Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 6, Jan-Feb 2011, p. 1224-1235

نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۸۹، ص. ۱۲۳۵-۱۲۲۴

برآورد عملکرد گندم و ذرت علوفه‌ای در شرایط محدودیت توام آبیاری و شوری با استفاده از مدل آگروهیدرولوژیکی *SWAP*

(مطالعه موردی: شبکه آبیاری و زهکشی وشمگیر)

حمیده نوری[1*]- عبدالمجید لیاقت[2]- مسعود پارسی نژاد[3]- مجید وظیفه دوست[4]

تاریخ دریافت:۸۹/۲/۱۱
تاریخ پذیرش:۸۹/۶/۲۸

چکیده

در این تحقیق ارزیابی مدل *SWAP* در شبیه‌سازی عملکرد گندم و ذرت علوفه‌ای و انتقال آب و نمک در خاک در دو واحد زراعی واقع در شبکه آبیاری و زهکشی وشمگیر در استان گلستان انجام شد. داده‌های عملکرد محصول، شوری و رطوبت خاک در شرایط توام محدودیت آب و شوری در مراحل زمانی مختلف سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ اندازه‌گیری گردید و نتایج بدست آمده با مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل مقایسه گردید. مقایسه آماری براساس مقادیر مجذور مربعات خطا (۰/۴۹ $ton\ ha^{-1}$)، ضریب همبستگی (۰/۸۵) و کارایی مدل (۰/۸۴) برای برآورد عملکرد تولید وزن خشک کل محصول گندم و ذرت علوفه‌ای نشان‌دهنده تطابق خوب مقادیر برآوردی توسط مدل *SWAP* در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده است. مقادیر مطلوب شاخص‌های آماری در برآورد رطوبت و شوری خاک توسط مدل *SWAP* نشان داد که لحاظ کردن شرایط مرزی پایین در مدل که در بیلان آب و نمک در خاک نقش بسیار مهمی دارد در برآورد مناسب مقادیر رطوبت و شوری خاک بسیار موثر بوده است.

واژه های کلیدی: عملکرد محصول، محدودیت آب و شوری، شوری خاک، مدل *SWAP*

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه خشک، آبیاری، زهکشی و کنترل شرایط شوری آب و خاک نقش اساسی در رسیدن به تولید قابل قبول در اراضی فاریاب دارند. به دلیل وجود آب زیرزمینی کم‌عمق شور در این مناطق و محدودیت منابع آب آبیاری که عموماً شور یا لب شور هستند، گیاهان تحت تأثیر توأم تنش‌های خشکی و شوری قرار می‌گیرند. مطالعات مزرعه‌ای و صحرایی به منظور بررسی مدیریت آبیاری و شوری و تاثیر آنها بر عملکرد تولید و شوری خاک بسیار سودمند هستند لیکن محدودیت‌های قابل توجهی نیز دارند. نتایج حاصل از این مطالعات به شرایط فیزیکی و مدیریتی که بررسی در آن انجام می‌شود محدود می‌گردد. مطالعات مزرعه‌ای و صحرایی معمولاً اثرات بلندمدت مدیریت‌های مختلف آبیاری بر عملکرد محصول و شوری خاک را در نظر نمی‌گیرند. گزینه‌های مدیریتی که به وسیله مطالعات صحرایی بررسی می‌شوند به دلیل زمان‌بر بودن و نبود منابع مالی و انسانی کافی محدود می‌گردند (۶). استفاده از مدلهای شبیه-سازی، محدودیت‌های موجود در تحقیقات صحرایی را تا حد قابل-ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد و این مدلها ابزار توانایی در بررسی و تحلیل سناریوهای مختلف و انتخاب مدیریت مناسب آب به خصوص در شرایط کمبود منابع آب هستند (۱۴). دقت نتایج حاصل از مدل-های شبیه‌سازی به دقت داده‌های موردنیاز بستگی دارد و در صورت دسترسی به این داده‌ها، این مدلها می‌توانند بدون محدودیت های مکانی و زمانی موجود در تحقیقات صحرایی و صرف هزینه و زمان کمتر جهت ارزیابی مدیریت‌های مختلف آبیاری و اثرات درازمدت این مدیریت‌ها به کار گرفته شوند (۴ و ۱۱).

در چند دهه گذشته مدلهای آگروهیدرولوژیکی متعددی از جمله مدل *SWAP* به منظور شبیه‌سازی رشد گیاه و حرکت آب و نمک در خاک تدوین شده است (۷). مدل *SWAP* در مناطق مختلف جهان از جمله ایران مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج مطلوبی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های صحرایی داشته است. بررسی اثر مدیریت آبیاری و کاهش آب آبیاری مصرفی در کشت پنبه و گندم بر بهره‌وری مصرف

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: (Email:hnoory@ut.ac.ir
۴- استادیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

www.SID.ir

Archive of SID

آب در شرایط کمبود آب آبیاری با شوری مناسب توسط مدل شبیه‌سازی *SWAP* در هند انجام شد. نتایج بدست آمده نشان داد که مدل در شبیه‌سازی اثرات کاهش آب آبیاری بر عملکرد تولید و بهره‌وری مصرف آب به خوبی عمل می‌کند (۱۳). واسنجی و ارزیابی مدل *SWAP* را برای شبیه‌سازی محصول نیشکر درکوبا نشان داد که نتایج شبیه‌سازی شده عملکرد با داده‌های اندازه‌گیری شده تطابق خوبی دارد (۱۰). بررسی تاثیر مدیریت آبیاری و کیفیت آب آبیاری بر عملکرد تولید محصول و رطوبت خاک توسط مدل *SWAP* در منطقه رودشت اصفهان نشان دادند که کارایی خوب مدل در برآورد مولفه‌های بیلان آب منوط به در نظر گرفتن شرایط مرزی مناسب است (۵). ارزیابی و واسنجی مدل *SWAP* در برآورد عملکرد محصول چغندرقند در سناریوهای مختلف مقادیر آب آبیاری و شوری خاک در استان خراسان نیز نشان دهنده کارایی خوب مدل در برآورد عملکرد تولید محصول است (۳). این مدل همچنین برای شبیه‌سازی مصرف آب چغندرقند در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای نیز ارزیابی و واسنجی شد و نتایج آماری نشان‌دهنده وجود ضریب همبستگی ۰/۷۵ بین مقادیر آب مصرفی شبیه‌سازی شده و مشاهداتی محصول مورد-نظر بود (۱۲). ارزیابی و واسنجی مدل *SWAP* برای شبیه‌سازی مقادیر بیلان آبی مانند تعرق، تبخیر از خاک، نفوذ عمقی و پیش‌بینی عملکرد چهار محصول چغندرقند، گندم، آفتابگردان و ذرت علوفه‌ای در منطقه برخوار اصفهان، انجام شد و نتایج بدست آمده نشان داد که شبیه‌سازی عملکرد تولید محصول به پارامترهای شاخص سطح برگ ویژه، راندمان مصرف نور و سرعت بیشینه جذب دی اکسید کربن نسبتاً حساس است و مدل با دقت قابل‌ملاحظه‌ای می‌تواند برای پیش‌بینی عملکرد محصول و رطوبت خاک استفاده شود (۱۶). ارزیابی شبیه‌سازی عملکرد ارقام گندم و انتقال آب و املاح در پروفیل خاک توسط مدل *SWAP* در استان خراسان جنوبی نشان داد که داده‌های خروجی مدل به پارامتر ورودی عمق آب آبیاری حساسیت بالایی دارد و مدل در برآورد عملکرد تولید گندم در منطقه خراسان جنوبی کارایی مطلوبی دارد (۲).

بررسی سابقه بکارگیری مدل *SWAP* نشان داده است که مدل برای شبیه‌سازی عملکرد تولید محصول و پارامترهای بیلان آب در خاک مانند رطوبت و تبخیر و تعرق در شرایط مختلف آب در خاک از قابلیت مطلوبی برخوردار است. ارزیابی توانایی مدل در برآورد عملکرد تولید محصول در شرایط توام محدودیت آب و شوری و حضور سطح ایستابی کم‌عمق و شور به عنوان یکی از شرایط معمول و متداول در بسیاری از اراضی فاریاب ایران از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. از طرفی آبهای مورد استفاده در بسیاری از اراضی زراعی ایران شور و لب‌شور هستند و انجام آبیاری و کم‌آبیاری با اینگونه آبها می‌تواند باعث شوری خاک گردد و پایش توزیع رطوبت و شوری در پروفیل خاک برای برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری، ضروری است. در این تحقیق کارایی مدل آگروهیدرولوژیکی *SWAP* در برآورد عملکرد تولید گندم و ذرت علوفه‌ای و توزیع شوری و رطوبت خاک تحت شرایط توام محدودیت آب و شوری و حضور سطح ایستابی کم‌عمق و شور در شبکه وشمگیر مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق مزرعه نمونه (ارتش) واقع در غرب شبکه آبیاری و زهکشی وشمگیر در استان گلستان است. میزان بارندگی سالانه در این ناحیه کم می‌باشد و میزان آب ذخیره شده در پشت سد وشمگیر برای تامین آب کل اراضی شبکه کافی نبوده و در اواخر فصل زراعی، منطقه دچار کم آبی می‌شود. شوری آب آبیاری در طول سال متغیر و در بازه ۱/۲ تا ۲ دسی‌زیمنس بر متر است و در سراسر وسعت مزرعه مورد مطالعه آب زیرزمینی کم‌عمق شور وجود دارد. شبکه زهکشی شامل سیستم زهکشی زیرزمینی به منظور تخلیه آبهای نفوذی و کنترل شوری خاک و سطح آب زیرزمینی کم عمق شور است. روش آبیاری سطحی مورد استفاده از راندمان بالایی برخودار نبوده و باعث می‌شود که بخشی از آب آبیاری به صورت تلفات و نفوذ عمقی به سفره کم عمق شور برسد و با توجه به سنگینی بافت و نیروی شعریه خاک باعث انتقال املاح به لایه سطحی خاک می‌شوند. محدودیت منابع آب به خصوص در ماههای تابستان، شدت زیاد تبخیر در منطقه، شوری آب آبیاری و نیاز آبشویی از جمله مهمترین مشکلات موجود در منطقه است که لزوم بکارگیری مدیریت مناسب آب و شوری را نشان می‌دهد.

مدل اگروهیدرولوژیکی *SWAP*

SWAP[1] مدل یک بعدی شبیه سازی حرکت آب و نمک در خاک است. این مدل برای شبیه‌سازی تولید محصول بسیار انعطاف-پذیر بوده و شامل گزینه‌های مختلف است. در این مدل حرکت آب بر اساس معادله ریچاردز شبیه‌سازی می‌شود و مدل قادر به پیش‌بینی رژیم شوری خاک در شرایط مدیریتی مختلف می‌باشد. با استفاده از معادله ریچاردز و محاسبه آب جذب شده توسط ریشه گیاه، مقدار محصول تحت تنش‌های آبی و شوری برآورد می‌شود. شرایط مرزی در سطح خاک توسط مولفه‌های تبخیر و تعرق پتانسیل، آبیاری و باران تعیین می‌گردد. تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه و بر اساس روش استاندارد فائو پنمن مانتیث محاسبه می‌شود. همچنین مدل به طور مستقیم قابلیت پذیرش مقادیر تبخیر و تعرق مرجع را دارد. گزینه‌های مختلفی در مدل برای در نظر گرفتن شرایط مرزی پایین وجود دارد که مهمترین آنها شامل عمق سطح ایستابی، زهکشی آزاد، جریان عمودی صفر، رابطه جریان

1- Soil Water Atmosphere Plant

www.SID.ir

Archive of SID

عمودی و سطح ایستابی است. محاسبات کنترل سطح ایستابی و جریان زهکشی در مدل بر اساس روشهای زهکشی پایه[1] شامل زوج داده‌های سطح ایستابی و جریان زهکشی، فرمولهای زهکشی (هوخهات و ارنست)، زهکشی چند عمقی[2] بر اساس مفهوم مقاومت زهکشی است. توصیف و تشریح کامل اجزای مختلف مدل *SWAP* در راهنمای مدل آمده است (۷).

اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز

به منظور بررسی اقلیمی، بارندگی و برآورد تبخیر و تعرق مرجع از آمار ایستگاه کلیماتولوژی مزرعه نمونه واقع در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. به علت نبود داده‌های لایسیمتری و ایستگاه سینوپتیک، از روش استاندارد فائو پنمن مانتیث استفاده نشد. بنابراین با توجه به پارامترهای موجود و سابقه تحقیقاتی مربوط به بررسی روشهای مختلف محاسبه تبخیر و تعرق در منطقه مورد مطالعه، روش هارگریوز–سامانی به عنوان روش مناسب محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع انتخاب گردید (۱).

داده‌های گیاه، خاک، آبیاری و سطح ایستابی موردنیاز در مدل، در دو واحد زراعی A12-3 و B27-2 تحت کشت گندم (فصل اول زراعی) و ذرت علوفه‌ای (فصل دوم زراعی) واقع در منطقه مورد مطالعه در سال زراعی ۸۶–۱۳۸۵ جمع‌آوری شد. گندم و ذرت علوفه‌ای از مهمترین محصولات تحت کشت در منطقه مورد مطالعه است که اطلاعات مربوط به آنها در جدول ۱ آمده است.

خاک واحدهای زراعی تحت مطالعه دارای بافت سیلتی لوم و سیلتی رسی است که یک لایه نفوذناپذیر در عمق ۶ متری وجود دارد. اندازه‌گیری‌های صحرایی نشان داد عمق آب زیرزمینی در ابتدای دوره ارزیابی (۱ آبان ۱۳۸۵ تا ۲۵ مهر ۱۳۸۶) ۲۰۵–۱۹۳ سانتی‌متر و دارای شوری ۱۶/۵– ۱۴/۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر است که برای تامین نیاز آبی گیاه مناسب نمی‌باشد. رطوبت خاک در بازه‌های عمقی ۲۰–۰، ۴۰–۲۰ و ۶۰– ۴۰، ۸۰–۶۰ سانتی‌متری از پروفیل خاک در ۱۲ مرحله زمانی در طول سال زراعی مورد مطالعه به روش وزنی در هر یک از واحدهای زراعی مورد مطالعه در سه تکرار اندازه‌گیری گردید. شوری خاک در بازه‌های عمقی ۲۰–۰، ۴۰–۲۰، ۶۰–۴۰ و ۸۰–۶۰ سانتیمتری از پروفیل خاک در پنج مرحله زمانی در سال ۸۶–۱۳۸۵، روز ۵۰ام دوره ارزیابی (پیش از آبیاری اول گندم)، روز ۱۱۲ام دوره ارزیابی، روز ۲۴۰ام (زمان برداشت گندم)، روز ۳۰۴ام (اواسط فصل رشد ذرت علوفه‌ای) و روز ۳۶۰ام (زمان برداشت ذرت علوفه‌ای) در واحدهای زراعی مورد مطالعه در سه تکرار اندازه‌گیری گردید. شوری خاک با استفاده از اوگرهای نمونه‌گیری و تعیین شوری عصاره اشباع خاک در آزمایشگاه در تاریخ‌های تعیین شده اندازه‌گیری گردید. در طول فصل رشد گندم و ذرت علوفه‌ای به ترتیب ۴ و ۶ بار به ترتیب با عمق متوسط ۱۲–۱۰ و ۱۵–۱۳ سانتی‌متر و شوری ۱/۸–۰/۹۳ دسی-زیمنس برمتر آبیاری شدند. با استفاده از پیزومترهای نصب شده در فواصل خطوط زهکشی در هر واحد زراعی عمق سطح ایستابی در ابتدای فصل زراعی اول به عنوان شرایط اولیه و در طول دوره ارزیابی به عنوان شرایط مرزی پایین اندازه‌گیری گردید. جزئیات داده‌های جمع‌آوری شده در واحد زراعی در منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است.

داده‌های ورودی به مدل *SWAP*

بخشی از پارامترهای گیاهی موردنیاز در مدل در واحدهای زراعی مورد مطالعه اندازه‌گیری شدند (جدول ۲) و بخش دیگری از آنها از منابع علمی موجود استخراج گردید (۷ و ۱۶). مقادیر پارامترهای گیاهی ورودی در مدل *SWAP* در جدول ۳ آمده است.

داده‌های خاک مربوط به دانه‌بندی، وزن مخصوص ظاهری، درصد مواد آلی و هدایت هیدرولیکی اشباع و رطوبت اشباع در ابتدای دوره ارزیابی در واحدهای زراعی مورد مطالعه اندازه‌گیری گردید (جدول ۲). در مدل *SWAP* توابع هیدولیکی خاک بر اساس معادله ونگنوختن (۱۵) و معلم (۸) است. ضرایب موردنیاز در این معادله از تابع انتقالی وستن و همکاران (۱۷) بر اساس داده‌های دانه‌بندی، مواد آلی و وزن مخصوص ظاهری خاک اندازه‌گیری شده محاسبه گردید. مقادیر پارامترهای خاک ورودی در مدل در جدول ۴ آمده است.

داده‌های باران روزانه و مقادیر تبخیر و تعرق مرجع محاسبه شده (جدول ۲) به عنوان مولفه‌های شرایط مرزی بالا در ورودی مدل لحاظ گردیدند (شکل ۱).

بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده شدت جریان آب آبیاری و زمان آبیاری (جدول ۲) و همچنین سطح زیر کشت اختصاص یافته به هر یک از کانالهای آبیاری درجه ۳، مقادیر عمق آب آبیاری در تاریخ‌های مختلف آبیاری برای دو محصول گندم و ذرت علوفه‌ای محاسبه گردید و به عنوان یکی دیگر از مولفه‌های شرایط مرزی بالا در ورودی مدل لحاظ گردید. عمق سطح ایستابی کم‌عمق (سطح ایستابی) اندازه‌گیری شده توسط پیزومترهای نصب شده در فواصل خطوط زهکشی (جدول ۲) در طول دوره ارزیابی به همراه خصوصیات سیستم زهکشی (جدول ۵) به عنوان شرایط مرزی پایین در ورودی مدل در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

ارزیابی عملکرد تولید محصول

با استفاده از الگوریتم رشد گیاه در مدل *SWAP* و پارامترهای ورودی (جداول ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵)، عملکرد تولید محصول در قالب دو شاخص وزن خشک کل[3] (Y_t) و وزن خشک اندام‌های ذخیره‌ای[4]

1- Basic drainage
2- Multi-level drainage
3-Total dry matter yield
4- Dry matter of storage organ

www.SID.ir

Archive of SID

(Y_s) برای هر یک از دو محصول گندم و ذرت علوفه‌ای در واحدهای زراعی مورد مطالعه شبیه‌سازی شد. تحت شرایط محدودیت آبی و شوری، مدل *SWAP* عملکرد واقعی محصول و همچنین عملکرد پتانسیل محصول را شبیه‌سازی می‌کند. این در حالی است که مدل عوامل دیگر موثر بر عملکرد تولید از جمله بیماریها، آفات و کمبود مواد مغذی را لحاظ نمی‌کند و این عوامل را در شرایط اپتیمم در نظر می‌گیرد. مقادیر عملکرد محصول شبیه‌سازی شده توسط مدل *SWAP* و مقایسه آنها با مقادیر اندازه‌گیری شده برای دو محصول گندم و ذرت علوفه‌ای در واحدهای زراعی مورد مطالعه در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در شکل ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات عمومی دو محصول گندم و ذرت علوفه‌ای در مزرعه نمونه (شبکه وشمگیر)

گیاه	تعداد آبیاری	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	حساسیت به شوری (dS/m)	حداکثر عملکرد (تن در هکتار)	متوسط عملکرد (تن در هکتار)
گندم	۴	۱۰ آذر	۱۵ خرداد	۶-۷	۵/۵**	۴/۲
ذرت علوفه‌ای	۶	۱ تیر	۲۰ مهر	۲-۳	۴۰*	۳۰

* وزن تر محصول ** وزن خشک محصول

جدول ۲- داده‌های جمع‌آوری شده برای ارزیابی مدل *SWAP* در واحدهای زراعی مورد مطالعه (شبکه وشمگیر)

داده		روش اندازه‌گیری (جمع آوری)	تناوب اندازه‌گیری	هدف اندازه‌گیری
داده‌های هواشناسی		**ایستگاه هواشناسی مزرعه نمونه**	**روزانه**	**ورودی مدل**
خصوصیات خاک	بافت	روش هیدرومتری	یکبار	ورودی مدل
	چگالی ظاهری	روش سیلندر	یکبار	ورودی مدل
	Ks	روش پیزومتر	یکبار	ورودی مدل
	درصد اشباع	روش گل اشباع	یکبار	ورودی مدل
	pH	نسبت آب خاک ۱:۲	قبل از کاشت	شناخت عمومی
	شوری خاک	نمونه‌گیری از خاک و تعیین شوری عصاره اشباع باEC متر	در ابتدا و طول دوره شبیه-سازی	ورودی و ارزیابی مدل
	رطوبت خاک	روش وزنی	در ابتدا و طول دوره شبیه-سازی	ورودی و ارزیابی مدل
آبیاری	دبی آب آبیاری در محل تحویل	پارشال فلوم ثبات	در هر آبیاری	ورودی مدل
	موقعیت مکانی محل تحویل	مشاهدات مزرعه‌ای	یکبار	ورودی مدل
	سطح زیر کشت در محل تحویل	اطلاعات موجود در مزرعه	یکبار	ورودی مدل
	مدت زمان آبیاری	مشاهدات مزرعه‌ای	در هر آبیاری	ورودی مدل
	تاریخ آبیاری	مشاهدات مزرعه‌ای	در هر آبیاری	ورودی مدل
	عمق آب آبیاری	*	در هر آبیاری	ورودی مدل
	کیفیت آب آبیاری	EC متر	در هر آبیاری	ورودی مدل
پارامترهای رشد گیاه	مراحل رشد و توسعه گیاه	مشاهدات مزرعه‌ای	یکبار	ورودی مدل
	ارتفاع گیاه	مشاهدات مزرعه‌ای	۵ بار	ورودی مدل
	عمق ریشه	مشاهدات مزرعه‌ای	۵ بار	ورودی مدل
	سطح برگ	مشاهدات مزرعه‌ای	۵ بار	ورودی مدل
	تراکم گیاهی	مشاهدات مزرعه‌ای	۵ بار	ورودی مدل
	عملکرد تولید	مشاهدات مزرعه‌ای	یکبار	ارزیابی مدل
زهکشی	عمق سطح ایستابی	پیزومتر	در طول دوره ارزیابی	ورودی مدل
	کیفیت آب زیرزمینی	پیزومتر و EC متر	ابتدای دوره شبیه‌سازی	ورودی مدل
	خصوصیات سیستم زهکشی	** اطلاعات موجود در منطقه	–	ورودی مدل

* عمق آب آبیاری از حاصلضرب دبی آب آبیاری ورودی در واحد زراعی در مدت زمان آبیاری و تقسیم بر مساحت واحد زراعی محاسبه گردید.

** گزارشات ارزیابی زهکشی در منطقه مورد مطالعه، شرکت مهندسین مشاور راماب (۱۳۷۹)

www.SID.ir

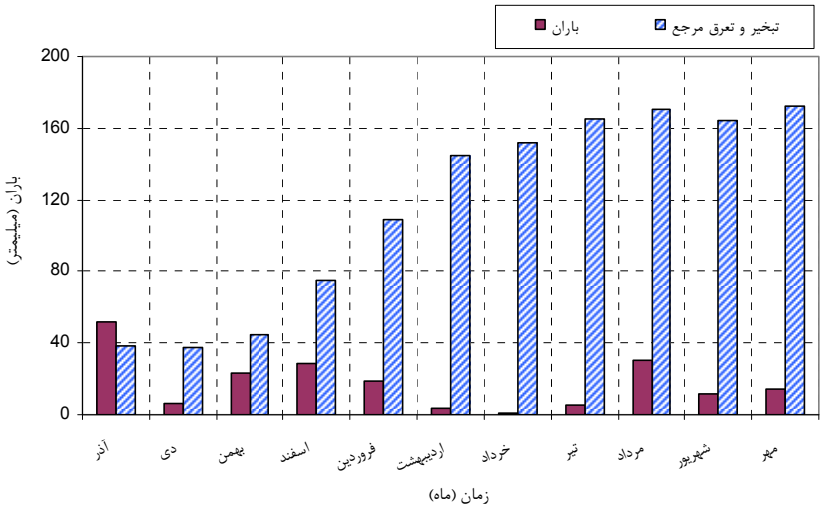
Archive of SID

جدول ۳- مقادیر پارامترهای گیاهی ورودی در مدل شبیه‌سازی *SWAP*

پارامتر	گندم	ذرت علوفه‌ای
مجموع دمای روزانه از مرحله جوانه‌زنی تا گلدهی	۱۲۳۳/۲	۱۴۵۴
مجموع دما از مرحله گلدهی تا برداشت (C^o)	۱۵۵۲/۱	۱۲۶۵
سطح برگ ویژه ($ha\ kg^{-1}$)	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۳۵
بیشینه افزایش نسبی در سطح برگ	۰/۰۰۸	۰/۰۱
کارایی مصرف نور ($kg\ CO_2\ J^{-1}$)	۰/۴	۰/۶
بیشینه شدت جذب CO_2	۵۰/۰۷	۷۳/۷

جدول ٤- مقادیر پارامترها و ضرایب توابع هیدرولیکی خاک مورد استفاده در مدل شبیه‌سازی

واحد زراعی	A12-3		B27-2	
لایه	۰-۱۲۰(cm)	>۱۲۰ (cm)	۰-۱۲۰(cm)	>۱۲۰ (cm)
Si (%)	۵۹	۵۶	۵۲	۶۱
C (%)	۳۹	۳۵	۴۵	۳۰
$\rho_b\ (gcm^{-3})$	۱/۶۱	۱/۴۷	۱/۷۱	۱/۵۵
$OC\ (\%)$	۱/۳۵	۰/۱۵	۱/۵	۰/۱
$\theta_{res}\ (cm^{-1}cm^{-1})$	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
$\theta_{sat}\ (cm^{-1}cm^{-1})$	۰/۳۱۵	۰/۴۳	۰/۳۵	۰/۴۱
$K_{sat}\ (cmd^{-1})$	۴۶	۳۸	۵۰	۳۵
$\alpha\ (cm^{-1})$	۰/۰۰۷۹	۰/۰۱۸۶	۰/۰۰۹۱	۰/۰۱۷۱
$\lambda\ (-)$	-۴/۶۴۸	-۲/۶۸۲	-۵/۲۸۴	-۱/۲۸۰
$n\ (-)$	۱/۱۵۲	۱/۴۳۱	۱/۰۷۹	۱/۱۲۷
$EC_e\ (dS\ m^{-1})$	۳/۱	۷/۷	۲/۷	۸/۵



شکل ۱- مقادیر باران ماهانه، تبخیر و تعرق مرجع در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵

مقادیر Y_s شبیه‌سازی شده محصول گندم ۴/۳ و ۵/۴ تن در هکتار به ترتیب در واحدهای زراعی *A12-3* و *B27-2* بدست آمد که با در نظر گرفتن ۸۵ درصد (۹) آن به عنوان وزن خشک دانه (محصول بازاری[1] (Y_m)) مقدار عملکرد دانه گندم شبیه‌سازی شده برابر ۳/۷ و ۴/۶ تن در هکتار بدست آمد.

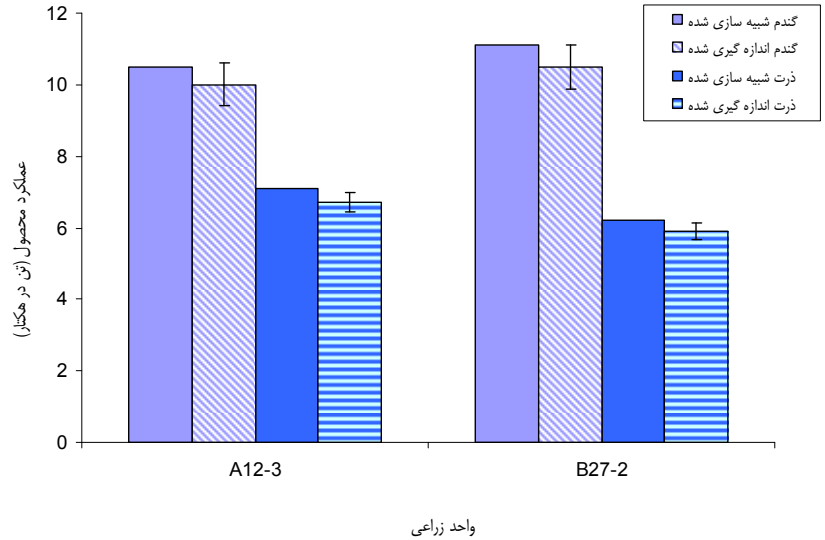
1- Marketable yield

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مشخصات سیستم زهکشی زیرزمینی در واحدهای زراعی مورد مطالعه (شبکه وشمگیر)

خصوصیات زهکشی	واحد زراعی	
	B27-2	A12-3
عمق زهکش فرعی (متر)	۲/۵	۲/۵
فاصله زهکش فرعی (متر)	۱۰۰	۱۰۰
عمق زهکش کلکتور (متر)	۳	۳
ضریب هدایت هیدرولیکی عمودی (متر در روز)	۰/۳۵	۰/۲۶
ضریب غیر ایزوتروپیک (-)	۲/۲	۱/۹
مقاومت زهکشی لترال (روز)	۱۹۲	۲۱۲
مقاوت زهکشی کلکتور (روز)	۱۵۸	۱۶۵



شکل ۲- مقایسه وزن خشک کل شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده دو محصول گندم و ذرت علوفه‌ای در واحدهای زراعی مورد مطالعه (شبکه وشمگیر) در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵

جدول ٦- نتایج آماری مقایسه وزن خشک کل و اندام‌های ذخیره‌ای شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده دو محصول گندم و ذرت علوفه‌ای در واحدهای زراعی مورد مطالعه در سال زراعی ۸٦-۱۳۸۵

گیاه	واحد زراعی	وزن خشک کل (تن در هکتار)	آنالیز آماری (ton ha^{-1}) Y_t			وزن خشک اندام‌های ذخیره‌ای (تن در هکتار)	آنالیز آماری (ton ha^{-1}) Y_s		
			R^2	EF	RMSE		R^2	EF	RMSE
گندم	B27-2	۱۱/۱	۰/۸۲	۰/۸	۰/۶۵	۵/۴	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۲۵
	A12-3	۱۰/۵	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۵۲	۴/۳	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۱۱
ذرت علوفه‌ای	B27-2	۶/۲	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۳۲	-	-	-	-
	A12-3	۷/۱	۰/۸۸	۰/۸۵	۰/۴۵	-	-	-	-

مقادیر Y_t شبیه‌سازی شده محصول ذرت علوفه‌ای ۷/۱ و ۶/۲ تن در هکتار به ترتیب در واحدهای زراعی A12-3 و B27-2 بدست آمد. با در نظر گرفتن ضریب ۲۰ درصد برای تبدیل وزن تر ذرت علوفه‌ای به وزن خشک(۹)، مقادیر وزن تر محصول ذرت علوفه‌ای اندازه‌گیری شده به وزن خشک تبدیل و با مقادیر شبیه‌سازی شده مقایسه گردید (شکل ۲ و جدول ۶).

به منظور بررسی دقت نتایج مدل، مقایسه آماری بین مقادیر عملکرد محصول شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده انجام شد. مقادیر

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌های آماری ضریب همبستگی (R^2)، مقدار مجذور مربعات خطا (RMSE) و کارایی مدل (EF) مربوط به مقایسه عملکرد تولید محصول شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در جدول ۶ ارائه شده است. مقدار RMSE برای Y_t از ۰/۳۲ (ذرت علوفه‌ای در واحد زراعی B27-2) تا ۰/۶۵ تن در هکتار (گندم در واحد زراعی B27-2) متغیر است و مقدار میانگین آن برابر ۰/۴۹ تن در هکتار است و برای Y_s ۰/۱۱ و ۰/۲۵ تن در هکتار بدست آمد. مقادیر EF در جدول ۶ نشان می‌دهد که مدل SWAP در شبیه‌سازی عملکرد گندم و ذرت علوفه‌ای در منطقه از کارایی مناسبی برخوردار است و مقدار میانگین آن برابر ۰/۸۴ است. آماره R^2 در واقع نسبت پراکندگی بین مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. مقادیر R^2 برای وزن خشک کل گندم و ذرت علوفه‌ای به ترتیب برابر ۰/۸۲، ۰/۷۹ و ۰/۹۱، ۰/۸۸ در واحدهای زراعی مورد مطالعه می‌باشد که نشان می‌دهد بیشترین همبستگی داده‌های شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده عملکرد کل در ذرت علوفه‌ای در واحد زراعی B27-2 و کمترین آن در گندم در واحد زراعی A12-3 است و مقدار میانگین آن برابر ۰/۸۵است. تحلیل آماری انجام شده نشان می‌دهد که Y_t و Y_s در واحدهای زراعی و در سال زراعی مورد مطالعه (۸۶-۱۳۸۵) با دقت قابل قبولی توسط مدل SWAP شبیه‌سازی شده‌اند. تفاوت مشاهده شده بین مقادیر Y_t و Y_s شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده ممکن است ناشی از خطاهای اندازه‌گیری، ناهمگنی مکانی داده‌های اندازه‌گیری شده و عوامل دیگر (علاوه بر شوری و کم‌آبی) موثر بر عملکرد تولید (بیماریها، آفات و کمبود مواد مغذی) که در مدل لحاظ نگردیده است، باشد.

ارزیابی انتقال آب و نمک

یکی از قابلیت‌های مدل *SWAP* توانایی شبیه‌سازی حرکت آب و املاح در پروفیل خاک تحت شرایط مختلف آبی و شوری می‌باشد که در ادامه چگونگی انتقال و توزیع رطوبت و شوری در خاک ارائه شده است.

ارزیابی انتقال آب در پروفیل خاک

جهت بررسی عملکرد مدل در برآورد توزیع رطوبت و مشخص نمودن تاثیر تنش آبی در خاک، در طی سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در واحدهای زراعی مورد مطالعه تا عمق ۸۰ سانتی‌متری به ازاء هر ۲۰ سانتی‌متر نمونه خاک برداشت شد و میانگین رطوبت حجمی برای ۳ تکرار محاسبه گردید. روند تغییرات رطوبت با زمان و عمق برای داده‌های اندازه‌گیری شده رطوبت در مقابل مقادیر شبیه‌سازی شده در واحد زراعی A12-3 در شکل ۳ ارائه شده است. بر اساس شکل ۳ در بیشتر زمان‌ها رطوبت خاک برآورد شده توسط مدل اختلاف کمی با مقادیر اندازه‌گیری شده دارد. تفاوت بین مقادیر رطوبت خاک شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده ممکن است ناشی از خطاهای اندازه‌گیری و ناهمگنی مکانی داده‌های رطوبت اندازه‌گیری شده و داده‌های ورودی اندازه‌گیری شده بخصوص داده‌های خاک و عمق سطح ایستابی باشد.

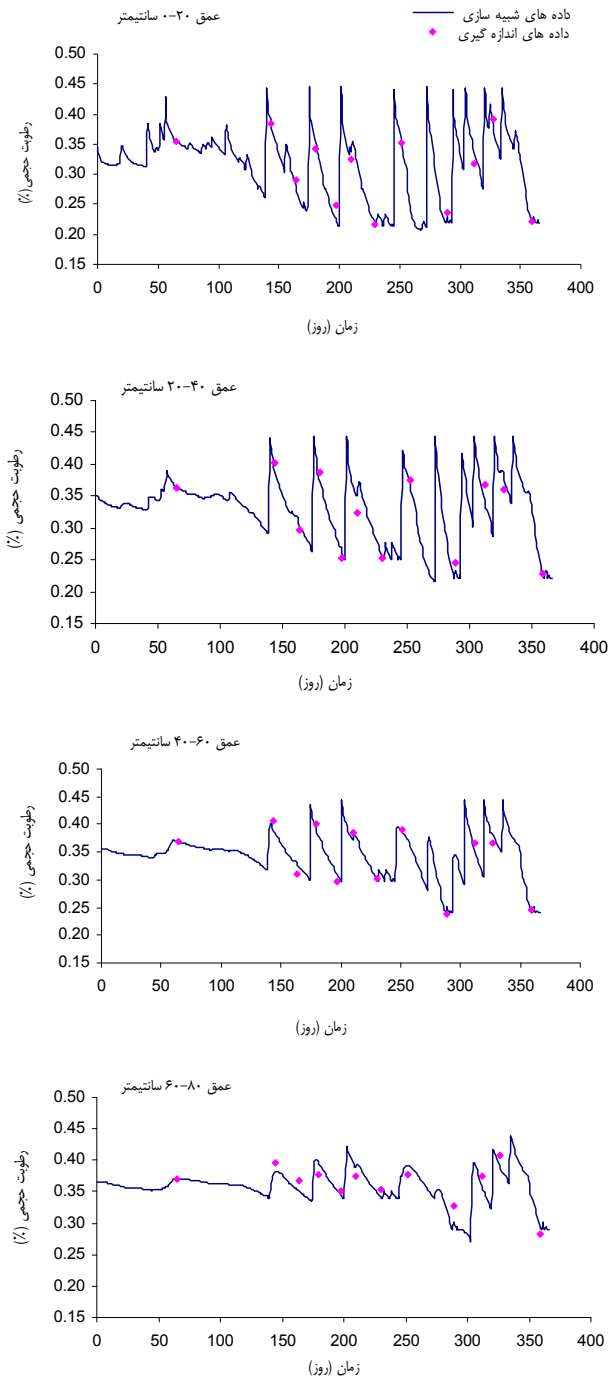
به منظور ارزیابی کلی مدل در برآورد رطوبت خاک، کل داده‌های رطوبت خاک اندازه‌گیری شده در عمق‌های مختلف و زمانهای مختلف در طول فصل کشت گندم و ذرت علوفه‌ای در هر دو واحد زراعی مورد مطالعه با مقادیر شبیه‌سازی شده مورد مقایسه آماری قرار گرفتند. مقدار RMSE تغییرات رطوبت خاک ۰/۰۳۱ و ۰/۰۲۳ (cm^3cm^{-3}) به ترتیب در واحدهای زراعی A12-3 و B27-2 بدست آمد. در تحقیقات انجام شده در این رابطه حداقل و حداکثر RMSE ۰/۰۲۷ و ۰/۰۵۲ (cm^3cm^{-3}) در شبیه‌سازی رطوبت خاک با استفاده از مدل SWAP برای گیاهان گندم، ذرت، چغندرقند و آفتابگردان بدست آمد (۱۶). مقدار R^2 تغییرات رطوبت خاک ۰/۸۴ و ۰/۸۸ (cm^3cm^{-3}) و مقدار *EF* ۰/۸۶ و ۰/۸۱ به ترتیب در واحدهای زراعی A12-3 و B27-2 بدست آمد. در این رابطه شهیدی (۱۳۸۷) مقادیر R^2 برابر ۰/۹۷ در شبیه‌سازی رطوبت خاک با استفاده از مدل *SWAP* برای گیاه گندم بدست آورد (۲).

مقایسه مقادیر شاخص‌های آماری بدست آمده برای مقادیر رطوبت خاک در مراحل زمانی مختلف در جدول ۷ ارائه شده است. مقادیر RMSE بدست آمده نشان می‌دهد که از نظر مرحله زمانی، بیشترین تطابق مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل با مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده مربوط به دوره زمانی پس از آبیاری اول گندم (دوره زمانی ۱)، زمان برداشت گندم (دوره زمانی ۷) و زمان برداشت ذرت علوفه‌ای (دوره زمانی ۱۲) است که به ترتیب مقادیر RMSE ۰/۰۰۷، ۰/۰۱۵ و ۰/۰۱۱ (cm^3cm^{-3}) بدست آمده است. مقادیر R^2 و EF بدست آمده نیز نتیجه بدست آمده توسط شاخص RMSE را تائید می‌کند. در دوره‌های زمانی ۱، ۷ و ۱۲ به ترتیب مقادیر R^2 ۰/۹۱، ۰/۸۹ و ۰/۹۲ و مقادیر EF به ترتیب ۰/۹۶، ۰/۹۳ و ۰/۹ بدست آمده است. به نظر می‌رسد دلیل آن مربوط به نوسان عوامل تغییر دهنده رطوبت خاک از جمله آبیاری و بارندگی و تبخیر تعرق در این مراحل زمانی می‌باشد. زیرا در سه مرحله زمانی مذکور باران بسیاری اندکی باریده است و آبیاری نیز انجام نشده است. ضمن اینکه میزان تبخیر تعرق نیز در این سه مرحله کمتر از مراحل دیگر رشد بوده است.

جدول ۷ مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به رطوبت خاک در لایه‌های مختلف خاک را نیز نشان می‌دهد. به طوریکه ملاحظه می‌گردد مقادیر مطلوب‌تر شاخص‌های آماری مربوط به لایه‌های عمقی خاک است. مقادیر بیشتر RMSE و مقادیر کمتر شاخص‌های EF و R^2 در لایه‌های نزدیک به سطح خاک به دلیل حضور بیشتر عوامل موثر مختلف (تبخیر، تعرق، جذب ریشه، بارندگی، آبیاری) در رطوبت خاک در این لایه‌ها است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- رطوبت خاک اندازه‌گیری شده و برآورد شده در اعماق مختلف خاک در واحد زراعی A12-3 در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵

لیکن علارغم تغییرات زیاد عوامل مذکور در این منطقه از پروفیل خاک، مقادیر شاخص‌های آماری بدست آمده در این لایه‌ها نشان دهنده عملکرد مطلوب مدل *SWAP* برای شبیه‌سازی رطوبت خاک می‌باشد. مقادیر رطوبت شبیه‌سازی شده توسط *SWAP* نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده در این تحقیق دارای وضعیت بیش‌برآوردی یا کم‌برآوردی نمی‌باشد این در حالی است که نتایج بدست آمده در برخی از تحقیقات انجام شده در ایران (۲ و ۵) نشان دهنده کم‌برآورد رطوبت در برخی از تیمارهای مورد بررسی توسط *SWAP* است. تعیین شرایط مرزی پایین مناسب در شرایطی که سطح ایستابی کم‌عمق حتی در دوره‌هایی از فصل رشد حضور دارد در برآورد رطوبت و شوری

www.SID.ir

Archive of SID

خاک توسط مدل تاثیر زیادی دارد. در این تحقیق مقادیر عمق آب زیرزمینی کم‌عمق و سیستم زهکشی به عنوان شرایط مرزی پایین در داده‌های ورودی مدل لحاظ گردیدند.

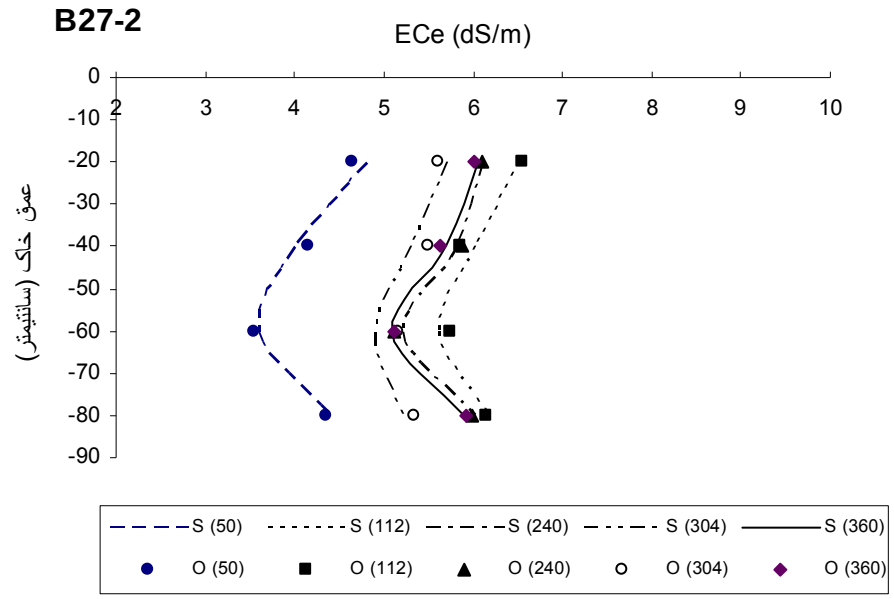
ارزیابی انتقال شوری در پروفیل خاک

یکی از مزایای مدل *SWAP* ایجاد تعامل بین انتقال شوری، رطوبت و رشد گیاه است. روند تغییرات شوری خاک با زمان و تا عمق ۸۰ سانتیمتری برای داده‌های اندازه‌گیری شده شوری خاک (در ۵ مرحله زمانی متفاوت در طول دوره ارزیابی) در مقابل مقادیر شبیه‌سازی شده در واحد زراعی B27-2 در شکل ۴ ارائه شده است.

بر اساس شکل ۴ در پنج مرحله زمانی مورد مطالعه، شوری خاک برآورد شده توسط مدل برای عمق‌های مورد نظر اختلاف کمی با مقادیر اندازه‌گیری شده دارد. تفاوت مشاهده شده بین مقادیر شوری خاک شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده ممکن است ناشی از خطاهای اندازه‌گیری و ناهمگنی مکانی داده‌های شوری اندازه‌گیری شده و داده‌های ورودی اندازه‌گیری شده بخصوص داده‌های خاک، عمق و شوری آب زیرزمینی کم‌عمق باشد.

جدول ۷- نتایج آماری مقایسه رطوبت خاک شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در اعماق مختلف خاک و مراحل زمانی مختلف

مرحله زمانی	NO.	R^2	EF	RMSE (cm^3cm^{-3})	واحد زراعی	عمق اندازه‌گیری	NO.	R^2	EF	RMSE (cm^3cm^{-3})
۱	۲۴	۰/۹۱	۰/۹۶	۰/۰۰۷	A12-3	۰-۲۰	۳۶	۰/۸۲	۰/۷۸	۰/۰۳۵۳
۲	۲۱	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۰۳۵		۲۰-۴۰	۳۳	۰/۸۶	۰/۹۰	۰/۰۲۴۱
۳	۲۴	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۰۲۱		۴۰-۶۰	۳۱	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۰۲۱۰
۴	۱۸	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۰۳۸		۶۰-۸۰	۳۴	۰/۹	۰/۹۲	۰/۰۱۳۰
۵	۲۴	۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۰۲۹	B27-2	۰-۲۰	۳۶	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۰۳۶۷
۶	۲۱	۰/۸۶	۰/۹۱	۰/۰۲۲		۲۰-۴۰	۳۶	۰/۹۲	۰/۸۶	۰/۰۲۱۹
۷	۲۴	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۰۱۵		۴۰-۶۰	۳۳	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۰۲۰۴
۸	۲۴	۰/۷۶	۰/۸۱	۰/۰۳۷		۶۰-۸۰	۳۶	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۰۱۱۰
۹	۱۸	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۰۴۰						
۱۰	۲۱	۰/۸۷	۰/۸۴	۰/۰۲۶						
۱۱	۲۱	۰/۸۱	۰/۷۸	۰/۰۳۱						
۱۲	۲۴	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۰۱۱						



شکل ٤- مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده شوری عصاره اشباع خاک و مقادیر اندازه‌گیری شده در پنج مرحله زمانی مختلف از دوره شبیه‌سازی در واحد زراعی B27-2

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور ارزیابی کلی مدل در خصوص برآورد شوری خاک، کل داده‌های شوری خاک اندازه‌گیری شده در عمق‌های مختلف و زمانهای مختلف در طول سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در هر دو واحد زراعی مورد مطالعه با مقادیر شبیه‌سازی شده مورد مقایسه آماری قرار گرفتند. مقدار RMSE برای تغییرات شوری خاک ۰/۲۹ و و ۰/۲۷ dS/m به ترتیب در واحدهای زراعی A12-3 و B27-2 بدست آمد. مقادیر آماره‌های R^2 (۰/۸۴ و ۰/۸۶) و EF (۰/۷۹ و ۰/۸) نیز نشان دهنده عملکرد مناسب مدل در برآورد مقادیر شوری عصاره اشباع خاک است. در این رابطه شهیدی (۲) به برآورد کمتر مقادیر شوری خاک توسط مدل *SWAP* در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده در بیشتر تیمارهای مورد مطالعه خود اشاره دارد (۲). این در حالی است که در نتایج بدست آمده در این تحقیق روند کم یا بیش برآورد مقادیر شوری خاک مشاهده نگردید (شکل ۴). به نظر می‌رسد که لحاظ کردن شرایط مرزی پایین در مدل که در بیلان آب و نمک در خاک نقش بسیار مهمی دارد در برآورد مناسب مقادیر شوری خاک و همچنین رطوبت خاک در این تحقیق بسیار موثر بوده است.

مقایسه مقادیر شاخص‌های آماری بدست آمده برای شوری عصاره اشباع خاک در مراحل زمانی مختلف در جدول ۸ ارائه شده است. مقادیر آماره‌های بدست آمده نشان می‌دهد که از نظر مرحله زمانی، بیشترین تطابق مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل با مقادیر شوری اندازه‌گیری شده به ترتیب مربوط به مرحله زمانی سوم (زمان برداشت گندم) و پنجم (زمان برداشت ذرت علوفه‌ای) است که به ترتیب مقادیر RMSE ۰/۱۰۶ و ۰/۱۱۸ (dS/m) ، مقادیر R^2 ۰/۸۹ و ۰/۹ و مقادیر EF ۰/۹۲ و ۰/۸۷ بدست آمده است.

به نظر می‌رسد دلیل آن مربوط به نوسان کم عوامل موثر بر شوری خاک به خصوص آب آبیاری، جریان رو به بالای آب زیرزمینی کم‌عمق شور و بارندگی در این مراحل زمانی باشد. زیرا در دو مرحله زمانی مذکور باران بسیاری اندکی باریده است، آبیاری نیز انجام نشده است و به دلیل کاهش تغذیه آب زیرزمینی کم‌عمق و کاهش نیاز آبی گیاه، جریانات رو به بالا به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی مدل *SWAP* در این تحقیق نشان داد که مدل برای برآورد عملکرد گندم و ذرت علوفه‌ای در شبکه آبیاری و زهکشی وشمگیر در شرایط توام شوری و خشکی کارایی مطلوبی دارد. ارزیابی کلی مدل در برآورد رطوبت وشوری خاک در شرایط توام شوری و کم‌آبی و وجود زهکشی زیرزمینی و حضور سطح ایستابی کم‌عمق به عنوان شرایط مرزی پایین نشان‌دهنده تطابق مطلوب برآورد مدل با شرایط رطوبت و شوری واقعی خاک به ترتیب با میانگین RMSE ۰/۰۲۷ ($cm^3\ cm^{-3}$) و ۰/۲۸ (dS/m) است. بیشترین تطابق مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده رطوبت از نظر زمانی مربوط به بازه‌هایی از دوره ارزیابی با نوسان کمتر عوامل تغییر دهنده رطوبت خاک از جمله آبیاری و بارندگی و تبخیر تعرق با مقدار RMSE برابر ۰/۰۱۱ ($cm^3\ cm^{-3}$) بوده است. همچنین بیشترین تطابق مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده شوری خاک از نظر زمانی مربوط بازه‌های زمانی برداشت محصول به دلیل نوسان کم عوامل موثر بر شوری خاک به خصوص آب آبیاری، جریان رو به بالای آب زیرزمینی کم‌عمق شور با مقدار RMSE برابر با ۰/۱۱۲ (dS/m) بوده است. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق، مدل *SWAP* در برآورد عملکرد محصول در شرایط توام محدودیت شوری و آبی و انتقال آب و نمک در خاک در واحدهای زراعی مورد مطالعه در شبکه وشمگیر برای سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵به صورت قابل قبولی عمل کرده است.

جدول ۸- نتایج آماری مقایسه شوری خاک شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در اعماق مختلف خاک و مراحل زمانی مختلف

مرحله زمانی	NO.	R^2	EF	RMSE (dS/m)	واحد زراعی	عمق اندازه‌گیری	NO.	R^2	EF	RMSE (dS/m)
۱	۲۴	۰/۸۴	۰/۸۰	۰/۲۸۷	A12-3	۰-۲۰	۳۰	۰/۷۸	۰/۷۱	۰/۳۴۳
۲	۱۹	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۲۷۲		۲۰-۴۰	۲۸	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۳۱۲
۳	۲۴	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۱۰۶		۴۰-۶۰	۳۰	۰/۸۷	۰/۸۴	۰/۲۷۴
۴	۲۱	۰/۸۵	۰/۷۳	۰/۳۱۷		۶۰-۸۰	۲۶	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۲۱۶
۵	۲۴	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۱۱۸	B27-2	۰-۲۰	۳۰	۰/۸۰	۰/۷۲	۰/۳۲۴
						۲۰-۴۰	۳۰	۰/۸۲	۰/۷۸	۰/۳۰۱
						۴۰-۶۰	۲۸	۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۲۸۱
						۶۰-۸۰	۲۷	۰/۹۲	۰/۸۷	۰/۲۲۶

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱- شریفیان ح، ۱۳۸۵. بهینه‌سازی الگو و تراکم کشت در وضعیت‌های غیرقطعی مقدار و کیفیت آب آبیاری. رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

۲- شهیدی ع، ۱۳۸۷. اثر برهم‌کنش کم‌آبیاری و شوری بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم با تعیین تابع تولید آب–شوری در منطقه بیرجند. رساله دکتری، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- خانی قریه‌گپی م.، داوری ک.، علیزاده الف.، هاشمی‌نیا س.م.، و ذوالفقاران الف. ۱۳۸۶. ارزیابی مدل *SWAP* در برآورد عملکرد چغندر قند تحت کمیت‌ها و کیفیت‌های مختلف آبیاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۲: ۱۱۸–۱۰۷.

۴- منصوری ح.، و مصطفی‌زاده ب. ۱۳۸۵. راهنمای نصب و اجرای مدل *SWAP*. اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوضه-های کارون و زاینده‌رود. دانشگاه شهرکرد.

۵- منصوری ح.، مصطفی‌زاده ب.، موسوی ف.، و فیضی م. ۱۳۸۶. استفاده از مدل *SWAP* به منظور بررسی تاثیر مدیریت آبیاری با آب شور بر رطوبت خاک منطقه رودشت اصفهان. مجموعه مقالات نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

6- Bastiaanssen W.G.M., Allen R.G., Droogers P., D'urso G., and Steduto P. 2007. Twenty-five years modeling irrigated and drained soils: State of the Art, Agricultural Water Management, 92(3): 111-125.

7- Kroes J.G., van Dam J., 2003. Reference manual SWAP version 3.03. Altera Green World Research, Altera report 773. Wageningen University and Research Center, Wageningen, the Netherlands, 211 p. ISSN: 1566-7197.

8- Mualem Y. 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media, Water Resource Research. 12: 513-522.

9- Penning de Vries F.W.T., van Laar H.H., Chardon M.C.M. 1983. Bioenergetics of growth of seeds, fruits and storage organs. International Research Institue, Manila. 37-59.

10- Ruiz M.E., and Utset A. 2003. Models for predicting water use and crop yields. Report of College on Soil Physics. 323-328.

11- Singh R., van Dam J., Feddes RA. 2006. Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa district. India. Agricultural Water Management 82: 253-278.

12- Utset AH., Velicia B., delRio R., Morillo J., Centeno A., and Martinez C. 2007. Calibrating and validating an agrohydrological model to simulate sugerbeet water use under mediterranean condition. Agricultural Water Management, 94(1-3): 11-21.

13- van Dam J.C., Singh R., Bessembinder J.J.E., Leffelaar P.A., Bastiaanssen W.G.M., Jhorar R.K., Kroes J.G., Droogers P., 2006. Assessing options to increase water productivity in irrigated river basins using remote sensing and modeling tools. Water Res. Development. 22, 115-133.

14- van Dam J.C., Groenendijk P., Hendriks R.F.A., Kroes J.G., 2008. Advances of modeling water flow in variably saturated soils with SWAP. Vadose Zone Journal. 7, 640-653.

15- Van Genuchten M.Th. 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society American Journal. 44: 892-898.

16- Vazifedoust M. 2007. Development of an agricultural drought assessment system, Integration of crop and soil modeling remote sensing and geographical information. Phd Dissertation. Wageningen Agricultural University.

17- Wosten J.H.M., Lilly A., Nemes A., Le Bas C. 1998. Using existing soil data to derive hydraulic parameters for simulations models in environmental studies and in land use planning. Report 156. DLO Winand Staring Centre, The Netherlands.

www.SID.ir

Archive of SID
Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 6, Jan-Feb 2011, p. 1224-1235

نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۸۹، ص. ۱۲۳۵-۱۲۲۴

Evaluation of SWAP Model in Simulating Yield of Wheat and Fodder Maize in Simultaneous Condition of Water and Salinity Limitations

(Case Study: Voshmgir Network, Golestan Provinc)

H. Noory[1]*-A.M. Liaghat[2]- M. Parsinejad[3]- M. Vazifedoust[4]
Received: 1-5-2010
Accepted: 19-9-2010

Abstract

In this study, evaluation of SWAP model in simulating crop yield, water and salt movement in soil were investigated in the wheat- fodder maize cultivated units. The research was conducted in the Voshmgir network, Golestan province. The crop yield, soil humidity and moisture data in different times of agriculture year of 2007-2008 were measured. The measured and simulated data were analyzed. The statistical comparison which was done base on the root mean square error (0.49 ton/ha), correlation coefficient (0.85) and modeling efficiency (0.84), for estimating the total crop dry matter of wheat and fodder maize showed that the estimated crop yield by SWAP agree well with observed values. Suitable values of statistical indexes obtained for estimating soil moisture and soil salinity by SWAP, indicated that considering suitable bottom boundary condition in SWAP which has important role on water and solute balance in soil, has affected on estimation of soil moisture and salinity considerably.

Keywords: Crop yield, Soil salinity, SWAP model, Water and salinity limitations

1,2,3- PhD Student, Professor and Assistant Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Agriculture Faculty, University of Tehran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: hnoory@ut.ac.ir)
4- Assistant Professor, Department of Irrigation, Agriculture Faculty, University of Gillan

www.SID.ir