شبیه سازی رطوبت و حرکت آب در خاک و تاثیربر فرایند تعرق دراراضی زیرکشت گندم بوسیله مدل LEACHN

علی عصاره*[۱]، منصور پاره کار [۲]، فریدون کاوه [۳] و حبیب موسوی جهری [۴]

۱) دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، عضو هئیت علمی، اهواز، ایران
۲) مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری- وزارت جهاد کشاورزی، ایران
۳) دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشیار، تهران، ایران
۴) دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشیار دانشکده مهندسی آب، اهواز، ایران

مقاله با رساله دکتری مرتبط است.
* **نویسنده مسئول مکاتبات** ali_assareh_2003@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۹/۰۹ **تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۰۱**

چکیده

تاکنون بخش عمده‌ای از تحقیقات کشاورزی مبتنی بر آزمایشهای مزرعه‌ای و تجزیه و تحلیل‌های آماری بوده است. ضعف بزرگ این روشهای تحقیقاتی عدم امکان شناخت روند عملکرد سامانه و نیز عدم امکان تعمیم نتایج حاصله به خارج از محدوده آزمایش می‌باشد. لیکن به کمک مدل‌سازی امکان شبیه‌سازی و شناخت فرآیندهای سامانه تولید تحت مجموعه‌ای از شرایط معین فراهم شده و مورد بررسی قرار می‌گیرد. این پژوهش به منظور بررسی حرکت آب در خاک و شبیه سازی آن بوسیله مدل LEACHN در شرایط متغییر رطوبتی خاک تحت کشت رقم گندم چمران انجام گرفت. سه تیمار آبیاری شامل I_1 (بدون تنش آبی)، I_2 (قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله) و I_3 (قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه) و پنج سطح نیتروژن با مقادیر ۰، ۴۰ ، ۸۰ ، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. در این بررسی روند حرکت آب در خاک با استفاده از مدلLEACHN شبیه‌سازی گردید. از آنجایی که مدل LEACHN در ابتدا برای گیاه ذرت تدوین شده بود با استفاده از مدل SUCROS و نتایج حاصل از تحقیقات پیشین رابطه رشد ریشه گندم بدست آمده و در مدلLEACHN بکار رفت. اندازه‌گیری مقادیر رطوبت مزرعه و مقایسه آن با نتایج تخمین رطوبت بیان‌کننده همبستگی بالا بین مدل و نتایج مزرعه‌ای بوده و مدل مقدار رطوبت خاک را با دقت قابل قبولی پیش‌بینی نمود. پس از کالیبراسیون و آزمون اعتبار مدل، بررسی درصد آب جذب شده توسط گیاه نشان داد که بیشترین تعرق و یا به عبارتی جذب آب از لایه ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری صورت گرفته است. این موضوع نشان از اهمیت لایه‌های سطحی در شرایط تنش آبی دارد. مدل نشان می‌داد مقدار تعرق متناسب با مقدار آب داده شده در هر تیمار بوده است. بررسی بیلان آب در نیمرخ خاک نشان داد که در اوایل فصل رشد، بخش عمده آب مصرفی، صرف تبخیر از خاک می‌شود و با گذشت زمان و افزایش میزان شاخص سطح برگ (LAI) بیشترین میزان تبخیر و تعرق به صورت تعرق خواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir

واژه های کلیدی: شبیه سازی رطوبت، گندم، مدل، تعرق، LEACHN .

مقدمه

در حال حاضر برای رسیدن و حفظ خودکفایی نیازمند افزایش تولید گندم در داخل کشور هستیم. با توجه به محدودیت در سطح زیر کشت، برای افزایش محصول بایداز طریق افزایش عملکرد در واحد سطح اقدام گردد. از طرفی اگر راندمان از طریق مصرف صحیح نهاده‌ها افزایش یابد و بتوان به تولید بیشتر یا به همان مقدار تولید لیکن با کیفیت بالاتر (پروتئین بیشتر) دست یافت، در واقع نوعی افزایش محصول یا انرژی محقق شده است. برای رسیدن به این اهداف استفاده صحیح، اصولی و به موقع از نهاده‌های زراعی مانند آب، کود و انتخاب ارقام مناسب برای هر منطقه ضروری است.

در دو دهه اخیر بخش مهندسی کشاورزی به تقلید از تحلیل سامانه‌ای مهندسی به سمت مدل کردن روابط پیچیده و تا حد زیادی ناشناخته رشد و نمو گیاهان زراعی و رابطه آن با آب، خاک و اتمسفر گام برداشته و با هدف شناخت دقیق‌تر این هدف را دنبال می‌کند. از روشهای نوین کشاورزی که در امر تحقیق، مدیریت، بهینه کردن بهره‌وری و شناخت کامل سامانه و تدوین نوعی استاندارد دقیق برای آن بسیار مؤثر است، بهره‌گیری از مدل‌های مختلف می‌باشد.

طی ۲۰ سال اخیر مدلهای شبیه‌سازی با نگرشی جدید بر سامانه پیوسته و پویای آب، خاک، گیاه و اتمسفر به بررسی و آزمون فرضیه‌های مختلف در رابطه با عوامل مختلف دخیل در این نوع سامانه پرداخته است. در مراحل این مطالعات به منظور کاهش پیچیدگی عوامل مؤثر و متأثر از این سامانه و به منظور ساده‌سازی و امکان‌پذیری بررسی، تنها عوامل اصلی و نوع کارکرد آنها، مطالعه شده‌اند به عبارتی سامانه با توجه به نوع هدف، ساده شده و مدل سازی گردیده است.

مدلهای مختلفی وجود دارد که می‌توانند رطوبت خاک را شبیه سازی نمایند و محققین بسیاری روی مدل‌های حرکت آب و جذب آن توسط گیاه تحقیق کرده و به نتایج قابل قبولی دست یافته‌اند. مدل LEACHM توسط Hutson و Wagnet در سال ۱۹۹۲ ارائه شده است و به عنوان یک مدل توانمند بوسیله افراد دیگر برای شبیه سازی حرکت آب و نمک در خاک مورد استفاده و تایید قرار گرفته است.

Ramos و Carbonell در سال ۱۹۹۱ مدل LEACHM را برای برآورد مقادیر نیتروژن و رطوبت حجمی خاک تحت کشت گندم زمستانه بکار بردند. نامبردگان نشان دادند که مدل میزان رطوبت حجمی را ۲۰ درصد بیشتر از واقعیت و نیتروژن معدنی را ۶۷ درصد کمتر تخمین می‌زند. آنها اظهار داشته که نامناسب بودن رابطه رطوبتی خاک به خصوص در حالت اشباع باعث برآورد بیش از اندازهٔ رطوبت خاک گردیده است.

Parehkar در سال ۱۹۹۸ از مدل LEACHM برای شبیه سازی حرکت آب و نمک در محیط متخلخل استفاده کرد و نتایج را با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه و به نتایج قابل قبولی دست یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

Dust و همکاران در سال ۲۰۰۰ حرکت آب و نمک‌ها را در مزرعه توسط مدل LEACHP شبیه‌سازی نمودند. خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و هیدرولیکی خاک با آزمون‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی و برخی ضرایب را با بررسی منابع و کالیبره نمودن مدل بدست آوردند.

Cassel SHamasakar و همکاران در سال ۲۰۰۰ با کاربرد مدلی بنام CHAIN.IR حرکت آب و نیترات را در مزارع چغندر قند در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای بررسی نمودند. در این مدل نیز برای بررسی حرکت آب و نمک به ترتیب از رابطه ریچاردز و انتشار- پخشیدگی استفاده گردید. نتایج نشان داد که هر چقدر مقدار تخلیه مجاز رطوبتی کمتر باشد، مقدار نیترات در خاک در طول فصل رشد بیشتر می‌باشد.

Clement و همکاران در سال ۱۹۹۴ سه مدل بنام‌های LEACHW, SWATRE, SWASIM را جهت بررسی حرکت آب در خاک ارزیابی نمودند. در هر سه مدل از رابطه ریچاردز استفاده گردیده و تنها تفاوت آنها در رابطه جذب آب توسط گیاه می‌باشد. مدلها نتایج قابل قبولی را ارائه دادند. متوسط خطای نسبی بین ۰/۲۹۱۵- تا ۰/۲۹۱۵+ متغیر بود و هیچکدام از مدل‌ها نسبت به دیگری ارجحیت نشان نداد.

Smith و همکاران در سال ۱۹۹۵ جریان آب در خاک را توسط مدل LEACHM بررسی نمودند. آزمایش در شرایط اشباع و نزدیک اشباع در ستون‌هایی به طول ۶۵ و قطر ۲۰ سانتی‌متر انجام گرفت. توزیع اندازه ذرات در لایه‌های ۵ سانتی‌متری در طول نیمرخ ستون خاک متغیر بود. نتایج نشان داد که مدل تحت این شرایط حرکت آب را با دقت قابل قبولی پیش‌بینی می‌کند. خطای نسبی بین ۶/۹ تا ۷/۸ درصد و مقدار ضریب تغییرات بین ۹/۳ تا ۱۱/۹ درصد متغیر بود.

Antonopoules در سال ۲۰۰۰ در تحقیقی دیگر با کاربرد مدل WANISIM حرکت آب در مزارع تحت کشت ذرت را بررسی نمود. شرایط را هم دما فرض و از پدیده پس‌ماند رطوبت صرفنظر نمود. در این بررسی رابطه ریچاردز، مورد استفاده قرار گرفت. ضرایب رابطه منحنی رطوبتی خاک را با دو روش؛ اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و با استفاده از توزیع ذرات خاک برآورد گردید. نتایج نشان داد که مدل با دقت قابل قبولی مقدار رطوبت خاک را برآورد می‌کند و این دقت در هر دو روش اندازه‌گیری ضرایب منحنی رطوبتی خاک به طور تقریبی یکسان بوده است.

.Kang و همکاران در سال ۲۰۰۱ ضمن ارائه مدلی برای بررسی حرکت آب، از آن برای شبیه سازی در مزرعه تحت گندم در یک منطقه نیمه‌خشک چین استفاده نمودند. پارامترهای مورد نیاز، به خصوص پارامترهای هیدرولیکی خاک و گیاه بوسیله اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی تعیین شدند. تطابق مناسبی بین مقادیر رطوبت، تعرق گیاه، تبخیر از سطح خاک و جذب آب شبیه‌سازی شده با مقادیر اندازه‌گیری وجود داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج بررسی‌ها نشان دهنده آنست که اکثر مدل‌ها برای بررسی حرکت آب از رابطه ریچاردز و برای تجزیه، تحلیل و انتقال نمک‌ها از رابطهٔ پخشیدگی- انتشار استفاده می‌نمایند. نتایج حاصله نیز نمایانگر دقت به طور نسبی بالای این مدلها در شبیه سازی حرکت آب و نمک‌ها می‌باشد.

با توجه به اینکه برنامه رایانه‌ای LEACHM فراهم بود در این تحقیق همزمان با یکسری آزمایشهای مزرعه‌ای و با استنباط از مدل سعی بر آن بود که ضمن بررسی حرکت آب در خاک برخی از کاربردهای مدیریتی مدل نیز مورد توجه قرار گیرد. اهداف این تحقیق شامل ارزیابی مدل LEACHN تحت رژیم‌های مختلف آب، اعمال تیمارهای کود و بررسی وضعیت رطوبت خاک با برقراری بیلان آب در خاک و مقایسه نتایج حاصل از مدل با نتایج مزرعه‌ای بوده است.

مواد و روش ها

این آزمایش در فصل زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعهٔ مرکز تحقیقات کشاورزی اهواز انجام گرفت. عرض جغرافیایی ایستگاه ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقهٔ شرقی و ارتفاع آن از سطح دریا ۲۱ متر می‌باشد. آمار هواشناسی در محدودهٔ زمانی آزمایش نشان می‌دهد که در این دوره، میزان بارندگی ۱۹۸/۶ میلی‌متر بوده که بیشتر آن در بهمن ماه به مقدار ۱۰۲/۶ میلی‌متر و کمترین آن مربوط به اسفند ماه و به مقدار ۱/۵ میلی‌متر بوده است. متوسط درجه حرارت ماهانه ۲۰ درجه سانتیگراد گزارش شده است. علاوه بر این، با مقایسه آمار بارندگی و تبخیر از تشتک کلاس (A) در طول دورهٔ کشت مشاهده می‌شود که به طور تقریبی در تمام طول دوره زراعی میزان تبخیر از بارندگی بیشتر بوده است.

برای تعیین وضعیت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه پیش از شروع آزمایش یک پروفیل خاکشناسی در مزرعهٔ تحقیقاتی حفر گردید و نمونه‌هایی از اعماق مختلف خاک به ضخامت ۳۰ سانتیمتر برداشت شد. میزان نیتروژن، فسفر، پتاس، EC, pH, CEC مواد آلی و بافت نمونه‌های یاد شده در آزمایشگاه خاکشناسی تعیین شد. نتایج این اندازه‌گیری‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	نیتروژن (درصد)	واکنش pH	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (سانتی مول بر کیلوگرم)	ECe (دسی‌زیمنس بر متر)	OC (درصد)	پتاسیم (میکروگرم برگرم)	فسفر (میکروگرم برگرم)	عمق نمونه‌برداری (سانتیمتر)
سیلتی رسی لوم	۰/۰۵۹	۷/۲	۱۷/۲۵	۱/۶	۰/۶۷	۲۳۴/۵	۱۱/۰۲	۰-۳۰
سیلتی رسی	۰/۰۲۳	۷/۲	۱۶/۳۵	۲/۸	۰/۳۵	۱۸۴/۵	۶/۸	۳۰-۶۰
رسی	۰/۰۱۷	۷/۷	۱۸	۴/۴	۰/۱۸	۱۸۷	۴/۳۵	۶۰-۹۰
رسی	۰/۰۱۶	۷/۸	۱۸/۷	۵/۱	۰/۱۱	۱۹۰	۴/۰۹	۹۰-۱۲۰

برای اندازه گیری رطوبت نیمرخ خاک از دستگاه TDR استفاده شد. در طی دوره رشد اندازه‌گیری رطوبت خاک در فواصل زمانی معین (به طور معمول هر یک تا سه روز) در لایه‌های ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ ، ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتی‌متری انجام و اندازه‌گیری نیتروژن به روش کجلدال صورت گرفت. به منظور فراهم آوردن شرایط لازم برای مقایسه کمی اثرات حاصل از تنش آبی و میزان نیتروژن در روند رشد و نمو گندم طرح آزمایشی بصورت اسپیلت پلات با طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. به رغم اهمیت فاکتور آب در مقایسه‌های این تحقیق و تنها به لحاظ امکان عملی کردن تیمارها و کاهش خطاهای آزمایش، میزان آب با سه سطح به عنوان فاکتور اصلی (MP) این آزمایش انتخاب گردیدند. میزان نیتروژن نیز با پنج سطح به عنوان فاکتور فرعی (SP) انتخاب شد. با وجود سه تیمار آبیاری و پنج تیمار نیتروژن در سه تکرار، این آزمایش در مجموع در ۴۵ کرت آزمایشی به اجرا درآمد. مساحت خالص هر کرت فرعی ۹ متر مربع (۱/۸×۵)، و همچنین مساحت هر کرت اصلی با احتساب فاصلهٔ بین دو کرت فرعی ۱۰۰ سانتی‌متر، ۷۰ متر مربع انتخاب شد. مساحت هر بلوک معادل ۲۱۰ متر مربع برآورد می‌گردد، لازم به ذکر است که فاصلهٔ بین دو کرت اصلی ۲ متر انتخاب گردید با احتساب فاصلهٔ ۳ متر بین هر دو تکرار در مجموع آزمایش در سطحی بالغ بر ۸۸۲ مترمربع (۲۰×۴۲) انجام پذیرفت. در هر کرت فرعی بذرها در ۹ خط با فاصلهٔ ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر با ماشین ردیف کار غلات و با در نظر داشتن تراکم ۴۰۰ بذر بر مترمربع کشت شدند. از این ۹ ردیف، خط شمارهٔ یک و ۹ به عنوان خطوط حاشیه و خطوط ۲ و ۸ به عنوان ردیف‌های نمونه‌برداری انتخاب شدند.

از آنجایی که محدودیت آب در پایان دوره رسیدن گندم از مهمترین چالشهای موجود در مناطق نیمه خشک محسوب می شود تیمارهای قطع آبیاری در مراحل انتهایی رشد و بر اساس تأمین اطلاعات مورد نیاز برای مقایسه نتایج مزرعه‌ای و نتایج مدل و مطابق با مراحل مختلف رشد و نمو گندم تنظیم گردید. به این ترتیب که آبیاری‌های اول، دوم و سوم برای استقرار کامل گیاه به صورت کامل برای کلیه تیمارها انجام گردید و اعمال تیمار مراحل آبیاری در آبیاری‌های چهارم و پنجم اعمال گردیده است.

Archive of SID

www.SID.ir

تیمار I_1: انجام آبیاری در ۶ نوبت بدون حذف آبیاری (بدون تنش آبیاری)،

تیمار I_2: انجام آبیاری در ۵ نوبت و حذف آبیاری در مرحله ظهورسنبله و

تیمار I_3: انجام آبیاری در ۵ نوبت و حذف آبیاری در مرحله شیری شدن دانه‌ها.

در این آزمایش نیتروژن به عنوان فاکتور فرعی (SP) شامل پنج سطح N_1، N_2، N_3، N_4 و N_5 به ترتیب با مصرف صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و۱۶۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار انتخاب شد.

لازم به ذکر است که کود نیتروژن از منبع کود اوره با ۴۶ درصد نیتروژن تامین گردیده است که یک سوم کود نیتروژن بصورت پایه، یک سوم در مرحله پنجه زنی گیاه و یک سوم در مرحله ساقه رفتن مصرف گردید. میزان کود مورد نیاز پتاسیم و فسفر بر اساس توصیه‌های کودی منطقه، قبل از کاشت مورد استفاده قرار گرفت. در این آزمایش رقم گندم چمران که از واریته‌های مناسب و مرسوم در منطقه، به کار رفته است.

مبانی مدل

مدل برای شبیه‌سازی حرکت آب از معادله ریچاردز استفاده می نماید:

$$\frac{\partial\theta}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left(k(\theta)\frac{\partial h}{\partial z}-k(\theta)\right)-U(z,t) \qquad (۱)$$

که در آن θ درصد رطوبت حجمی (L^3/L^3)، k هدایت هیدرولیکی خاک (LT^{-1})، h مکش خاک(L)، $U(z,t)$مقدار جذب آب توسط ریشه‌ها (L/T)

برای تعیین رابطه بین رطوبت و مکش ماتریک خاک از رابطه پیشنهادی کمپل Campbell در سال ۱۹۷۴ استفاده می‌شود.

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

که درآن θ_s ،رطوبت اشباع خاک $\left(L^3/L^3\right)$، a و b ضرایب رابطه می‌باشند که از برازش داده‌ها بدست می‌آیند.

چون در این رابطه توانی تابع در نقطه h=a و $\theta/\theta_s=1$ دارای گسستگی است، از این نظر تابع سهمی شکل زیر توسط Hutson وCASS در سال ۱۹۸۷ برای مکش‌های پایین پیشنهاد گردید :

$$h=\frac{a\left(1-\theta/\theta_s\right)^{0/5}\left(\theta_c/\theta_s\right)^{-b}}{\left(1-\theta_c/\theta_s\right)^{0/5}} \quad .....\circ\langle h\langle h_c \qquad (۳)$$

Archive of SID

www.SID.ir

که در آن h_c و θ_c مختصات نقطه‌ای است که دو منحنی توانی و سهمی یکدیگر را قطع می‌کنند و مقادیر آن از روابط زیر بدست می‌آیند.

$$\theta_C = \frac{2b\theta_S}{1+2b} \quad (۴)$$

$$h_C = a[\frac{2b}{(1+2b)}]^{-b} \quad (۵)$$

در کلیه روابط بالا علایم و نشانه‌ها معانی و ابعاد پیشین را دارا می باشند.

Campbell در سال ۱۹۷۴ رابطه زیر را برای هدایت هیدرولیکی خاک ارائه نمود که در این مدل از آن استفاده گردید.

$$K(\theta) = K_s(\theta/\theta_s)^{2b+2+p} \quad (۶)$$

که در آن K_s هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (L/T) و p اثر متقابل منافذ خاک که در مدل به طور معمول عدد ۱ برای آن منظور می‌گردد.

پارامتر U(z,t) در رابطه ریچاردز مقدار جذب آب بوسیله ریشه‌های گیاه را نشان می‌دهد. نیما و هنکس در سال۱۹۷۳ بیان نمودند که شدت جذب آب بوسیله ریشه‌ها را می‌توان از رابطه زیر برآورد نمود.

$$U(z,t) = [H_{root} + Z(1+R_c) - h(z,t) - S(z,t)][RDF(z)K(\theta)]/\Delta x\Delta z \quad (۷)$$

که در آن، H_{root} پتانسیل آب موثر در ریشه در سطح خاک که به طور معمول برابر با ۳۰۰۰- کیلوپاسکال منظور می‌گردد، $1+R_c$، مقاومت ریشه(L)، h(z,t) مکش در عمق(L)، S(z,t)، مقدار پتانسیل اسمزی (L)، RDF کسری از ریشه‌های فعال در هر لایه، Δx فاصله تا نقطه‌ای در خاک که مقدار مکش اندازه‌گیری می‌گردد (L) و Δz عمق لایه مربوطه (L).

مراحل زیر در آغاز هر روز تکرار گردید.

الف- محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه

$$ET_{day} = (f_{pan}.E_{pan})/۷ \quad (۸)$$

که در آن، ET_{day} تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه (L/T)، f_{pan} ضریب تشتک تبخیر کلاس (A) و E_{pan} تبخیر هفتگی از تشتک کلاس (A) است.

ب- محاسبه تعرق پتانسیل روزانه گیاه

$$T_{day} = ET_{day}.f_{crop} \quad (۹)$$

که در آن، T_{day} تعرق پتانسیل روزانه گیاه (L/T) و f_{crop} درصد پوشش گیاهی

Archive of SID

www.SID.ir

پ- محاسبه تبخیر پتانسیل روزانه

$$E_{day} = ET_{day} - T_{day} \qquad (۱۰)$$

که در آن علایم به کار رفته دارای معانی و ابعاد قبلی می‌باشد.

در آغاز هر فاصله زمانی (Δt) نیز مراحل بدین صورت انجام می شود که فرض می‌گردد که تبخیر و تعرق از ساعت ۷ صبح (۰/۳ روز) شروع شده و تا ۷ شب (۰/۸ روز) ادامه دارد و در این فاصله زمانی مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل به صورت سینوسی تغییر می‌کند .

$$ET_P = ET_{\max} Sin\left[2\pi\,(t - 0.3)\right] \qquad (۱۱)$$

$ET_{\max}$ مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل حداکثر در ساعت ۱۳ (۰/۵۵ روز) و t زمان که بین ۰/۳ تا ۰/۸ متغیر است.

با انتگرال گیری از رابطه (۱۱) بین زمانهای t_1 تا t_2 (شروع و انتهای فاصله زمانی) کسری از کل تبخیر و تعرق تلف شده در طی این فاصله زمانی (Δt) به صورت زیر بدست می‌آید.

$$f = \left[\cos 2\pi\,(t_1 - 0.3) - \cos 2\pi(t_2 - 0.3)\right]/2\pi \qquad (۱۲)$$

تبخیر پتانسیل (E_P) و تعرق پتانسیل (T_P) طی این فاصله زمانی از روابط زیر محاسبه می‌گردد.

$$E_P = f.E_{day} \qquad (۱۳)$$

$$T_P = f.T_{day} \qquad (۱۴)$$

شدت تبخیر پتانسیل طی فاصله زمانی Δt برابر با $E_P/\Delta t$ است. این مقدار با حداکثر شدت تبخیر ممکن $(q_{\max})$ بین گره ۱ (خارج از پروفیل) و گره ۲ (بالاترین گره خاک) براساس پتانسیل ماتریک و هدایت هیدرولیکی برای گره ۲ و یک مقدار مساوی با پتانسیل هوای خشک در گره ۱ مورد مقایسه قرار می‌گیرد و در صورت لزوم مقدار تبخیر واقعی (E_a) کاهش می‌یابد. بنابراین داریم:

$$E_a = \min(E_p/\Delta_t, q_{\max}) \qquad (۱۵)$$

که در آن، min نشان دهنده حداقل می‌باشد. به عبارتی مدل حداقل مقدار درون پرانتز را انتخاب می‌کند. اگر مقدار تبخیر واقعی (E_a) کمتر از شدت جریان پتانسیل سطحی باشد $(q_{man} < E_p/\Delta t)$، مقدار تعرق پتانسیل از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$T_P = \min\left(T_p.R_t, T_P + E_P, E_P - \Delta t.E_a\right) \qquad (۱۶)$$

که در آن: R_t نسبت تعرق واقعی به تعرق پتانسیل می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

زیر برنامهٔ RETPRED در مدل LEACHN حاوی چندین مدل رگرسیونی برای تخمین منحنی رطوبتی خاک می‌باشد. جدول ۲ مدل های رگرسیونی موجود در برنامهٔ RETPRED را نشان می‌دهند.

جدول (۲) مدلهای موجود در RET PRED برای تخمین منحنی رطوبتی

ردیف	خاکها	منبع	همبستگی
۱	افریقا جنوبی	هاتسون(۱۹۸۶)	رس + سلیت , وزن مخصوص ظاهری
۲	افریقا جنوبی	هاتسون (۱۹۸۶)	رس
۳	خاکهای سطحی انگلستان	توماسون و کارتر(۱۹۸۹)	توزیع ذرات خاک, کربن الی, وزن مخصوص ظاهری
۴	خاکهای زیر سطحی انگلستان	توماسون و کارتر (۱۹۸۹)	توزیع ذرات خاک, کربن الی, وزن مخصوص ظاهری
۵	امریکا	راولز و براکنسیک(۱۹۸۵)	توزیع ذرات خاک, مواد الی, وزن مخصوص ظاهری

لازم به ذکر است که در مدل LEACHN با وارد نمودن شماره متغیر صفر رابطه Campell در سال ۱۹۷۴ اجرا گردیده و ضرایب a و b رابطه مشخص می‌شود.

اصلاح معادله رشد ریشه

از آنجایی که مدل LEACHN برای گیاه ذرت تهیه شده است از این رو اصلاح آن و یافتن رابطه‌ای برای رشد ریشه گندم مدنظر قرار گرفت. در این مطالعه برای شبیه‌سازی رشد ریشه با استفاده از آمار و اطلاعات موجود ابتدا اقدام به کالیبره نمودن مدل SUCROS برای گندم رقم چمران گردید. دراین مدل طول کل ریشه‌ها با استفاده از RLF (فاکتور طول مخصوص ریشه، برحسب گرم مادهٔ خشک بر سانتی‌متر طول ریشه) و طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$L_{root}(T+1) = L_{root}(T) + L_{new}$$
$$L_{new} = \frac{0/995 \times WRT(T)}{RLF \times e} \qquad (۱۷)$$

که در آن، L_{root} طول کل ریشه‌های گیاه در روز T ام برحسب سانتی‌متر، WRT(T) سهم مادهٔ خشک اختصاص یافته به ریشه در روز T برحسب گرم است که ۰/۵ درصد WRT روزانه، صرف نگهداری می‌گردد و WRT ۰/۹۹۵ صرف توسعه ریشه‌ها می‌گردد. در اینجا مقدار RLF = ۹/۵ mg/m در نظر گرفته شده است (جمیسون و اورت ۱۹۹۹). e مقدار تراکم طولی ریشه در واحد حجم خاک می‌باشد که برای گندم این مقدار بین ۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ ($\frac{m_{ریشه}}{m^3_{خاک}}$) متغیر است که پس

Archive of SID

www.SID.ir

از کالیبره نمودن برای گندم رقم چمران این رقم معادل $۶۰۰۰ \frac{m}{m^3}$ بدست آمد. با محاسبهٔ مقدار WRT توسط مدل SUCROS برای گندم رقم چمران و محاسبات موردنظر و برازش یک رابطهٔ لجستیک رابطه مورد نظر ریشهٔ گندم به قرار زیر نتیجه گردید.

$$Y=a+b/(1 + \exp (-(x-c)/d)) \quad (۱۸)$$

که در این رابطه ، Y طول ریشه, x سهم مادهٔ خشک اختصاص یافته به ریشه، a=۰/۲۴۸۶ , b =۷۹/۲۶۳۴ , c=۴۷/۱۷۶۵ , d=۱۰/۵۳۴۹ است.

معیارهای ارزیابی نتایج مدل

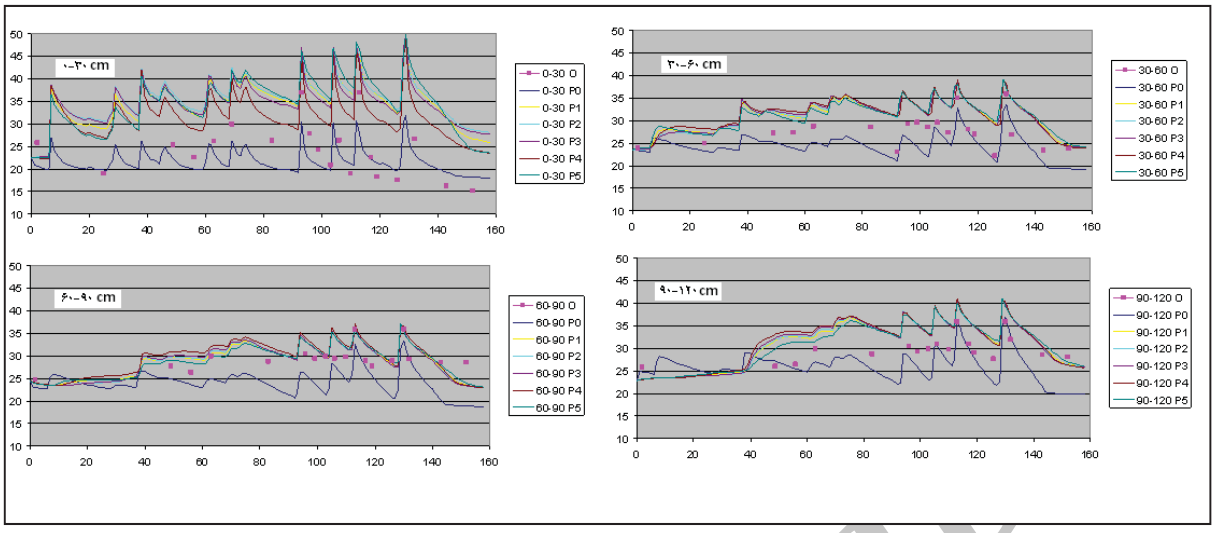
برای ارزیابی نتایج و به منظور بهره‌گیری از یک مدل برای شبیه‌سازی، نتایج آن باید با مشاهدات مزرعه‌ای مقایسه شود. برای این کار از روشهای آماری و ترسیمی استفاده می‌شود. که در این مورد (MBE) معنی‌دار بودن میانگین تفاوتها، (AD) میانگین کامل انحراف، (SE) خطای استاندارد، (RE) درصد خطای نسبی، (Cv) ضریب تغییرات، (EF) کارایی مدل و (r^2) ضریب تبیین، به عنوان شاخص‌های آماری مورد استفاده قرار می گیرد و رسم مقادیر برآورد و اندازه‌گیری شده بروی یک نمودار با مقیاس (۱: ۱) به عنوان روش ترسیمی انتخاب می شود.مقادیر خطای متوسط، خطای نسبی و ضریب تغییرات در حالتی که مقادیر برآورد شده و اندازه گیری شده مساوی باشند برابر صفر و مقدار کارایی یا راندمان مدل در این حالت برابر با یک می‌باشد. خطای متوسط شاخصی از مقایسه با مقادیر پایه است به طوری که مقدار نزدیک به صفر آن بیانگر، متوسط مقادیر برآورد شده و اندازه گیری شده مشابمی‌باشد. همچنین علامت مثبت آن نشان می‌دهد که مدل مقادیر را بیشتر تخمین می‌زند و علامت منفی آن نشان می‌دهد که مدل مقادیر را کمتر پیش‌بینی می‌نماید.

نتایج و بحث

با توجه به روابط موجود در زیر برنامهٔ RETPRED در مدل LEACHN مقدار رطوبت برآورد و منحنی آن برای اعماق مختلف رسم گردید. شکل ۱ مقادیر رطوبت مشاهده و برآورده شده با روابط مختلف را در اعماق ۳۰cm-۰، ۶۰-۳۰ cm، ۹۰-۶۰ cm و ۱۲۰-۹۰ cm نشان می‌دهد. همانطوری که شکل نشان می‌دهد مدل‌های ۱ تا ۵ در زیر برنامهٔ RETPRED مقدار رطوبت را بیشتر از واقعیت و مدل صفر مقدار رطوبت را کمتر از واقعیت برآورد می‌نماید.

Archive of SID

www.SID.ir



رطوبت حجمی

زمان از ابتدای شبیه سازی (روز)

شکل۱: بررسی رطوبت مشاهده شده (o) و برآورد شده (p) به وسیله روابط مختلف

با توجه به شکل ۱ و با استفاده از روش آماری آزمون F این نتیجه حاصل گردید که مقادیر پیش‌بینی شده رطوبت با مقادیر مشاهده شده آن اختلاف معنی‌داری دارند لیکن روند تغییرات با یکدیگر همخوانی دارد. در نتیجه با استفاده از مدل‌های ریاضی، رابطه‌ای برای اصلاح رطوبت‌های پیش‌بینی شده توسط مدل به شرح زیر ارائه گردید.

$$Y = a + b\ln x \qquad (۱۹)$$

که در آن، a=-۳۶/۷ و b =۲۰/۱۹ می باشد.

لازم به ذکر است که این اصلاح برای کلیه اعماق و تیمارهای مختلف یکسان اعمال گردید تا بتوان از این اصلاح به عنوان رابطه اصلاحی منطقه استفاده نمود.

اعتبار سنجی مدل

جدول ۳ مقادیر شاخص‌های آماری میزان رطوبت اندازه‌گیری شده در مقابل رطوبت حجمی شبیه‌سازی شده برای تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. همانطوری که از جدول مشاهده می‌شود مقدار درصد خطای نسبی (RE) در تیمار I_1 بین ۳/۷۱- تا ۴/۱۸ درصد متغیر است و این پارامتر برای تیمارI_2 بین ۸/۰۷- تا ۶/۵۹ و برای تیمار I_3 بین، ۴/۸۳- تا ۵/۷۳ درصد نوسان می‌کند.که متوسط ان در تیمار I_1 برابر با ۰/۶-، در تیمار I_2 برابر با ۰/۱۷ و در تیمار I_3 برابر با ۰/۵۳ می باشد و متوسط ضریب تغییرات در تیمار I_1 برابر ۹/۲۵، در تیمارI_2 برابر ۱۰/۷۵ و در تیمار I_3 برابر با ۹/۲۵ می باشد. با توجه به قابل ملاحظه نبودن این ضرایب می‌توان نتیجه گرفت که دقت مدل در برآورد رطوبت بالا است. MBE مثبت در اعماق ۳۰-۰

Archive of SID

www.SID.ir

و ۶۰-۳۰ سانتیمتری در کلیه تیمارها نشان می‌دهد که مدل در این اعماق مقدار رطوبت را بیشتر از واقعیت برآورد نموده و مقدار MBE منفی در اعماق ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتیمتری در کلیه تیمارها نشان می‌دهد که مدل برای این اعماق، مقدار رطوبت را کمتر از واقعیت نشان می‌دهد. میزان این شاخص آماری در مورد رطوبت خاک از ۱/۶۷- تا ۱/۱۹ متغیر بود. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین همبستگی در کلیه تیمارها مربوط به عمق ۳۰-۰ سانتیمتری و کمترین همبستگی مربوط به عمق ۹۰-۶۰ سانتیمتری می‌باشد این شاخص از ۰/۳۹ تا ۰/۸ متغیر بود. مقدار کارایی مدل که نشان دهنده کیفیت و چگونگی برازش داده‌های مشاهده‌ای و برآورد شده می‌باشد بین ۰/۵۸- تا ۰/۷۷ متغیر است. با توجه به نزدیک بودن مقدار کارایی مدل به عدد ۱ برازش مطلوبی بین مقادیر رطوبت اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده وجود دارد. در تحقیقات Clement و همکاران در سال مقدار خطای متوسط مدل بین۳/۹۴- تا۳/۲۵+ ،مقدار خطای نسبی بین ۲۹/۵-تا ۷/۵۴+و ضریب تغییرات بین۵/۲۵ تا ۳۲ درصد گزارش شده است. Smith و همکاران در سال ۱۹۹۵ مقدار خطای نسبی را بین ۴/۱- تا ۱۶/۵ و ضریب تغییرات را بین ۲/۳ تا ۲۰/۵ گزارش نمودند.

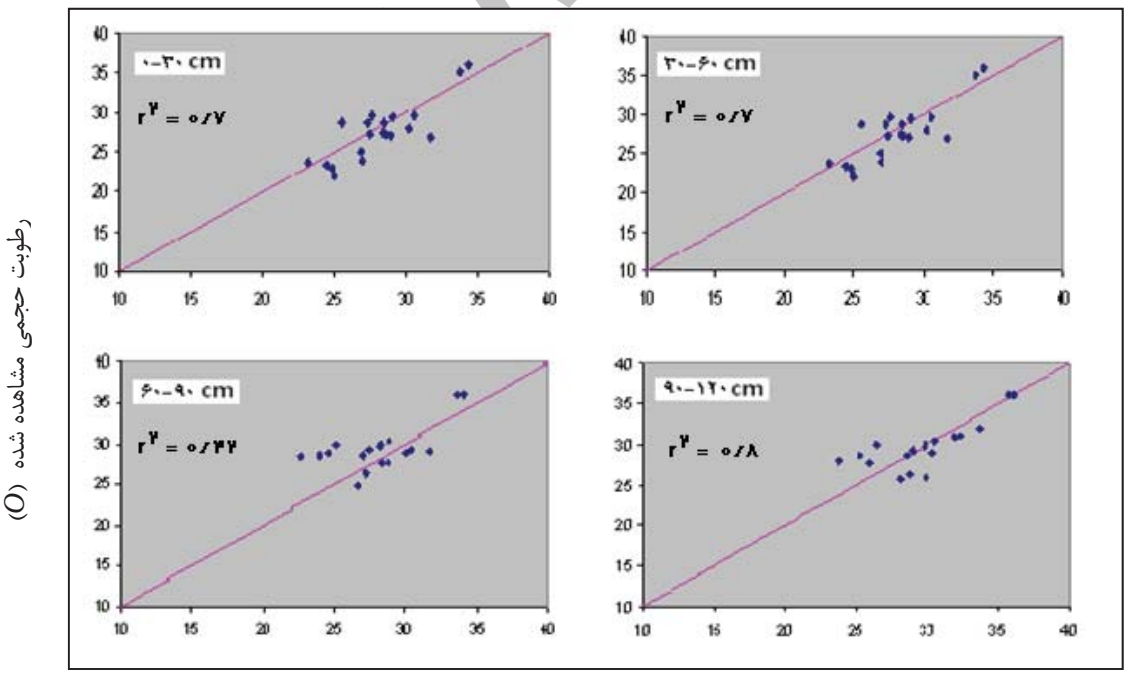
در اشکال ۲ الی ۴ مقادیر مشاهده و برآورد شده رطوبت خاک در تیمارهای مختلف برروی یک شکل با مقیاس مساوی (۱: ۱) نشان داده شده است. نتیجه‌ای که از این شکلها گرفته می‌شود آنست که بین مقادیر اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده در کلیه تیمارها همبستگی به طور نسبی مطلوبی وجود دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

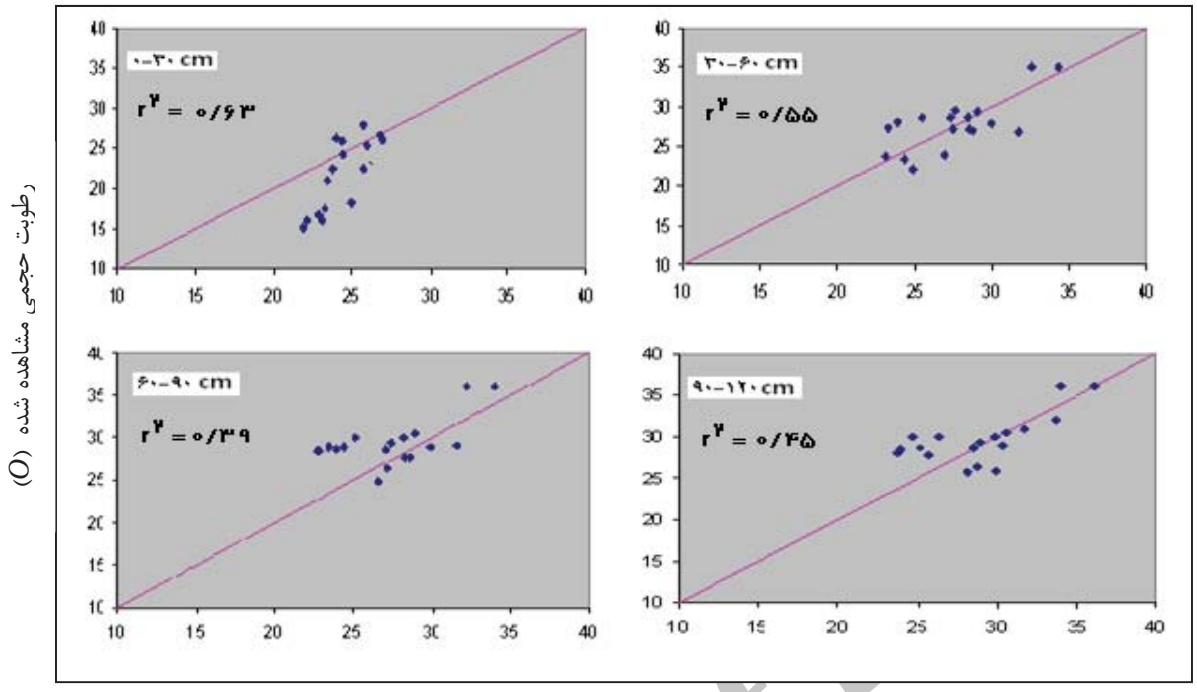
جدول ۳: نتایج ارزیابی آماری مدل جهت پیش‌بینی مقادیر رطوبت

تیمار و عمق نمونه‌برداری خاک (سانتیمتر)	خطای متوسط (MBE)	میانگین کامل انحراف (AD)	خطای استاندارد (SE)	درصد خطای نسبی (RE)	ضریب تغییرات Cv (درصد)	کارایی مدل (EF)	ضریب تبیین R^2
تیمار I							
۰-۳۰	۰/۱۹	۲/۶۱	۳/۳۷	-۳/۷۱	۱۴/۰	۰/۶۷	۰/۸۰
۳۰-۶۰	۰/۶۵	۱/۶۷	۲/۰۲	-۲/۸۷	۷/۰	۰/۶۷	۰/۷۰
۶۰-۹۰	-۱/۲۹	۲/۳۰	۲/۷۳	۴/۱۸	۹/۰	-۰/۰۵	۰/۴۲
۹۰-۱۲۰	-۰/۰۳	۱/۵۸	۲/۱۱	-۰/۲۲	۷/۰	۰/۴۳	۰/۶۰
تیمار II							
۰-۳۰	۱/۱۹	۲/۴۲	۲/۹۵	-۸/۰۷	۱۴/۰	۰/۶۵	۰/۶۳
۳۰-۶۰	۰/۱۰	۱/۹۸	۲/۴۳	-۰/۱۴	۹/۰	۰/۴۶	۰/۵۵
۶۰-۹۰	-۲/۰۰	۲/۸۴	۳/۳۶	۶/۵۹	۱۱/۰	-۰/۵۸	۰/۳۹
۹۰-۱۲۰	-۰/۷۳	۲/۱۵	۲/۷۲	۲/۳۲	۹/۰	۰/۰۵	۰/۴۵
تیمار III							
۰-۳۰	۰/۵۱	۲/۲۶	۲/۶۹	-۴/۸۳	۱۱/۰	۰/۷۷	۰/۷۸
۳۰-۶۰	۰/۲۳	۱/۵۲	۱/۹۱	-۱/۲۳	۷/۰	۰/۶۳	۰/۶۴
۶۰-۹۰	-۱/۶۷	۲/۴۳	۲/۸۵	۵/۷۳	۱۰/۰	-۰/۳۰	۰/۴۳
۹۰-۱۲۰	-۰/۷۶	۲/۱۲	۲/۷۰	۲/۴۸	۹/۰	-۰/۲۸	۰/۴۵

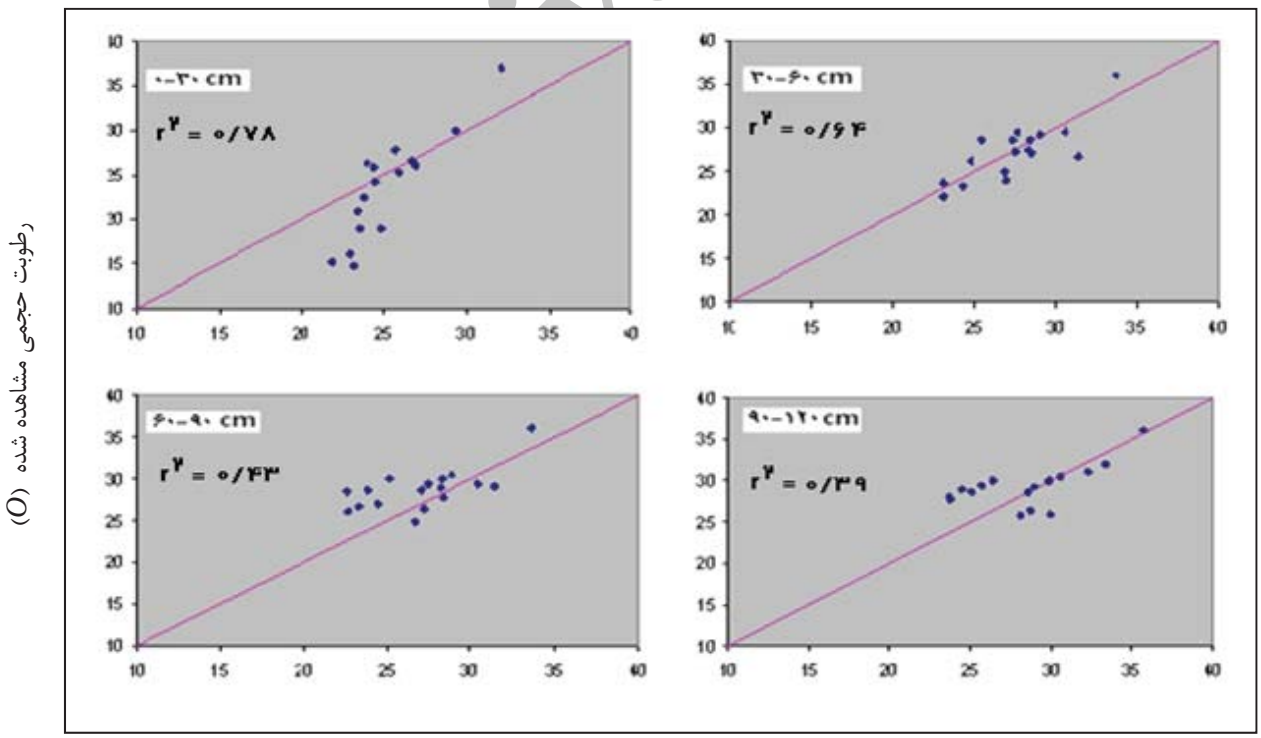


شکل ۲: مقایسه مقادیر رطوبت مشاهده شده(O) و برآورده شده(P) در مقیاس (۱:۱) تیمار I_1

www.SID.ir



شکل ۳: مقایسه مقادیر رطوبت مشاهده شده(O) و برآورده شده(P) در مقیاس (۱:۱) تیمار I_2



شکل ۴: مقایسه مقادیر رطوبت مشاهده شده (O) و برآورده شده(P) در مقیاس (۱:۱) تیمار I_3

www.SID.ir

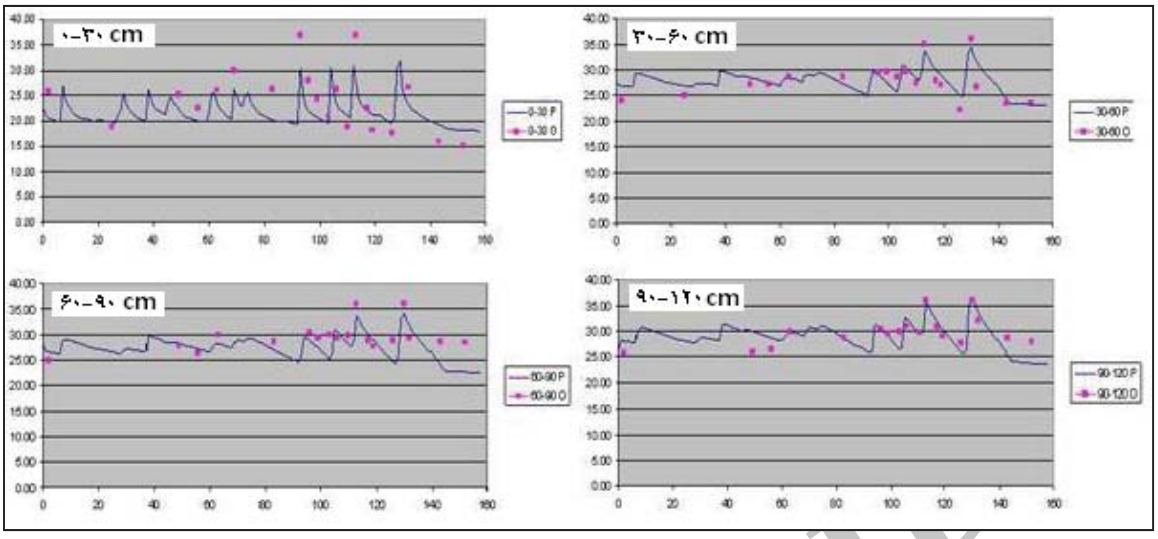
بررسی تغییرات میزان رطوبت در خاک

با در نظر گرفتن وضعیت رطوبتی در لایه‌های مختلف خاک، حجم آب آبیاری تعیین و مصرف گردیده است. براین اساس و با توجه به ویژگی‌های فیزیکی لایه‌ها در نیمرخ خاک و نیز مشخصات منحنی رطوبتی در هر لایه مقدار رطوبت خاک قبل از هر دور آبیاری و در هر تیمار محاسبه و تعیین گردید. لازم به ذکر است حداکثر تخلیه رطوبتی برای گیاه گندم ۰/۵۵ در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین زمان آبیاری در تیمارهای مختلف آبیاری، از متوسط درصد رطوبت حجمی در چهار لایه اول نیمرخ خاک استفاده گردید که مقدار آن ۲۶/۵۹ درصد بود و زمانی که مقدار رطوبت خاک در عمق ۴۰-۲۰ سانتی‌متری به این آستانه می‌رسید عملیات آبیاری انجام گردید. مقدار آب مصرفی در تیمارهای I_1 ، I_2 و I_3 به ترتیب برابر ۵۹۱، ۵۲۱ و ۴۶۶ میلیمتر بود. براین اساس اشکال ۵ الی ۷ وضعیت رطوبتی خاک را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهند. در تیمار I_1 یا تیمار بدون تنش مشاهده می‌شود که در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در اکثر مواقع در روزهای قبل از آبیاری مقدار رطوبت از مقدار ۲۶/۵۹ درصد کمتر بود و کمترین مقدار آن در روز ۱۲۶ یعنی قبل از آخرین دوره آبیاری به میزان ۱۷/۵۹ درصد مشاهده گردید. به عبارتی مقدار آب تخلیه و جذب شده توسط گیاه در فاصله دو آبیاری پنجم و ششم بجای ۵۵ درصد رطوبت قابل دسترسی گیاه به حدود ۹۸ درصد رسیده است.

این نکته بیان کنندهٔ این واقعیت است که تقریباً ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس گیاه در این لایه صرف تبخیر و تعرق (عمدتاً تبخیر از سطح خاک) شده است. در لایهٔ دوم (۶۰-۳۰ سانتی‌متری) مشاهده می‌شود که میزان رطوبت خاک بلافاصله پس از آبیاری‌های اولیه در لایهٔ اول و دوم به طور تقریبی به یک اندازه نیمرخ خاک را مرطوب نموده است. همانطوری که در شکل (۵) مشاهده می‌شود میزان رطوبت خاک قبل از آبیاری در روز ۱۲۶، ۲۲/۱۲ درصد مشاهده می‌گردد. بعبارتی مقدار آب تخلیه و جذب شده توسط گیاه در بین دو دوره آبیاری بجای ۵۵ درصد رطوبت قابل دسترسی گیاه، ۸۹ درصد رسیده است و گیاه در این مقطع زمانی تحت تنش می‌باشد. لیکن خارج از این محدوده زمانی، گیاه هیچ گونه تنشی تحمل ننموده است. در عمق‌های ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتی‌متری درصد رطوبت زیادتر از ۲۶ درصد حجمی است. در کلیه عمق‌ها مشاهده می‌شود که مدل مقدار رطوبت را کمتر از واقعیت برآورد می‌نماید.

Archive of SID

www.SID.ir



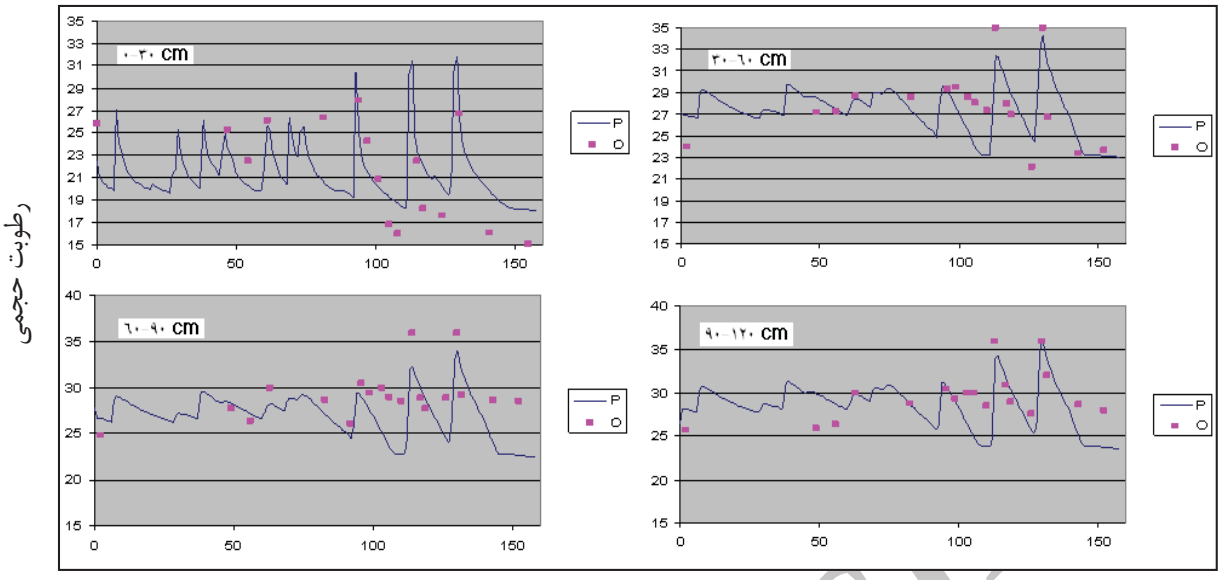
روز پس از شبیه‌سازی

شکل ۵: روند تغییرات رطوبت خاک در تیمار I_1

در تیمار I_2 آبیاری چهارم قطع گردیده است یعنی طول دوره تنش ۱۹ روز می‌باشد. شکل ۶ وضعیت رطوبت خاک در این تیمار را نشان می‌دهد. بعد از اعمال تنش مدل رطوبت خاک را در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری، ۱۸/۳۳ درصد نشان می‌دهد که پتانسیل ماتریک در این میزان رطوبت ۹۹۰/۴۲- کیلوپاسکال می‌باشد و این مقدار بیان کنندهٔ ۹۳ درصد تخلیه رطوبت خاک می‌باشد با توجه به شکل مشاهده می‌شود که در لایهٔ ۳۰-۰ سانتیمتری در این تیمار در کلیه زمانها مقدار رطوبت قبل از آبیاری‌ها کمتر از حد رطوبت مورد نظر در آبیاری (۲۶/۵۹) بوده و این بخاطر تبخیر از سطح خاک این لایه است. در عمق ۶۰-۳۰ سانتیمتری بعد از اعمال تنش، مدل رطوبت را ۲۳/۲۴ درصد نشان می‌دهد. در صورتی که مقدار مشاهده شده رطوبت خاک در مزرعه ۲۷/۳۱ درصد می‌باشد و این مقدار بیان کنندهٔ ۵۸ درصد تخلیه رطوبت خاک می‌باشد. درصد رطوبت خاک در لایهٔ سوم (۹۰-۶۰ سانتی‌متری) در تیمار تنش I_2 قبل از آبیاری و قطع تنش ۲۸/۵۰ اندازه‌گیری شده است. به عبارتی از کل آب قابل دسترسی در این لایه ۴۶/۹ درصد توسط گیاه جذب شده است. در این حالت نیز همانند تیمارهای آبیاری دیگر، رطوبت خاک در آبیاری‌های آخر فصل زراعی بدلیل افزایش حجم آب داده شده فزونی چشمگیری داشته و بار دیگر به یک حالت ثابت می‌رسد روند تغییرات رطوبت خاک در لایهٔ چهارم نیز در شکل ۶ نشان داده شده است. نکتهٔ حائز اهمیت در این مورد اینکه رطوبت خاک هیچ گاه به میزان رطوبت زمان آبیاری نمی‌رسد و همواره از آن زیادتر است. به عبارت دیگر اعمال تنش آبیاری بر این عمق هیچ گونه تأثیری نداشته است. در این تیمار نیز در اعماق ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتی‌متری مدل مقدار رطوبت خاک را کمتر از واقعیت برآورد می‌نماید.

Archive of SID

www.SID.ir



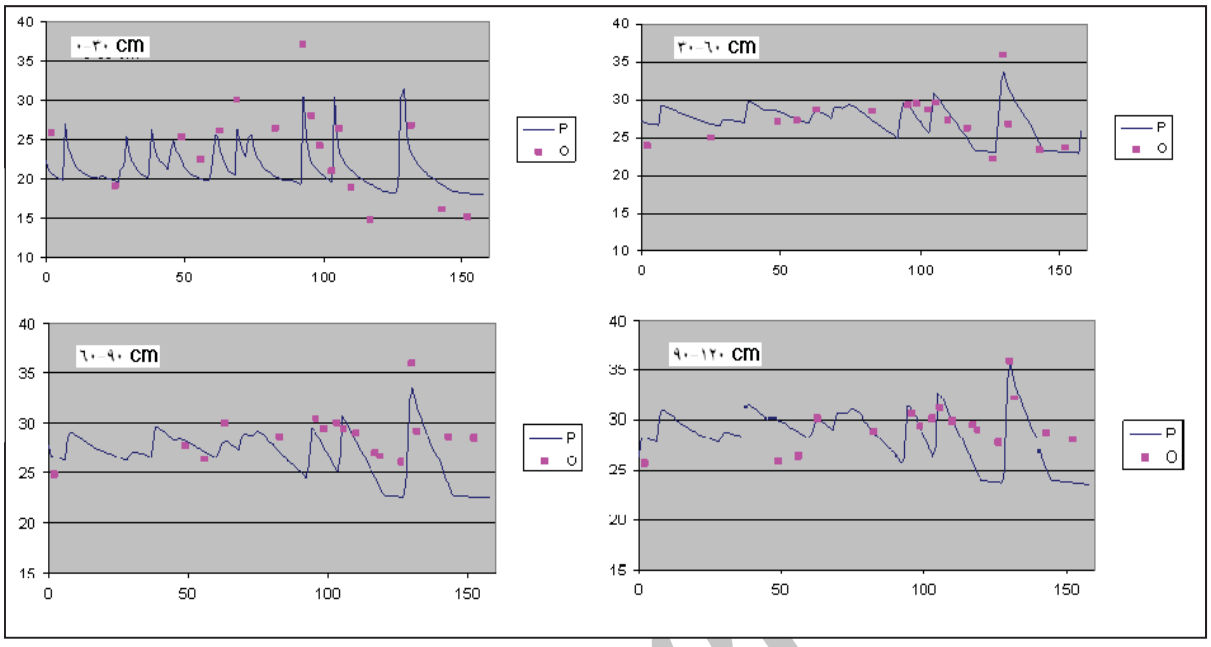
شکل ۶: روند تغییرات رطوبت خاک در تیمار I_2

در تیمار I_3 که آبیاری پنجم قطع گردیده است به عبارتی طول دورهٔ تنش در این تیمار ۲۴ روز بوده است. شکل ۷ وضعیت رطوبت خاک در این تیمار را نشان می‌دهد. در این تیمار نیز در لایهٔ اول در کلیه زمانها مقدار رطوبت قبل از آبیاری‌ها کمتر از میزان رطوبت قبل از آبیاری (۲۶/۵۹) می‌باشد. در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری بعد از اعمال تنش، مدل رطوبت خاک را ۲۳/۱۴ درصد نشان می‌دهد در صورتی که مقدار مشاهده شده ۲۲/۱۲ درصد می‌باشد و این مقدار بیان کنندهٔ ۸۹ درصد تخلیه رطوبت خاک می‌باشد. نکته حائز اهمیت این است که با مقایسهٔ رطوبت موجود در این لایه در پایان دورهٔ تنش I_2 و I_3 مشاهده می‌شود که رطوبت خاک در تیمار I_3 به میزان ۵/۱۹ درصد نسبت به زمان تنش I_2 کاهش یافته است این در حالی می‌باشد که مقدار پتانسیل ماتریک در این حالت از ۶۱۹/۳۹- به ۱۰۶۱/۸- تنزل یافته است. ملاحظه می‌شود که با وجود اینکه اختلاف درصد رطوبت حجمی در دو تیمار I_2 و I_3 ، ۵/۱۹ درصد می‌باشد لیکن مقدار پتانسیل ماتریک حدود ۴۴۲ کیلوپاسکال با هم تفاوت دارند. این موضوع نشان می‌دهد که در شرایط خشک‌تر، کاهش اندکی در مقدار رطوبت خاک باعث افزایش قابل توجهی در مقدار پتانسیل ماتریک خاک می‌گردد. به عبارتی تغییرات خطی درصد رطوبت با تغییرات نمایی مکش خاک به همراه است. درصد رطوبت خاک در لایهٔ سوم (۹۰-۶۰ سانتی‌متری) در تیمار تنش I_3 قبل از آبیاری و قطع تنش، ۲۶ درصد اندازه‌گیری شده است که در مقایسه با تیمار I_2 مقدار ۲/۵ درصد کاهش را نشان می‌دهد. به عبارتی از کل میزان آب قابل دسترسی در این لایه ۶۲ درصد توسط گیاه جذب شده است. با مقایسهٔ جذب آب از عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری تیمار I_2 و I_3 مشاهده می‌شود که گیاه در زمانی که تبخیر و تعرق بیشتر صورت می‌گیرد آب را از اعماق پایین‌تر بیشتر جذب می‌نماید. روند تغییرات رطوبت

Archive of SID

www.SID.ir

خاک در لایهٔ چهارم نیز در شکل ۷ نشان داده شده است. باتوجه به این شکل مشاهده می‌شود که در کلیه مواقع رطوبت بیشتر از رطوبت زمان آبیاری است و این عمق هیچ گاه دچار تنش آبی نشده است.



شکل ۷: روند تغییرات رطوبت خاک در تیمار I_3

در جداول ۴ الی ۶ بیلان آب خاک در اعماق ۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متری در زمانهای مختلف در طول فصل زراعی نشان داده شده است. همانطور مشاهده می‌شود مدل در کلیه تیمارها مقدار رطوبت در خاک را کمتر از واقعیت پیش‌بینی می‌کند و این اختلاف در زمانهای اعمال آبیاری به حداکثر خود می‌رسد. همانطوری که پیش از این اشاره شد، مدل LEACHN مقدارتبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه، را جداگانه برآورد و محاسبه می‌کند و بر مبنای آن روند میزان رطوبت در خاک را پیش‌بینی می‌نماید. با توجه به اعداد و ارقام جدولهای بیلان آب مشاهده می گردد که در تمام تیمارها، میزان تبخیر از سطح خاک در اوایل فصل رشد، نسبت به تعرق گیاه، زیادتر است لیکن با گذشت زمان از مقدار تبخیر کاسته شده و بر مقدار تعرق از طریق گیاه اضافه می‌شود. به عبارتی در ابتدای فصل که شاخص شاخص سطح برگ قابل توجه نیست تقریباً ۱۰۰ درصد میزان تبخیر و تعرق مربوط به تبخیر بوده و تعرق گیاه قابل توجه نیست. با توجه به جدول بیلان آب مشاهده می‌شود که در کل فصل زراعی از نظر تبخیر در بین تیمارها تفاوت چندانی وجود ندارد و بخش قابل توجه تفاوت بین مقدار تعرق از گیاه است. این مورد بیان کنندهٔ این واقعیت می‌باشد که مقدار تعرق نسبت به تبخیر بیشتر تحت تأثیر شرایط و وضعیت رطوبتی خاک و تنش آبی قرار می‌گیرد. نکته حائز اهمیت دیگر اینکه مقدار کل تبخیر و تعرق در تیمارهای مختلف متناسب با میزان آب

Archive of SID

www.SID.ir

آبیاری بوده است. درصد تبخیر نسبت به کل مقدار تبخیر و تعرق در تیمارهای I_1 ، I_2 و I_3 به ترتیب برابر ۲۲/۵۶، ۲۲/۷۰ و ۲۳/۵۸ درصد می‌باشد.

جدول ۴: بیلان آب موجود در خاک در زمانهای مختلف در تیمار آبیاری I_1

زمان از شروع شبیه‌سازی (روز)	مقدار آب در نیمرخ خاک در اول فصل زراعی	مقدار آب آبیاری تجمعی	مقادیر پیش‌بینی شده به وسیله مدل				مقدار رطوبت موجود در خاک		تفاوت میزان رطوبت پیش‌بینی و برآورد شده (میلیمتر)
			تبخیر (میلیمتر)	تعرق (میلیمتر)	تبخیر و تعرق (میلیمتر)	زهکشی شده (میلیمتر)	پیش‌بینی شده (میلیمتر)	اندازه‌گیری شده (میلیمتر)	
۰	۲۸۰/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۲۸۰/۲	۲۸۰/۲	۰/۰
۲	۲۸۰/۲	۰/۰	۲/۳	۰/۰	۲/۳	۲/۴	۲۷۵/۵	۳۰۰/۶	-۲۵/۱
۴۹	۲۸۰/۲	۱۵۵/۲	۴۰/۷	۰/۶	۴۱/۳	۹۴/۸	۲۹۸/۹	۳۱۸/۳	-۱۹/۴
۵۶	۲۸۰/۲	۱۵۵/۲	۴۵/۳	۲/۳	۴۷/۶	۱۰۸/۱	۲۷۹/۴	۳۰۷/۸	-۲۸/۴
۶۳	۲۸۰/۲	۱۹۵/۴	۴۹/۹	۵/۳	۵۵/۲	۱۱۸/۶	۳۰۱/۳	۳۴۴/۱	-۴۲/۸
۸۳	۲۸۰/۲	۲۵۷/۸	۶۱/۹	۲۹/۳	۹۱/۲	۱۶۷/۵	۲۷۸/۶	۳۳۶/۶	-۵۸/۰
۹۶	۲۸۰/۲	۳۴۰/۳	۶۵/۹	۶۳/۱	۱۲۹	۱۸۵/۸	۳۰۵/۰	۳۵۴/۰	-۴۹/۰
۹۹	۲۸۰/۲	۳۴۰/۳	۶۷/۵	۷۵/۸	۱۴۳/۳	۱۹۲/۷	۲۸۳/۸	۳۳۷/۲	-۵۳/۴
۱۰۲	۲۸۰/۲	۳۴۰/۳	۶۸/۷	۹۱/۶	۱۶۰/۳	۱۹۶/۳	۲۶۳/۳	۳۲۷/۹	-۶۴/۶
۱۰۶	۲۸۰/۲	۴۳۵/۳	۷۰/۰	۱۰۷/۴	۱۷۷/۴	۲۰۸/۵	۳۲۸/۹	۳۴۸/۶	-۱۹/۷
۱۱۰	۲۸۰/۲	۴۳۵/۳	۷۲/۱	۱۲۵/۲	۱۹۷/۳	۲۲۳/۷	۲۹۳/۸	۳۱۷/۴	-۲۳/۶
۱۱۷	۲۸۰/۲	۵۵۳/۳	۷۵/۰	۱۵۱/۴	۲۲۶/۴	۲۸۶/۰	۳۲۰/۰	۳۳۰/۰	-۱۰/۰
۱۱۹	۲۸۰/۲	۵۵۳/۳	۷۶/۱	۱۶۱/۱	۲۳۷/۲	۲۹۳/۸	۳۰۱/۶	۳۰۵/۴	-۳/۸
۱۲۶	۲۸۰/۲	۵۵۶/۷	۷۹/۷	۲۰۱/۱	۲۸۰/۸	۳۰۳/۶	۲۵۱/۷	۲۸۸/۶	-۳۶/۹
۱۳۲	۲۸۰/۲	۷۴۴/۲	۸۲/۳	۲۲۵/۲	۳۰۷/۵	۳۷۰/۷	۳۴۵/۳	۳۴۳/۸	۱/۵
۱۴۳	۲۸۰/۲	۷۴۴/۲	۸۷/۲	۲۹۰	۳۷۷/۲	۴۰۱/۷	۲۴۴/۷	۲۹۰/۰	-۴۵/۳
۱۵۲	۲۸۰/۲	۷۴۴/۲	۸۸/۱	۳۰۲/۳	۳۹۰/۴	۴۰۳/۹	۲۲۹/۳	۲۸۶/۰	-۵۶/۷

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵: بیلان آب موجود در خاک در زمانهای مختلف در تیمار آبیاری I_2

زمان از شروع شبیه‌سازی (روز)	مقدار آب در نیمرخ خاک در اول فصل زراعی	مقدار آب آبیاری تجمعی	مقادیر پیش‌بینی شده به وسیله مدل					مقدار رطوبت موجود در خاک		تفاوت میزان رطوبت پیش‌بینی و برآورد شده (میلیمتر)
			تبخیر (میلیمتر)	تعرق (میلیمتر)	تبخیر و تعرق (میلیمتر)	زهکشی شده (میلیمتر)		پیش‌بینی شده (میلیمتر)	اندازه‌گیری شده (میلیمتر)	
۰	۲۸۰/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰		۲۸۰/۲	۲۸۰/۲	۰/۰
۲	۲۸۰/۲	۰/۰	۲/۳	۰/۰	۲/۳	۲/۴		۲۷۵/۵	۳۰۰/۶	-۲۵/۱
۴۹	۲۸۰/۲	۱۵۵/۲	۴۰/۷	۰/۶	۴۱/۳	۹۴/۸		۲۹۸/۹	۳۱۸/۳	-۱۹/۴
۵۶	۲۸۰/۲	۱۵۵/۲	۴۵/۳	۲/۳	۴۷/۶	۱۰۸/۱		۲۷۹/۴	۳۰۷/۸	-۲۸/۴
۶۳	۲۸۰/۲	۱۹۵/۴	۴۹/۹	۵/۳	۵۵/۲	۱۱۸/۶		۳۰۱/۳	۳۴۴/۱	-۴۲/۸
۸۳	۲۸۰/۲	۲۵۷/۸	۶۱/۹	۲۹/۳	۹۱/۲	۱۶۷/۵		۲۷۸/۶	۳۳۶/۶	-۵۸/۰
۹۶	۲۸۰/۲	۳۴۰/۳	۶۵/۹	۶۳/۱	۱۲۹/۰	۱۸۵/۸		۳۰۵/۰	۳۵۴/۰	-۴۹/۰
۹۹	۲۸۰/۲	۳۴۰/۳	۶۷/۵	۷۵/۸	۱۴۳/۳	۱۹۲/۷		۲۸۳/۸	۳۳۷/۲	-۵۳/۴
۱۰۲	۲۸۰/۲	۳۴۰/۳	۶۸/۷	۹۱/۶	۱۶۰/۳	۱۹۶/۳		۲۶۳/۳	۳۲۷/۹	-۶۴/۶
۱۰۶	۲۸۰/۲	۳۴۰/۳	۶۹/۵	۱۱۲/۶	۱۸۲/۱	۱۹۸/۴		۲۳۹/۳	۳۱۱/۷	-۷۲/۴
۱۱۰	۲۸۰/۲	۳۴۰/۳	۷۰/۰	۱۱۹/۷	۱۸۹/۷	۱۹۹/۴		۲۳۰/۸	۳۰۰/۶	-۶۹/۸
۱۱۷	۲۸۰/۲	۴۹۰/۳	۷۲/۳	۱۳۹/۳	۲۱۱/۶	۲۴۰/۷		۳۱۷/۴	۳۳۰/۰	-۱۲/۶
۱۱۹	۲۸۰/۲	۴۹۰/۳	۷۳/۴	۱۴۹/۱	۲۲۲/۵	۲۴۷/۹		۲۹۹/۳	۳۰۵/۴	-۶/۱
۱۲۶	۲۸۰/۲	۴۹۳/۷	۷۷/۱	۱۸۹/۱	۲۶۶/۲	۲۵۷/۰		۲۴۹/۹	۲۸۸/۶	-۳۸/۷
۱۳۲	۲۸۰/۲	۶۸۱/۲	۷۹/۶	۲۱۳/۲	۲۹۲/۸	۳۲۲/۸		۳۴۴/۹	۳۴۳/۸	۱/۱
۱۴۳	۲۸۰/۲	۶۸۱/۲	۸۴/۵	۲۷۸/۰	۳۶۲/۵	۳۵۳/۵		۲۴۴/۵	۲۹۰/۰	-۴۵/۵
۱۵۲	۲۸۰/۲	۶۸۱/۲	۸۵/۴	۲۹۰/۲	۳۷۵/۶	۳۵۵/۷		۲۲۹/۳	۲۸۶/۰	-۵۶/۷

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶: بیلان آب موجود در خاک در زمانهای مختلف در تیمار آبیاری I_3

زمان از شروع شبیه‌سازی (روز)	مقدار آب در نیمرخ خاک در اول فصل زراعی	مقدار آب آبیاری تجمعی	مقادیر پیش‌بینی شده به وسیله مدل				مقدار رطوبت موجود در خاک		تفاوت میزان رطوبت پیش‌بینی و برآورد شده (میلیمتر)
			تبخیر (میلیمتر)	تعرق (میلیمتر)	تبخیر و تعرق (میلیمتر)	زهکشی شده (میلیمتر)	پیش‌بینی شده (میلیمتر)	اندازه‌گیری شده (میلیمتر)	
۰	۲۸۰/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۲۸۰/۲	۲۸۰/۲	۰/۰
۲	۲۸۰/۲	۰/۰	۲/۳	۰	۲/۳	۲/۴	۲۷۵/۵	۳۰۰/۶	-۲۵/۱
۴۹	۲۸۰/۲	۱۵۵/۲	۴۰/۷	۰/۶	۴۱/۳	۹۴/۸	۲۹۸/۹	۳۱۸/۳	-۱۹/۴
۵۶	۲۸۰/۲	۱۵۵/۲	۴۵/۳	۲/۳	۴۷/۶	۱۰۸/۱	۲۷۹/۴	۳۰۷/۸	-۲۸/۴
۶۳	۲۸۰/۲	۱۹۵/۴	۴۹/۹	۵/۳	۵۵/۲	۱۱۸/۶	۳۰۱/۳	۳۴۴/۱	-۴۲/۸
۸۳	۲۸۰/۲	۲۵۷/۸	۶۱/۹	۲۹/۳	۹۱/۲	۱۶۷/۵	۲۷۸/۶	۳۳۶/۶	-۵۸/۰
۹۶	۲۸۰/۲	۳۴۰/۳	۶۵/۹	۶۳/۱	۱۲۹/۰	۱۸۵/۸	۳۰۵/۰	۳۵۴/۰	-۴۹/۰
۹۹	۲۸۰/۲	۳۴۰/۳	۶۷/۵	۷۵/۸	۱۴۳/۳	۱۹۲/۷	۲۸۳/۸	۳۳۷/۲	-۵۳/۴
۱۰۲	۲۸۰/۲	۳۴۰/۳	۶۸/۷	۹۱/۶	۱۶۰/۳	۱۹۶/۳	۲۶۳/۳	۳۲۷/۹	-۶۴/۶
۱۰۶	۲۸۰/۲	۴۳۵/۳	۷۰/۰	۱۰۷/۴	۱۷۷/۴	۲۰۸/۵	۳۲۸/۹	۳۴۸/۶	-۱۹/۷
۱۱۰	۲۸۰/۲	۴۳۵/۳	۷۲/۱	۱۲۵/۲	۱۹۷/۳	۲۲۳/۷	۲۹۳/۸	۳۱۷/۴	-۲۳/۶
۱۱۷	۲۸۰/۲	۴۳۵/۳	۷۴/۴	۱۵۹/۵	۲۳۳/۹	۲۳۱/۹	۲۴۸/۹	۲۹۸/۲	-۴۹/۳
۱۲۶	۲۸۰/۲	۴۳۵/۳	۷۵/۴	۱۷۵/۵	۲۵۰/۹	۲۳۴/۳	۲۲۹/۲	۲۶۸/۸	-۳۹/۶
۱۳۲	۲۸۰/۲	۶۲۲/۸	۷۷/۹	۱۹۴/۹	۲۷۲/۸	۲۸۸/۳	۳۴۱/۰	۳۴۳/۸	-۲/۸
۱۴۳	۲۸۰/۲	۶۲۲/۸	۸۲/۷	۲۵۹/۸	۳۴۲/۵	۳۱۶/۷	۲۴۳/۰	۲۹۰/۰	-۴۷/۰
۱۵۲	۲۸۰/۲	۶۲۲/۸	۸۳/۵	۲۷۰/۶	۳۵۴/۱	۳۱۸/۹	۲۲۹/۲	۲۸۶/۰	-۵۶/۸

نتیجه گیری

در مجموع نتایج نشان داد که مدل در اعماق ۳۰ -۰و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری در کلیه تیمارها مقدار رطوبت خاک را بیشتر از واقعیت و در اعماق ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتی‌متری مقدار رطوبت خاک را کمتر از واقعیت برآورد می‌نماید. همچنین مدل مقدار تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه را جداگانه برآورد و بر مبنای آن رطوبت موجود در خاک را پیش‌بینی می‌نماید. شاید بتوان این گونه استنباط نمود که مدل مقدار تبخیر را در لایه‌های سطحی خاک کم تخمین می‌زند و این امر سبب افزایش تخمین میزان رطوبت خاک توسط مدل در این لایه‌ها شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در کل فصل زراعی از نظر تبخیر بین تیمارها تفاوت چندانی وجود ندارد و تفاوت عمده بین مقدار تعرق از گیاه است که بیان کننده این واقعیت است که مقدار تعرق نسبت به تبخیر بیشتر تحت تاثیر شرایط و وضعیت رطوبتی خاک و تنش آبی گیاه قرار می گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج تحقیقات Clement و همکاران در سال ۱۹۹۴ و Kang و همکاران در سال ۲۰۰۱ نیز این نکته را ثابت می‌کند که با استفاده از مدل های ریاضی در مزارع می توان مدیریت مصرف اب را به خوبی انجام داد..

منابع

-**Antonopoules, V.Z., 2000.** Modeling of soil water dynamic in an irrigated corn field using direct pesotransfer functions for hydraulic properties. Irrig. And. Drainage systems. 14:325-342.

-**Campbell, G., 1974.** Simple Method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. Soil. Sci.117:311-314.

-**Cassel SHamasakar, F., SHamasakar, S., Zhang, R., Vance, G.F., Miller, S.D. and Reddy, M.J., 2000.** Modeling nitrate movement in sugar Cranfield beet soils under flood and drip irrigation. ICID. Journal. 49:1: 43-54.

-**Clement, R.S., De Jong, R., Hayhoe, H.N., Reynolds, W.D. and Hares, M., 1994.** Testing and comparison of three unsaturated soil water flow models. Agri. Water manage. 25:135-152.

-**Dust, M., Baran, N., Errera, G., Hutson, J.L., Mouvet, C., Schafer, H., Vereecken, H. and Walker, A., 2000.** Simulation of water and solute transport in field soils with the LEACHP moldel. Agri. Water manage. 44:225-245.

-**Hutson, J.L. and CASS, A., 1987.** A retentivity function for use in soil-water simulation models.J.soil.sci.38:105-113.

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

-**Kang, S., Zhang, F. and Zhang, J. 2001.** A Simulation model of water dynamics in winter wheat field and its application in a semiarid region Agri . water manage. 49:115-129.

-**Parehkar, M., 1998.** Recharge Processes under Arid semi-Arid Areas. (Laboratory experiment and modeling). P.h.d. Thesis, Cranfield uni. Silsoe collage.

-**Ramos, C. and Carbonell, E.A., 1991.** Nitrate leaching and soil moisture prediction with the LEACHM Model. Fertilizer Research, 27:171-180.

-**Smith, W.N., Reynolds, W.D., Jong., R.D. and Clemente, R.S., 1995.** simulation using LEACHM.J.Environ. Qual. 24.874-881.

Archive of SID

www.SID.ir

Simulation the moisture and movement of water in the soil and the effect on transpiration process under wheat culture by LEACHN Model

Ali Assareh[*1], Mansour Parehkar [2], Fereydoon Kaveh [3] and Habib Mosavi jahromi [4]

1) Islamic Azad University of Ahvaz branch, faculty member, Ahvaz, Iran
2) Soil conservation and Watershed management Research Center-Ministry of Agriculture, Iran
3) Islamic Azad University of Tehran Science and Research branch, Associate Professor, Tehran, Iran
4) Ahvaz Shahid Chamran University, Associate Professor of Water Engineering Faculty, Ahvaz, Iran

[*]**Corresponding author** ali_assareh_2003@yahoo.com

Received: 2010/11/30 **Accepted: 2010/12/22**

Abstract

So far the main part of agriculture researcheshas been based on the field experiments and regression analysis. The great disadvantage of theseresearching methods is the impossibility of recognizing the system operation process and generalizing the obtained results out of limit at the experiment. But by helpingmodeling,the possibility of simulation and knowing the system production processes under a series of determined conditions, will be prepared and studied. This research was done in order to study the water movement in the soil and its simulation by LEACHN model in variable humidity conditions of soil under Chamran wheat culture. Three irrigation treatmentswere under the name of I1 (without water stress), I2 (water irrigation interrupting on cluster appearance stage) and I3 (water irrigation interrupted on wheat grain latency), and five proportions of nitrogen with 0, 40, 80, 120, 160 kg/hectare. In this study the water movement process in the soil was simulated by LEACHN model. . As the LEACHN model has been used to corn at the beginning, by using SUCROS model and the results of past researches, the wheat root growth equation was obtained and then used in LEACHN model. The measurement of field humidity and its comparison with the results of humidity estimation, explains a high correlation between model and field results. The model predicted the field humidity with high precision.After calibration and model validation experiment, the study on percentage of water absorbed by plant showed that the most transpiration and/or water absorption got result on 10 to 20 centimeter layers. This indicates the importance of the surface layers in water stress conditions. The model has shown that the transpiration amount was proportional with water filling in each treatment .The water balance sheet examination profile soil shown that on the first growth season, the used main water evaporates from the soil surfaceand by passing time and increasing the leaf area index(LAI), the most amount of transpiration and evaporation will be in the form of transpiration.

Key words: simulation moisture, wheat, model, transpiration , LEACHN

Archive of SID

www.SID.ir