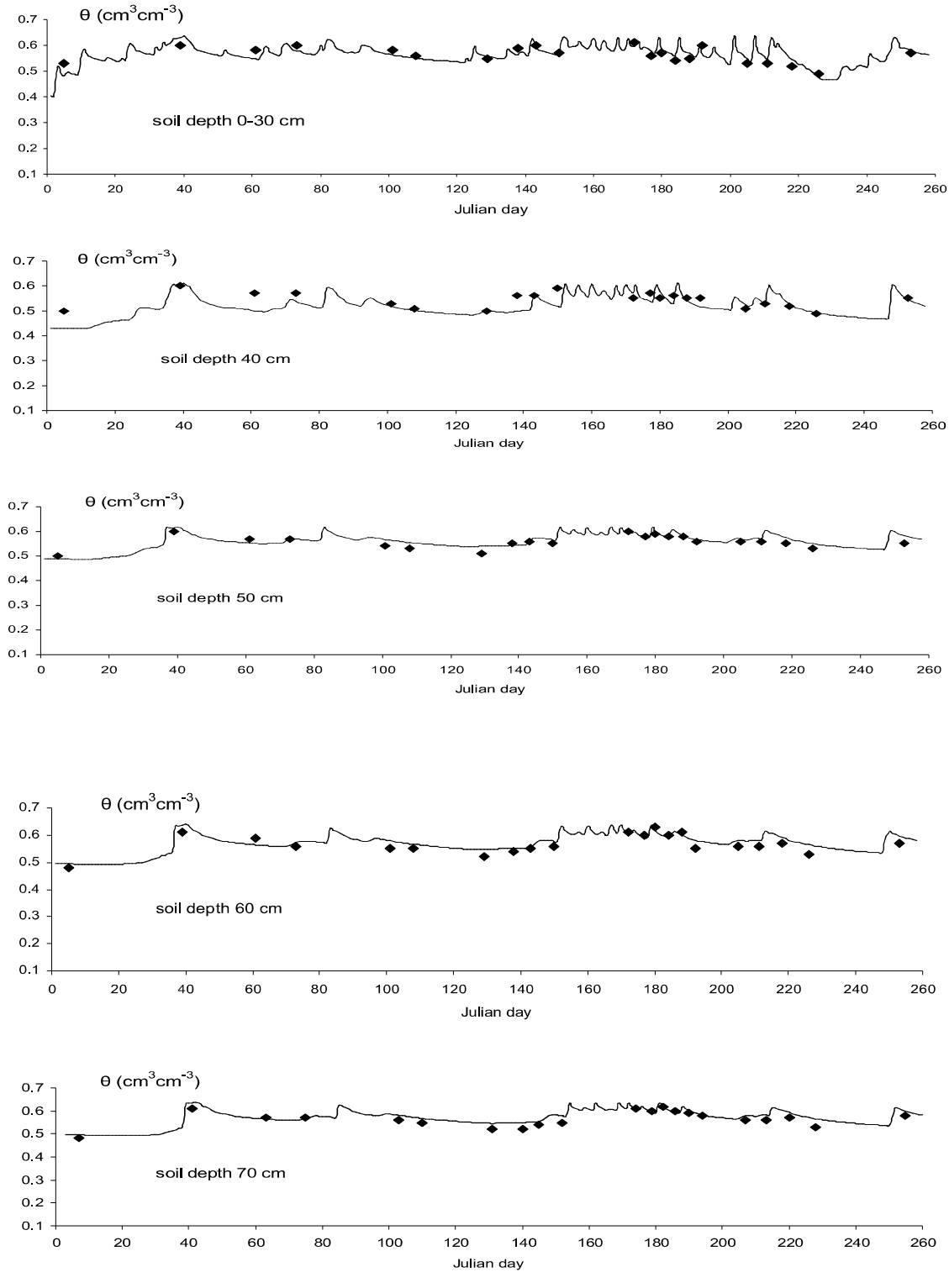


شکل ۱- مقادیررطوبت شبیه سازی(خط) و اندازه‌گیری (♦) نسبت به زمان در مدیریت آبیاری غرقاب

Fig. 1. Simulated (line) and measured soil water content (♦) in time in the continuous irrigation management.

www.SID.ir

Archive of SID

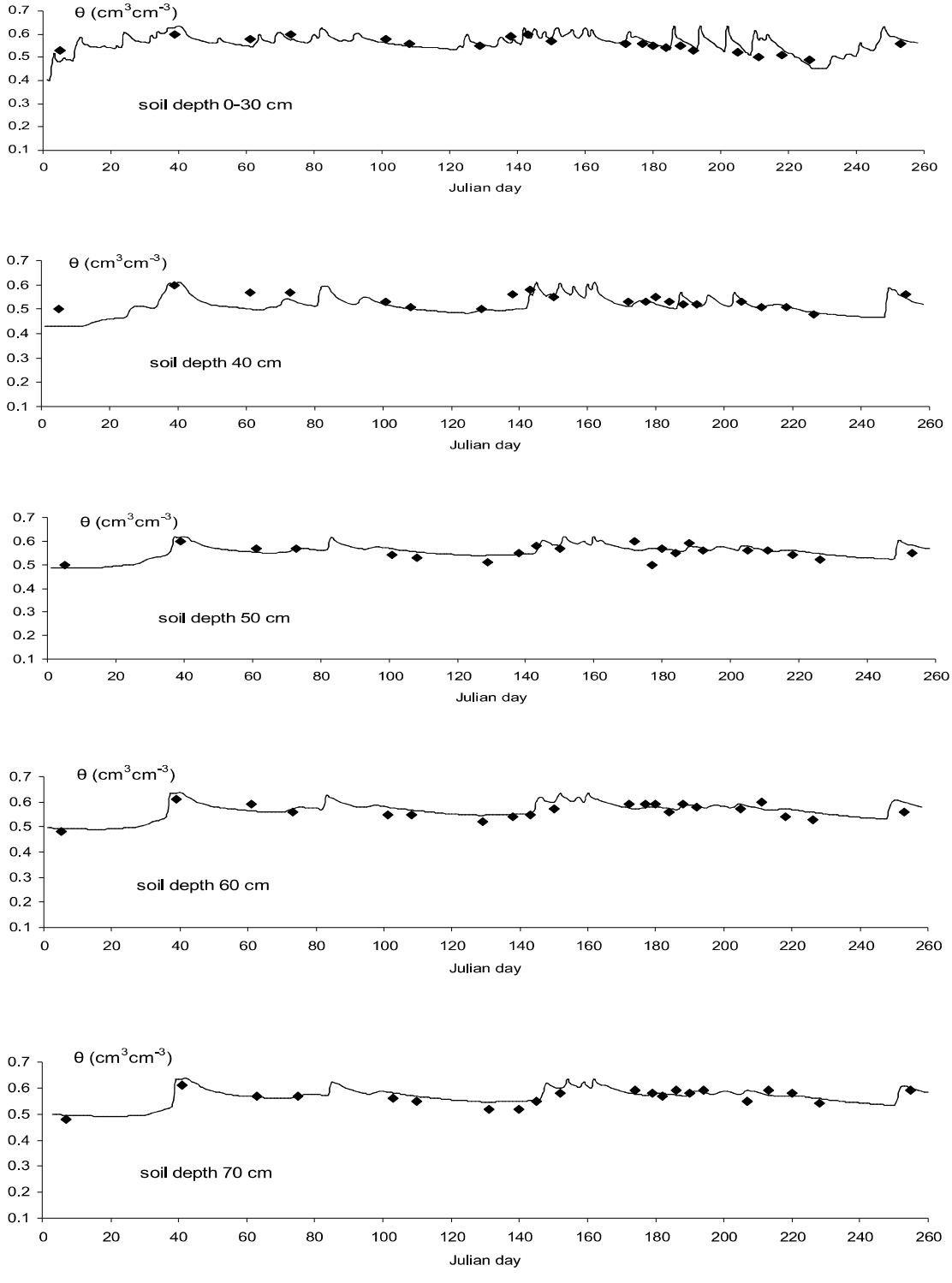


شکل ۲- مقادیررطوبت شبیه سازی (خط) و اندازه‌گیری (♦) نسبت به زمان در مدیریت آبیاری ۱ روز محو

Fig. 2. Simulated (line) and measured soil water content (♦) in time in the 1day after water disappearance of pounded water irrigation management.

www.SID.ir

Archive of SID

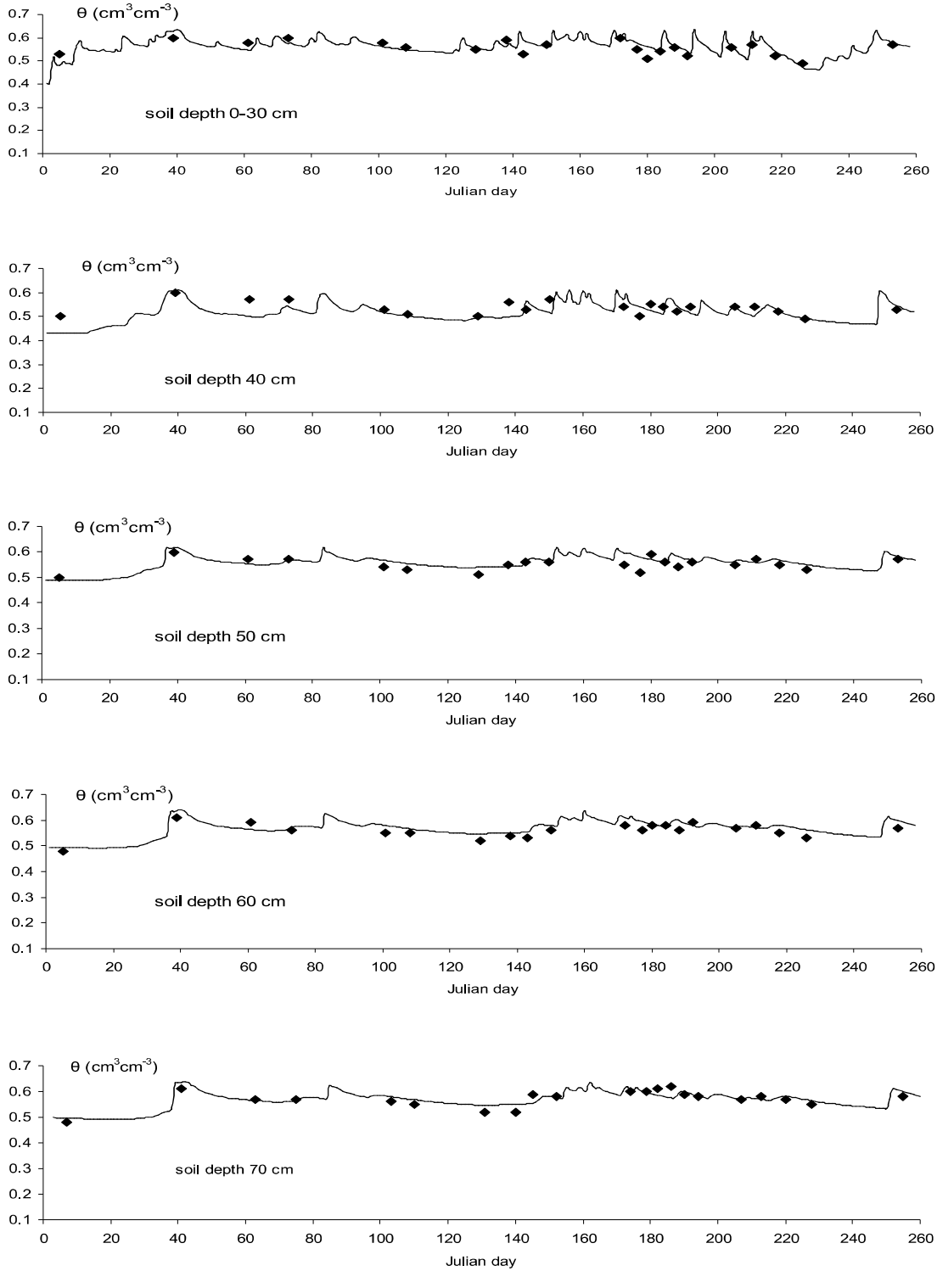


شکل ۳- مقادیررطوبت شبیه سازی (خط) و اندازه‌گیری (♦) نسبت به زمان در مدیریت آبیاری ۳ روز محو

Fig. 3. Simulated (line) and measured soil water content (♦) in time in the 3 days after water disappearance of pounded water irrigation management.

www.SID.ir

Archive of SID

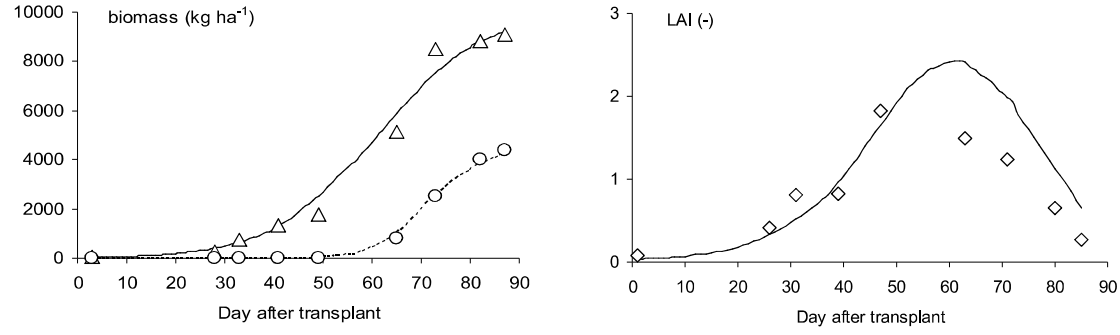


شکل ٤- مقادیررطوبت شبیه سازی (خط) و اندازه‌گیری (♦) نسبت به زمان در مدیریت آبیاری ۵ روز محو

Fig. 4. Simulated (line) and measured soil water content (♦) in time in the 5 days after water disappearance of pounded water irrigation management.

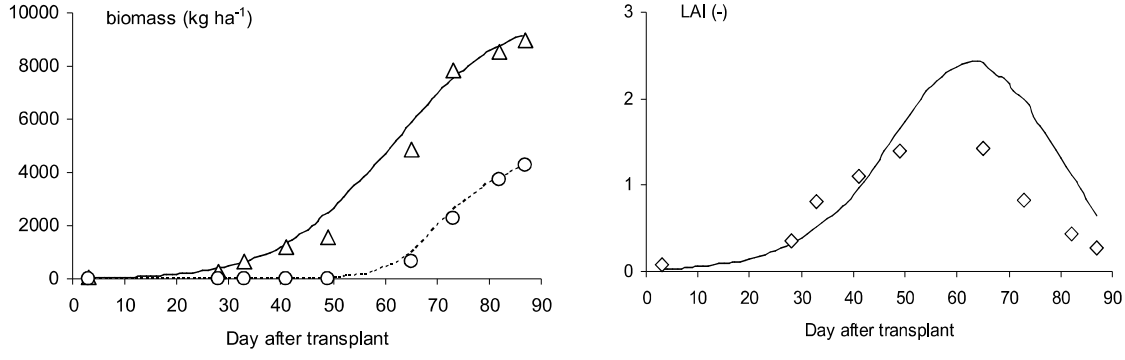
www.SID.ir

Archive of SID



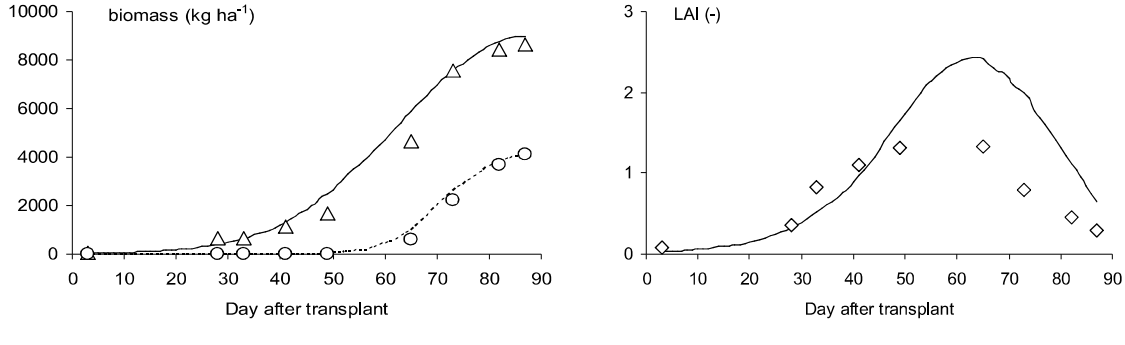
شکل۵- مقادیرشبیه سازی واندازه گیری شاخص سطح برگ (◊) و بیوماس کل (Δ) و پانیکول (○)
در مدیریت آبیاری غرقاب

Fig. 5. Simulated and measured biomass of total aboveground dry matter (Δ), and panicles (○), and LAI (◊) in irrigation treatment I1.



شکل ٦- مقادیرشبیه سازی واندازه گیری شاخص سطح برگ (◊) و بیوماس کل (Δ) و پانیکول (○)
در مدیریت آبیاری محو شدن ۱ روز

Fig. 6. Simulated and measured biomass of total aboveground dry matter (Δ), and panicles (○), and LAI (◊) in irrigation treatment I2.

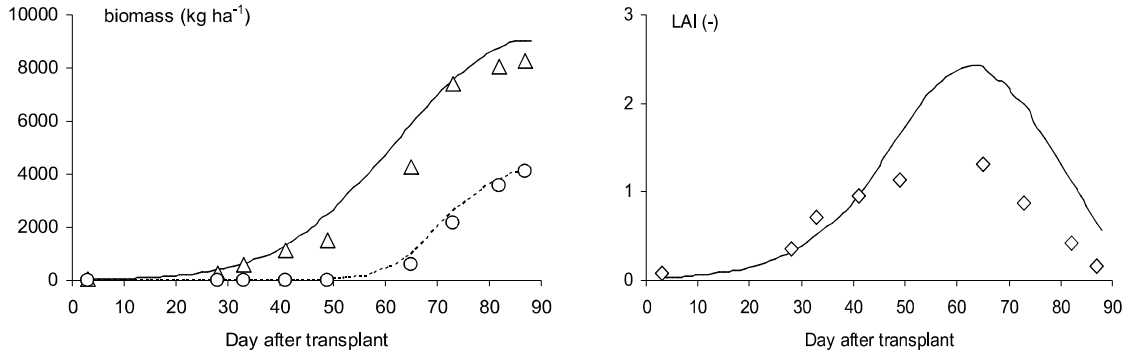


شکل ۷- مقادیرشبیه سازی واندازه گیری شاخص سطح برگ (◊) و بیوماس کل (Δ) و پانیکول (○)
در مدیریت آبیاری محو شدن ۳ روز

Fig. 6. Simulated and measured biomass of total aboveground dry matter (Δ), and panicles (○), and LAI (◊) in irrigation treatment I3.

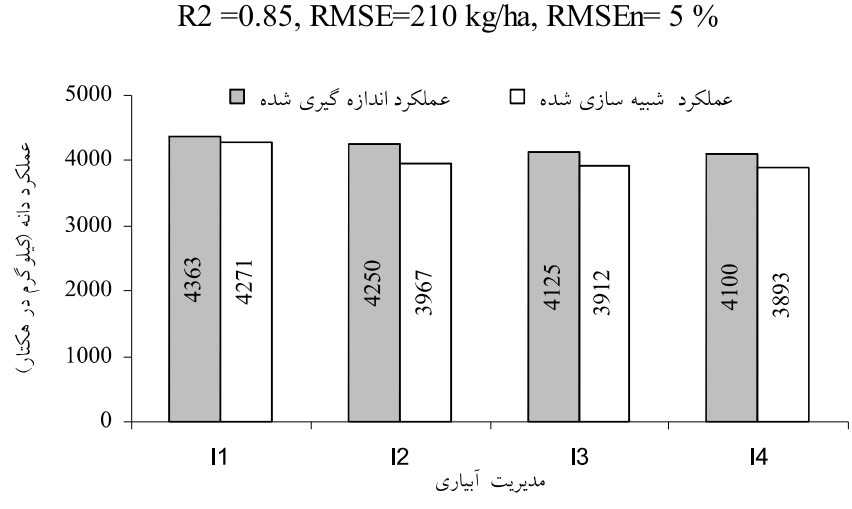
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- مقادیرشبیه سازی واندازه گیری شاخص سطح برگ (◊) و بیوماس کل (Δ) و پانیکول (○) در مدیریت آبیاری محو شدن ۵ روز

Fig. 8. Simulated and measured biomass of total aboveground dry matter (Δ), and panicles (○), and LAI (◊) in irrigation treatment I4.



شکل۹- عملکرد دانه اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده مدل SWAP

Fig. 9. The simulated and observed grain yield SWAP model.

www.SID.ir

Archive of SID

Reference فهرست منابع

Ahmad, M.D. 2002. Estimation of net groundwater use in irrigated river basins using geo-information teqniques: A case study in Rechna Doab, Pakistan. Ph.D. thesis Wageningen University.160p.

Belmans, C., J.G. Wesseling and R.A. Feddes, 1983. Simulation of the water balance of a cropped soil: SWATRE. J. Hydrol., 63: 271-286.

Boogaard, H.L., C. A. Diepen, R. P. Van Rötter, Cabrera, J.M.C.A., Laar, H.H. van., 1998. User's guide for the WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Center 1.5. Technical document 52, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, Netherlands.

Brooks, R.H., and A.T. Corey, 1964. Hydraulic properties of porous media. Colorado State Univ., Hydrology paper no. 3, p. 27.

Dorji, M. 2003. Integration of SWAP model and SEBAL evaluation of on farm irrigation scheduling whit minimum field data. M.Sc thesis. ITC.

Feddes, R.A., P.J. Kowalik and H. Zaradny, 1978. Simulation of field water use and crop yield. Simulation Monographs. Pudoc. Wageningen. 189 pp.

Gauch, H.G., J.T.G. Hwang, and G.W. Fick, 2003. Model evaluation by comparison of model-based predictions and measured values. Agronomy Journal 95, 1442–1446.

Jhorar, R.K. Bastiaanssen, W.G.M. Feddes, R.A. Van Dam. J.C. 2002. Inversely estimating soil hydraulic functions using evapotranspiration fluxes. Journal of Hydrology. 258:198-213.

Kabat, P., B.J. Broek, van den and R.A. Feddes, 1992. SWACROP: A water management and crop production simulation model. ICID Bulletin 92, vol. 41No. 2, 61-84.

Kobayashi, K., and M.U. Salam, 2000. Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its components. Agronomy Journal 92, 345–352.

Mualem, Y., 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. Water Resour. Res., 12, 513-522.

Neut, D. van der, J.C. van Dam, and R.A. Feddes, 1995. Effects of higher surface water levels in 'De Hoeksche Waard'. An evaluation of yield reductions of potatoes and sugar beets at 4 drainage depths during 42 years. Report 48, Subdep. Water Resources, Wageningen University, 69 p.

Singh, R., 2005. Water productivity analysis from field to regional scale- Integration of crop and soil n modeling, remote sensing and geographical information. Ph.D. thesis Wageningen University, 146 pp.

Van Dam, J.C.,. Huygen, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk and C.A. van Diepen, 1997. Theory of SWAP version 2.0. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-

www.SID.ir

Archive of SID

Atmosphere-Plant environment. Technical Document 45. DLO Winand Staring Centre, Wageningen.

Van Dam, J.C., and R.S. Malik (Eds.), 2003. Water productivity of irrigated crops in Sirsa district, India. Integration of remote sensing, crop and soil models and geographical information systems. WATPRO final report, including CD-ROM. ISBN 90-6464-864-6. 173 pp.

Van Dam, J.C., 2000. Field-scale water flow and solute transport. SWAP model concepts, parameter estimation, and case studies. PhD-thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 167 p., English and Dutch summaries.

Van den Broek, B.J., and P. Kabat, 1995. SWACROP: dynamic simulation model of soil water and crop yield applied to potatoes. In 'Modeling and parameterization of the Soil-Plant-Atmosphere System. A comparison of potato growth models', P. Kabat, B. Marshall, B.J. van den broek, J. Vos and H. van Keulen (Eds.), Wageningen Press, p. 299-334.

Van Genuchten, M.T., and F.J. Leij, 1992. On estimating the hydraulic properties of unsaturated soils. In `Indirect methods for estimating hydraulic properties of unsaturated soils', M. Th. van Genuchten and F.J. Leij (eds.), Proc. Int. Workshop, Riverside, California, p. 1-14.

Van Genuchten, M. Th., F.J. Leij and S.R. Yates, 1991. The RETC code for uantifying the hydraulic functions for unsaturated soils. U.S. Salinity Laboratory, Riverside, California.

Van Genuchten, M. Th., 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 892-898.

Watermark Computing, 2005. PEST: Model Independent Parameter Estimation. Watermark Computing, Brisbane.

Wösten, J.H.M., P.A. Finke, and M.J.W. Jansen, 1995. Comparison of class and continuous pedotransfer functions to generate soil hydraulic characteristics. Geoderma, 66: 227-237.

www.SID.ir