

شبیه‌سازی حرکت آب در خاک غیراشباع متأثر از سامانه‌های مختلف آبیاری (مطالعه موردی: دشت محمدشهر کرج)

کوروش کمالی^{۱*}، محمود عرب خدری^۲، رضا بیات^۳ و اباذر مصطفایی^۴

چکیده

شبیه‌سازی حرکت آب در پروفیل خاک و شناخت تأثیر سامانه‌های مختلف آبیاری در پویایی رطوبت خاک از اهمیت زیادی برخوردار است. بدین منظور از مدل عددی یک‌بعدی LEACHW در عرصه‌های کشاورزی منتخب دشت محمدشهر کرج استفاده شد. با حفر نه خاک‌رک در سه مزرعه و باغ منتخب و در نظر گرفتن شرایط اولیه رطوبت و پایش تغییرات آن‌ها در طول فصل زراعی یا طول دوره شبیه‌سازی، مدل LEACHW اجرا و مقادیر رطوبت برآوردی مدل با مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از آنالیز حساسیت مدل و واسنجی پارامترها، مدل مجدداً اجرا و میزان آب ازدست‌رفته و مانده در پروفیل خاک در طول فصل زراعی برآورد شد. بررسی نتایج نشان داد که حدود ۲۰ درصد از آب آبیاری در سامانه سنتی آبیاری صرف نفوذ عمقی می‌شود؛ در حالی که مطابق انتظار سامانه‌های نوین آبیاری فاقد تلفات آب به صورت نفوذ عمقی بودند. لذا یکی از راه‌کارهای افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی، اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری و حرکت به سمت توسعه سامانه‌های نوین آبیاری است. بی‌شک مأموریت اصلی این سامانه‌ها، بهینه‌سازی مصرف آب در راستای تأمین امنیت غذایی کشور است.

واژه‌های کلیدی: رطوبت خاک، سامانه‌های آبیاری، کرج، مدل LEACHW

مقدمه

شبیه‌سازی می‌کند. با توجه به اهمیت روزافزون استفاده از مدل‌های ریاضی در برنامه‌ریزی آبیاری، در این مقاله از مدل برآورد حرکت آب LEACHW که یکی از زیر مدل‌های LEACHM می‌باشد، استفاده شده است.

مدل LEACHW یک مدل کامپیوتری برای محاسبه رطوبت در لایه‌های مختلف خاک است که در سال ۱۹۹۲ توسط هاتسون و واگنت ارائه شده و بعد از آن این مدل به‌عنوان یک مدل کارا و توانمند توسط افراد دیگر برای شبیه‌سازی حرکت آب خاک مورد استفاده و تأیید قرار گرفته است. اکثر فرایندهایی که در رابطه با آب در خاک اتفاق می‌افتد مانند جذب آب و مواد غذایی به‌وسیله گیاهان و انتقال آب و املاح به‌طرف ریشه‌ها، به‌صورت غیراشباع انجام می‌گیرد و می‌توان مطرح نمود که حرکت غیراشباع متداول‌ترین حرکت آب در خاک است (Hillel, 1998). از آنجا که متداول‌ترین حرکت آب در خاک به شکل غیراشباع بوده و این نوع حرکت عموماً تحت تأثیر پتانسیل ماتریک است؛ لذا، اصلی‌ترین معادله عمومی که می‌تواند حرکت غیراشباع خاک را بهتر از سایر معادلات بیان کند معادله ریچاردز است.

مدل‌های شبیه‌سازی رطوبت در خاک می‌توانند روش مناسبی برای برآورد تغییرات رطوبت باشند. با وجود توسعه سامانه‌های نوین آبیاری پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه تأثیر این روش‌ها بر رطوبت خاک اندک است. برای آگاهی از نحوه توزیع رطوبت در ناحیه ریشه، آزمایش‌های صحرایی وقت‌گیر و پرهزینه‌ای لازم است که دامنه اعتبارشان از نظر شرایط فیزیکی و منطقه‌ای دارای محدودیت‌هایی است، در حالی که مدل‌های عددی با شبیه‌سازی شرایط واقعی حرکت آب در محیط متخلخل، قادر به ارزیابی وضعیت رطوبت خاک در یک سیستم آبیاری با دقت مناسب هستند. از جمله مدل‌های شبیه‌سازی، مدل LEACHM^۵ است که حرکت آب، املاح و نیز جذب ریشه و فعل و انفعالات شیمیایی در محیط غیراشباع را به‌صورت یک‌بعدی

^۱ مربی پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (*نویسنده مسئول): kamali_kourosh@yahoo.com

^{۲،۳،۴} به ترتیب دانشیار، استادیار و پژوهشگر پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ دریافت: ۹۸/۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۲

^۵ Leaching Estimation and Chemistry Model

برای شبیه‌سازی رطوبت در لایه‌های مختلف خاک استفاده شده است (صمدی مرزونی، ۱۳۹۰). با مقایسه مقادیر رطوبت پروفیل خاک برآورد شده توسط مدل با مقادیر مشاهده‌ای در منطقه، مشخص شد که میزان جذر متوسط مجذور خطا (RMSE) در مدل LEACHW ۰/۰۶ رطوبت حجمی بوده که نشان‌دهنده دقت مناسبی در برآورد رطوبت خاک است. نشاط و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از مدل LEACHW، تبخیر غیر ماندگار را از سطح خاک بدون پوشش برآورد و نتایج آن را با مدل بیلان آب مقایسه کردند. اختلاف نتایج بدست آمده از مدل بیلان آب با مدل کامپیوتری کمتر از پنج درصد بود. جلینی و همکاران (۱۳۸۴) با استفاده از مدل LEACHW میزان رطوبت را در پروفیل خاک شبیه‌سازی کردند. مقدار خطای مطلق در این پژوهش ۱/۸۷ تا ۵/۵۸ درصد محاسبه شد که نشان‌دهنده تطابق مقادیر رطوبت شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده است. این نتایج در شرایطی حاصل شده که داده‌های ورودی مورد نیاز برای اجرای مدل، با دقت کافی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

ذاکری‌نیا و پاره‌کار (۱۳۸۲) به کمک مدل LEACHC تأثیر پارامترهای فیزیکی خاک را بر روی حرکت املاح بررسی نمودند. در این پژوهش با بکار بردن سه نوع پروفیل با لایه‌های خاک با چگالی ظاهری متفاوت و اعمال آبیاری شور (در شرایط اقلیمی یکسان) به مقایسه آن‌ها از لحاظ حرکت آب و املاح پرداخته شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که هر چه چگالی ظاهری خاک بیشتر باشد، تخلخل آن خاک کمتر و در نتیجه نگهداشت رطوبتی در آن کمتر صورت می‌گیرد. در نتیجه حرکت پیستونی بیشتر رخ داده و آب موجود تحت تأثیر نیروهای موجود سریع‌تر از پروفیل عبور می‌کند و آبشویی سریع‌تر اتفاق می‌افتد و بالعکس با کاهش چگالی ظاهری به دلیل افزایش تخلخل و نگهداشت آبی، حرکت آب و عمل آبشویی کندتر صورت می‌گیرد و در شرایط گرم و با تبخیر زیاد احتمال توزیع مجدد آب و شوری در این‌گونه پروفیل‌ها بیشتر است. پاره‌کار (۱۹۹۸) با توسعه ستون‌های چهارمتری به جهت بررسی حرکت آب و املاح در شرایط غیراشباع، با تکنواخت در نظر گرفتن توزیع رطوبت در ستون خاک به بررسی پدیده پس‌ماند و تأثیر آن بر روی حرکت آب و املاح پرداخت. ایشان طی یکسری آزمایش‌ها نشان داد که در اثر پدیده پس‌ماند، آب سریع‌تر از املاح به انتهای ستون خاک منتقل می‌شود. البته ایشان دلیل اصلی سرعت بیشتر حرکت آب را جایگزینی آب موجود در پروفیل توسط رطوبت وارد شونده به آن معرفی نمود. به عبارت دیگر حرکت پیستونی در رطوبت‌های کمتر از اشباع نیز رخ می‌دهد. ایشان همچنین با شبیه‌سازی حرکت یون کلر در شرایط غیراشباع به کمک مدل LEACHC برای سال‌های

در مدل LEACHW به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل حرکت آب در داخل خاک غیراشباع از معادله ریچاردز استفاده شده است. اسمیت و همکاران (۱۹۹۵) جریان آب در خاک را با استفاده از مدل LEACHW بررسی نمودند. آزمایش در شرایط اشباع و نزدیک اشباع در ستون‌هایی به طول ۶۵ و قطر ۲۰ سانتی‌متر انجام شد توزیع اندازه ذرات در لایه‌های ۵ سانتی‌متری در طول پروفیل متغیر بود و برای بررسی رابطه رطوبت خاک، مکش و هدایت هیدرولیکی از معادلات وان گنوختن (Van Genuchten) استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل تحت این شرایط حرکت آب را با دقت قابل قبولی برآورد می‌کند. خطای نسبی بین ۶/۹ تا ۷/۸ درصد و مقدار ضریب تغییرات بین ۹/۳ تا ۱۱/۹ درصد متغیر بود (Smith et al., 1995). کلمنت و همکاران (۱۹۹۴) سه مدل بنام‌های LEACHM، 'SWASIM'، 'SWATRE' را برای بررسی حرکت آب در خاک ارزیابی نمودند. هر سه مدل جریان آب را به صورت یک‌بعدی و با استفاده از حل عددی معادله ریچاردز شبیه‌سازی می‌کنند و تنها تفاوت آن‌ها در روابطی است که میزان تبخیر و تعرق گیاه را برآورد می‌کنند. نتایج حاصله حکایت از دقت هر سه مدل داشت (Clement et al., 1994). بررسی مدل واسنجی شده HYDRUS برای شبیه‌سازی جریان عمودی حاصل از بارندگی برای یک دوره نسبتاً طولانی در منطقه بیابانی در چین در عمق سه متری زیر سطح زمین نشان داد که تغذیه سالانه آب زیرزمینی در طول سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۲ بین ۱۱ تا ۳۰ میلی‌متر است (Hou et al., 2016). این در حالی است که مقدار بارندگی در طول دوره مذکور بین ۶۸ تا ۱۷۲ میلی‌متر بوده است.

آقایاری (۱۳۹۰) در پژوهشی با تعدیل زیر مدل بیلان آب خاک در مدل MEDIWY و استفاده از مدل LEACHW به جای آن، مدل جدیدی تحت عنوان مدل LEAMED معرفی نمود. بررسی شاخص‌های آماری به دست آمده از طریق مدل LEACHW دارای مقادیر عددی مناسب‌تری نسبت به شاخص‌های به دست آمده از طریق مدل MEDIWY بود. میزان خطای متوسط در برآورد رطوبت خاک در مدل LEACHW از ۱/۸۵ تا ۳/۸۰ درصد و در مدل MEDIWY از ۷/۹۹ تا ۱۴/۵۵ درصد متغیر بوده که نشان‌دهنده برتری نسبی مدل LEACHW به MEDIWY در برآورد رطوبت خاک است. به منظور بررسی تأثیر پخش سیلاب گریباگان فسا بر تغذیه سفره آب‌های زیرزمینی از مدل LEACHW

¹ Soil Water Simulation Model

² Soil Water and Actual Transpiration Rate, Extended

اجرای مدل LEACHW اطلاعات در یک فایل ورودی ذخیره شد. اجرای مدل برای تمامی عرصه‌های منتخب در طول فصل زراعی یا دوره شبیه‌سازی به‌طور جداگانه انجام پذیرفت. بعد از اجرای مدل، نتایج آن از جمله رطوبت پروفیل خاک در فایل خروجی ذخیره گردید. برای اجرای مدل LEACHW زمان شروع برنامه (می‌تواند همان تاریخ کاشت باشد)، تاریخ پایان برنامه (می‌تواند همان تاریخ برداشت باشد)، عمق پروفیل خاک، ضخامت لایه‌های خاک، درصد ذرات تشکیل‌دهنده خاک (بافت خاک)، درصد کربن آلی، منحنی مشخصه رطوبتی خاک (رابطه بین پتانسیل ماتریک و رطوبت حجمی خاک)، جرم مخصوص ظاهری خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع، تقویم فنولوژیکی گیاه (زمان کاشت^۷، جوانه‌زنی^۸، سبز شدن^۹، بلوغ^{۱۰} و برداشت^{۱۱})، نسبت پوشش گیاه^{۱۲}، ضریب تثبیت تبخیر در طی دوره شبیه‌سازی حرکت آب برداشت شد. اطلاعات مربوط به آبیاری نیز شامل تاریخ دقیق آبیاری برحسب (روز/ماه/سال) و مقدار آبیاری در هر یک از سامانه‌های آبیاری ثبت گردید. داده‌های هواشناسی مورد نیاز شامل درجه حرارت متوسط، اختلاف حداکثر و حداقل دما، میزان تبخیر از تشتک تبخیر در طول دوره شبیه‌سازی از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کرج اخذ شد. اگر در طی دوره شبیه‌سازی در عرصه‌های مورد مطالعه بارشی صورت می‌گرفت، اطلاعات مربوط به بارش در مدل حرکت آب در پروفیل خاک لحاظ گردید. همچنین به‌منظور پایش میزان رطوبت در طول رشد گیاه در هر یک از مزارع مربوطه در لایه‌های مختلف پروفیل خاک، شرایط اولیه رطوبت خاک، پایش تغییرات آن‌ها در طول دوره رشد گیاه، رطوبت خاک قبل و بعد از آبیاری به طریق وزنی اندازه‌گیری شد. برای تعیین ضرایب a و b معادله کمپل نیز که از پارامترهای مهم و تأثیرگذار مدل LEACHW می‌باشند، از نرم‌افزار RETFIT استفاده شد.

نتایج حاصل از اجرای مدل شامل رطوبت پروفیل خاک، میزان نفوذ تجمعی، میزان رواناب، میزان نفوذ عمقی، میزان تبخیر از سطح خاک، میزان آب ذخیره شده در خاک و میزان خطا در بیلان آب است. با استفاده از داده‌های موجود در منطقه، مدل حرکت آب اجرا و مقادیر برآوردی با مشاهده‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت؛ و با آزمون مقایسه میانگین‌ها بررسی شد. با توجه به معنی‌دار

متفاوت نشان دادند که سرعت حرکت جبهه رطوبتی بیشتر از جبهه کلر است و اعلام نمودند که مدل مذکور در شرایط متفاوت رطوبتی، ابزار مناسبی برای بررسی حرکت یک‌بعدی آب و املاح و مواد شیمیایی در منطقه غیراشباع است (Parehkar, 1998).

مواد و روش‌ها

به‌منظور شبیه‌سازی حرکت آب در خاک با سامانه‌های مختلف آبیاری، مزارع و باغات واقع در محوطه معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی واقع در دشت محمدشهر کرج انتخاب شد. تمرکز شیوه‌های مختلف آبیاری در یک محل از جمله دلایل انتخاب این محل بود. در آبیاری این مزارع و باغات از سه نوع سامانه آبیاری بارانی، قطره‌ای و غرقابی استفاده می‌شود. نوع کشت در سامانه آبیاری بارانی گندم، در سامانه آبیاری قطره‌ای اراضی باغی و در سامانه آبیاری غرقابی (شاهد) گندم است. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و محل‌های حفر خاک‌رخ در این اراضی را نشان می‌دهد. موقعیت خاک‌رخ‌ها با توجه به قرار گرفتن آن‌ها در شعاع تأثیر سامانه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای تعیین شدند. خاک‌رخ‌ها تا لایه محدودکننده و حداکثر به عمق ۱/۵ متر حفر و تشریح شدند (شکل ۲). با نمونه‌برداری از افق‌های ژنتیکی و ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه، ویژگی‌های بافت خاک^۱ به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)، جرم مخصوص ظاهری^۲ (BD) در لایه‌های سطحی به روش استوانه و در لایه‌های زیرسطحی به روش مخروط ماسه‌ای (شکل ۳)، پتانسیل ماتریک (فشار آب برحسب سانتی‌متر $PF = -\log$) به روش صفحه فشار^۳، درصد کربن آلی^۴ (OC) به روش والکی-بلاک (Walkley and Black, 1934) و هدایت هیدرولیکی خاک (Ks) با استفاده از مدل تابع انتقالی رزتا^۵ اندازه‌گیری شدند.

لازم به ذکر است اطلاعاتی که معمولاً در مطالعات حرکت آب در خاک مورد نیازند از دو نوع است، یکی مقدار آب موجود در خاک و دیگری وضعیت انرژی آب در خاک (رطوبت و مکش خاک). با اینکه می‌توان این دو را به‌طور مستقل از هم اندازه‌گیری نمود، ولی با یکدیگر رابطه دارند. این رابطه با منحنی مشخصه رطوبتی خاک^۶ تعریف می‌شود (Hutson and Wagenet, 1992). لذا به‌منظور

⁷ Planting

⁸ Germination

⁹ Emergence

¹⁰ Maturity

¹¹ Harvest

¹² Crop Cover

¹ Soil Texture

² Bulk Density (BD)

³ Pressure Plate

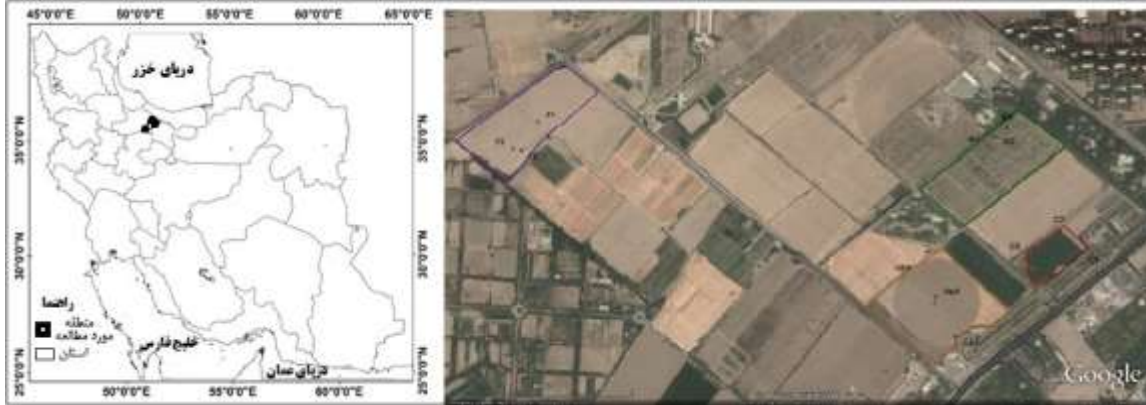
⁴ Organic Carbon

⁵ Rosetta

⁶ Soil Moisture Characteristic Curve

حساسیت مدل از روش ارائه شده توسط لن و فریرا (۱۹۸۰) استفاده گردید. کالیبراسیون مدل LEACHW نیز به روش اتوماتیک انجام شد.

بودن اختلاف مقادیر برآورد شده مدل با مقادیر مشاهداتی، آنالیز حساسیت مدل در دو مزرعه از سه مزرعه مورد مطالعه انجام و مدل مجدداً بر اساس پارامترهای کالیبره شده اجرا گردید. در آنالیز



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و محل‌های حفر خاکرخ در عرصه‌های منتخب



مزرعه گندم با آبیاری بارانی سنتریوت



اراضی باغی با آبیاری قطره‌ای

شکل ۲- نمایی از حفر و تشریح خاکرخ در اراضی منتخب



روش مخروط ماسه‌ای در اراضی سنگلاخی



روش استوانه در اراضی با خاک نرم

شکل ۳- تعیین جرم مخصوص ظاهری در مزرعه

نتایج

با اخذ نتایج آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع منتخب و نتایج آزمایش‌های شیمیایی آب آبیاری، کار تحلیل داده‌ها آغاز شد. نتایج نشان داد که از بین خصوصیات فیزیکی خاک، مقادیر رطوبت خاک نسبت به پارامتر جرم مخصوص ظاهری بسیار حساس می‌باشد. همچنین مدل نسبت به ضریب a در معادله کمپل تأثیر کمی روی نتایج دارد ولی نسبت به ضریب b حساس است. از بین داده‌های گیاهی و حداکثر شدت جریان سطحی، نتایج آنالیز حساسیت نشان داد که مدل فقط نسبت به درصد پوشش گیاهی حساس است. پس از اجرای مدل LEACHW برای مزارع مطالعاتی، مقادیر رطوبت پیش‌بینی شده توسط مدل با مقادیر

مشاهده‌ای در محیط نرم‌افزار SPSS مقایسه شد. نتایج آزمون t برای باغ با آبیاری قطره‌ای و مزرعه گندم با آبیاری غرقابی نشان‌دهنده این موضوع بود که معیار تصمیم کمتر از سطح خطای (۵٪) بوده، از این رو بایستی مدل LEACHW برای این دو مزرعه کالیبره می‌شد. ولی برای مزرعه گندم با آبیاری بارانی نتایج آزمون t نشان‌دهنده تطابق مناسب نتایج خروجی مدل LEACHW با داده‌های مشاهداتی بود. کالیبراسیون مدل به روش اتوماتیک با استفاده از نرم‌افزار MATLAB انجام شد. جدول (۱) نتایج بیان آب در خاک و خروجی مدل LEACHW را در مزارع منتخب در طول فصل زراعی و در زمان‌های مختلف دوره شبیه‌سازی به میزان ۲۲۷ روز نشان می‌دهد.

جدول ۱- نتایج بیان آب در خاک مدل LEACHW در مزارع منتخب

| مزارع مطالعاتی و سامانه آبیاری | زمان از شروع شبیه‌سازی | مقدار آب در نیمرخ خاک در اول فصل زراعی | مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل (میلی‌متر) | | | | مقدار رطوبت موجود در خاک (میلی‌متر) | | تفاوت میزان رطوبت پیش‌بینی شده و مشاهداتی (میلی‌متر) |
|--------------------------------|------------------------|--|--|-----------------|--------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------|--|
| | | | میزان تبخیر | میزان نفوذ عمقی | میزان رواناب | میزان نفوذ تجمع‌ی | پیش‌بینی شده | اندازه‌گیری شده | |
| گندم (بارانی) | ۰ | ۷۴/۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۷۴/۱ | ۰ | ۰ |
| | ۱۷۰ | ۷۴/۱ | ۸۰/۳ | ۴۵/۶ | ۰ | ۰ | ۱۶۶/۸ | ۱۹۱/۸ | -۲۹/۸۵ |
| | ۱۸۲ | ۷۴/۱ | ۱۱۱/۵ | ۵۱/۴ | ۰ | ۰ | ۱۴۲/۲ | ۲۲۷/۳ | -۳۰/۹ |
| | ۱۹۶ | ۷۴/۱ | ۱۴۸/۱ | ۵۸/۳ | ۰/۱ | ۰ | ۱۳۰/۰ | ۲۷۲/۳ | -۲۵/۷ |
| | ۲۱۲ | ۷۴/۱ | ۲۰۱/۸ | ۶۸/۲ | ۰/۱ | ۰ | ۱۳۳/۵ | ۳۳۷/۹ | -۲۶/۹ |
| | ۲۲۷ | ۷۴/۱ | ۲۴۷/۹ | ۷۶/۳ | ۰/۲ | ۰ | ۱۲۸/۵ | ۳۹۴/۲ | -۲۱/۴ |
| باغ (قطره‌ای) | ۰ | ۷۲/۶ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۷۲/۶ | ۰ | ۰ |
| | ۶۱ | ۷۲/۶ | ۱۹/۶ | ۷۰/۱ | ۰ | ۰ | ۱۰۹/۳ | ۱۲۷ | ۲۸/۹ |
| | ۷۳ | ۷۲/۶ | ۴۷/۹ | ۸۰/۹ | ۰ | ۰ | ۱۰۸/۷ | ۱۶۵/۵ | ۶۰/۱ |
| | ۸۶ | ۷۲/۶ | ۸۳/۸ | ۹۱/۶ | ۰ | ۰ | ۱۱۰/۷ | ۲۱۴/۱ | ۱۰۳/۸ |
| | ۱۰۲ | ۷۲/۶ | ۱۳۱/۳ | ۱۰۴/۹ | ۰ | ۰ | ۱۱۰/۴ | ۲۷۴/۸ | ۹۰/۶ |
| | ۱۱۷ | ۷۲/۶ | ۱۷۱/۴ | ۱۱۶/۳ | ۰ | ۰ | ۱۱۲/۹ | ۳۲۸/۶ | ۱۹/۴ |
| گندم (غرقابی) | ۰ | ۱۵۲/۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۵۲/۲ | ۰ | ۰ |
| | ۲۰۸ | ۱۵۲/۲ | ۷۲/۲ | ۱۹۴/۱ | ۹۸/۲ | ۰ | ۱۶۷/۴ | ۴۶۱/۴ | -۴۷/۷ |
| | ۲۲۴ | ۱۵۲/۲ | ۱۷۵ | ۲۰۰/۶ | ۱۱۲/۸ | ۰ | ۱۴۷/۰ | ۵۳۰/۸ | -۷۳/۸ |
| | ۲۳۹ | ۱۵۲/۲ | ۲۵۱/۶ | ۲۰۵/۷ | ۱۱۷ | ۰ | ۱۶۷/۹ | ۵۸۸/۸ | - |

با دقت و ملاحظه اعداد و ارقام جدول (۱)، مشاهده می‌گردد که در تمامی مزارع، میزان تبخیر از سطح خاک در اوایل فصل رشد نسبت به تعرق گیاه زیادتر است. به عبارتی در اوایل فصل به علت عدم توسعه سطح پوشش گیاهی و لخت بودن سطح خاک میزان

تعرق کم است؛ ولی با گذشت زمان از مقدار تبخیر کاسته شده و بر مقدار تعرق از گیاه اضافه می‌شود. در اوایل فصل رشد که درصد پوشش گیاهی کم است، مقدار آب مصرفی، بیشتر صرف تبخیر از سطح خاک می‌گردد، که این را می‌توان از دلایل سریع خشک شدن

نتایج اجرای مدل LEACHW از نظر پیش‌بینی رطوبت در پروفیل خاک

الف- مزرعه گندم (آبیاری بارانی)

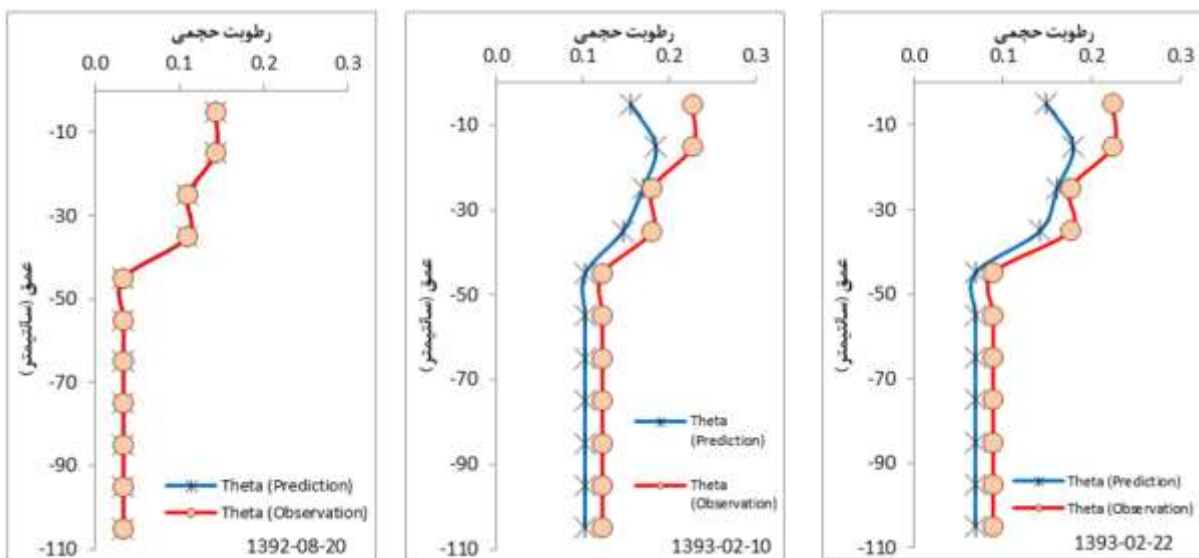
در این مزرعه نحوه حرکت پیشانی جبهه رطوبتی خاک تا عمق ۱۱۰ سانتی‌متری در فواصل بین آبیاری طی هفت مرحله به‌صورت وزنی اندازه‌گیری و رطوبت خاک نیز تا همین عمق مورد ارزیابی قرار گرفت. تغییرات رطوبت اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده توسط مدل LEACHW در اعماق مختلف خاک و در فاصله بین آبیاری‌ها در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. روند تغییرات رطوبت در لایه سطحی به‌صورت افزایشی بوده اما در لایه‌های میانی و تحتانی با گذشت زمان تغییرات رطوبت کاهش چشم‌گیری را نشان می‌دهد. از آنجایی که عمق توسعه ریشه گیاه گندم ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد لذا لایه سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متری) بیشترین سهم را در تغییرات رطوبت دارد. ذکر این نکته ضروری است که پارامترهای اقلیمی نظیر بارندگی، تبخیر و دمای هوا در چگونگی توزیع و انتقال رطوبت تأثیر مستقیم می‌گذارند. نیروی موینگی اصلی‌ترین عامل حرکت رطوبت است. بارندگی باعث توزیع یکسان و عمودی رطوبت از سطح به عمق می‌شود و تبخیر نیز باعث توزیع مجدد رطوبت در سطح خاک می‌گردد.

وجه مشترک در تمام اعماق، تخمین کم رطوبت پیش‌بینی شده نسبت به رطوبت اندازه‌گیری شده می‌باشد. علت شباهت رطوبت در اعماق مختلف را این‌طور می‌توان استنباط نمود که چون مقادیر رطوبت ۲۴ ساعت بعد از آبیاری ثبت شده‌اند و انتشار رطوبت هم طی شب انجام گردیده است، بنابراین رطوبت در لایه مختلف به‌صورت یکنواخت توزیع شده است. با توجه به این‌که در فصول سرد، مقدار تبخیر کاهش می‌یابد و زمین فقط تحت تأثیر بارش‌های زمستانه است و آبیاری بارانی انجام نمی‌گیرد، مقدار رطوبت افزایش می‌یابد. هر چه به فصول گرم سال و زمان برداشت نزدیک می‌شویم، با توجه به افزایش تبخیر از سطح خاک و قطع آبیاری (دو هفته قبل از برداشت) مقدار رطوبت در پروفیل خاک به‌شدت کاهش می‌یابد. در این مزرعه بافت لایه‌های سطحی و میانی لومی بوده که جزء خاک‌های متوسط بافت است؛ این خاک‌ها ظرفیت نگهداری رطوبت نسبتاً بالایی دارند و رطوبت خود را تا حد زیادی در اختیار گیاه قرار می‌دهند. لایه تحتانی دارای بافت لومی شنی با بیش از ۷۰٪ شن و کمتر از ۱۰٪ رس می‌باشد. به همین دلیل قدرت نگهداری آب کمی داشته و رطوبت خود را سریع از دست می‌دهند؛ بنابراین لایه‌های

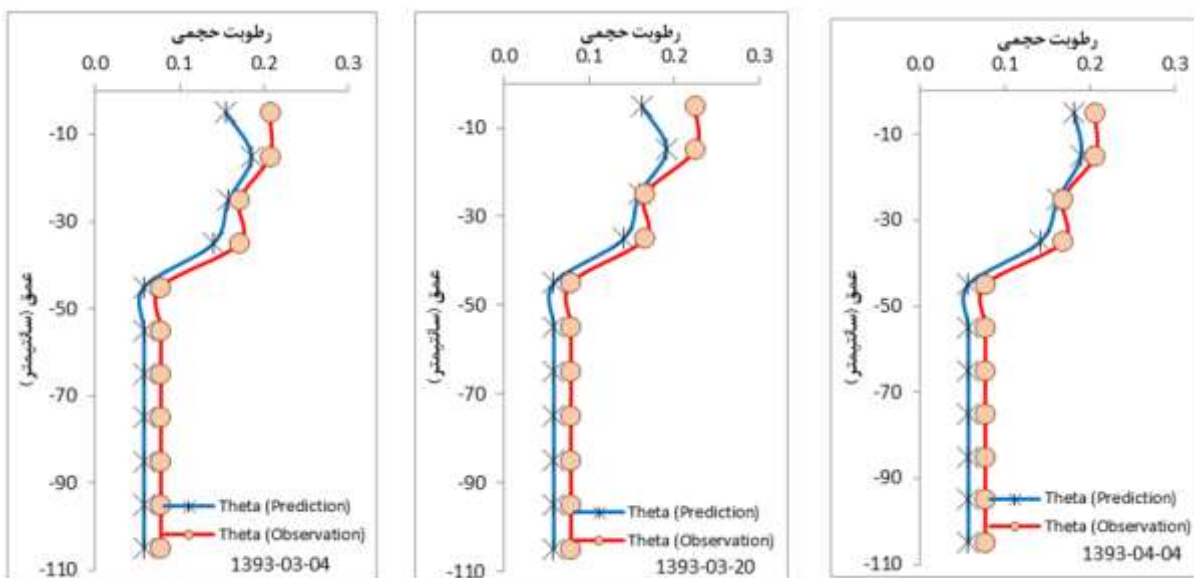
سطح خاک در ابتدای فصل رشد دانست. با این وجود، در مزارع تحت آبیاری غرقابی نسبت به سایر آبیاری‌ها درصد بیشتری از کل آب مصرفی صرف تبخیر از سطح خاک و تعرق از سطح گیاهان شده است. مقدار کل تبخیر و تعرق در سامانه‌های آبیاری مختلف متناسب با میزان آب آبیاری بوده است. تنش آبی تأثیر بیشتری روی مقدار تعرق گیاه داشته است. مقدار تعرق در مزرعه تحت آبیاری غرقابی بیشتر از مزارع تحت سامانه آبیاری نوین بود. این موضوع نشان می‌دهد که مقدار تعرق نسبت به تبخیر بیشتر تحت تأثیر شرایط و وضعیت رطوبتی خاک قرار می‌گیرد. در اغلب مزارع منتخب با سامانه‌های نوین آبیاری، خروج آب از ناحیه ریشه (نفوذ عمقی) کاهش یافته است؛ به‌طوری‌که میزان نفوذ عمقی در سامانه آبیاری قطره‌ای صفر و در سامانه آبیاری بارانی ناچیز بوده اما در سامانه سنتی غرقابی حدود ۲۰ درصد از کل آب مصرفی از عمق توسعه ریشه‌ها گذر کرده و به آب‌های زیرزمینی می‌پیوندد.

نتایج مطالعات پی و همکاران (۲۰۱۷) که با هدف بررسی اثر کاهش مقدار آبیاری بر دینامیک آب و خاک و فرآیند نفوذ عمقی با مقایسه کشت دیم و آبی و با استفاده از مدل HYDRUS-1D انجام شده، نشان داد که کاهش مقدار آب آبیاری، مقدار رطوبت خاک را کاهش داده و آبیاری مقدار میانگین سالانه نفوذ عمقی را از ۱٫۳ به ۱۱۶ میلی‌متر در سال نسبت به مزارع دیم افزایش داده است. مقدار نفوذ عمقی به طور قابل ملاحظه‌ای از ۱۹۰-۱۴۰ میلی‌متر در سال به ۸۹-۴۰ میلی‌متر در سال در نتیجه استراتژی آبیاری تحت فشار کاهش پیدا کرده است. بررسی هاتیه و همکاران (۲۰۱۶) نیز با استفاده از لایسیمتر و پایش روزانه نفوذ عمقی از منطقه ریشه در طول دوره رشد گیاه برنج نشان دادند که حجم زیادی از آب به‌عنوان مؤلفه نفوذ عمقی برمی‌گردد. به‌طورکلی ۸۲ درصد از حجم آب ورودی در فصل کشت برنج در خاک لوم ماسه‌ای به‌عنوان نفوذ عمقی (پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی) برداشت شده است. بررسی بیلان آب در نیمرخ خاک مزارع مختلف نشان داد که مقدار نفوذ عمقی متناسب با مقادیر آبیاری و دور آبیاری می‌باشد. بافت خاک تأثیر قابل توجهی روی مقدار نفوذ عمقی دارد. در بافت رسی مقدار بیشتری از آب صرف تبخیر از سطح خاک می‌شود. به‌طوری‌که مقدار آن نسبت به بافت شنی سه برابر و نسبت به بافت لومی دو برابر بیشتر بود. همچنین تلفات آب بر اثر نفوذ عمقی در بافت شنی زیاد می‌باشد. به‌طورکلی نرخ تغذیه تابعی از بارندگی و آبیاری بوده که کاربری‌های مختلف شامل نوع زراعت، زمین تحت کشت و آبیاری، فصول آیش و زمین‌های بایر تأثیر مهمی بر تغذیه آب زیرزمینی و منابع آب خواهند داشت (Scanlon et al., 2006).

سطحی و میانی به ترتیب با تراکم ریشه متوسط و بسیار کم، رطوبت بیشتری نسبت به لایه تحتانی که فاقد ریشه می‌باشد، دارا می‌باشند.



شکل ۴- حرکت جبهه رطوبتی خاک، راست و وسط: بعد از آبیاری، چپ: قبل از آبیاری



شکل ۵- حرکت جبهه رطوبتی خاک، راست: بعد از قطع آبیاری، وسط و چپ: بعد از آبیاری

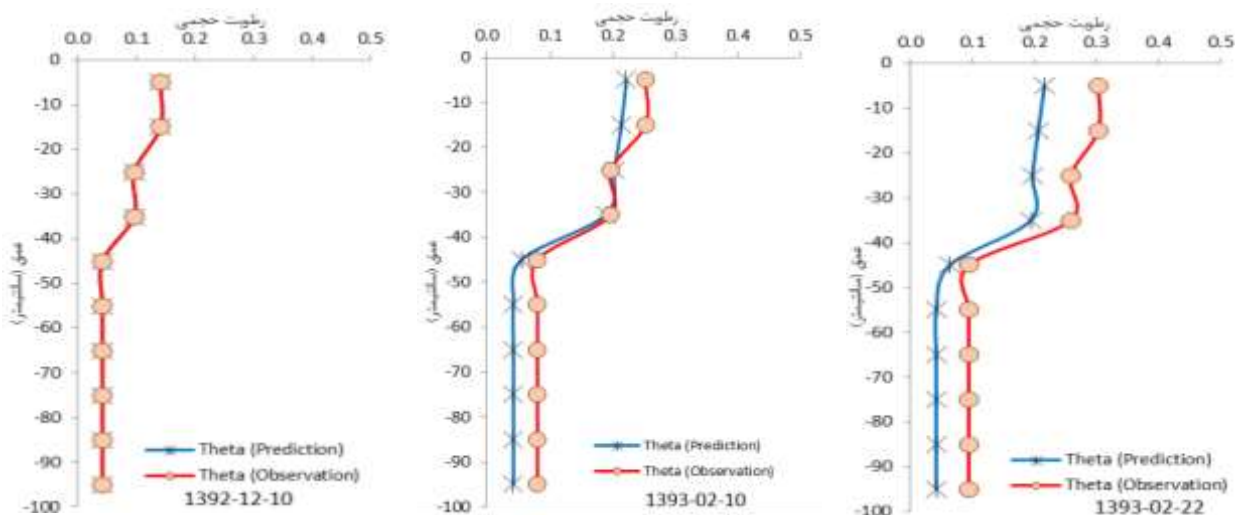
لایه‌های میانی و تحتانی متغیر می‌باشد که نشان از دقت بالای مدل در تخمین رطوبت خاک دارد. مقادیر MAE بیان‌کننده دقت مدل است که با کاهش آن، دقت مدل افزایش می‌یابد. مقدار ضریب تغییرات نیز بین ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۲۳ در نوسان بوده است. مقدار کارایی مدل که نشان‌دهنده کیفیت و چگونگی برازش داده‌های مشاهده‌ای و تخمین‌زده شده می‌باشد، بین ۰/۸۱- تا ۰/۰۴ تغییر می‌کند.

(ب) باغ (آبیاری قطره‌ای)

شاخص‌های آماری موردنظر برای ارزیابی مدل یعنی مقادیر RMSE میزان جذر متوسط مجذور خطا (Root Mean Square Error)، MAE خطای مطلق (Mean Absolute Error)، CV ضریب تغییرات (Coefficient of Variation) و EF کارایی مدل (Modeling Efficiency) نشان‌دهنده آن است که مدل LEACHW از دقت بالایی در پیش‌بینی مقدار رطوبت برخوردار بوده است. میزان RMSE از ۰/۰۴ در لایه سطحی تا ۰/۰۲ در

که در آبیاری‌های اولیه آب به این لایه رسیده است، اما در مراحل بعدی به علت افزایش تقاضا برای تبخیر و تعرق مقدار رطوبت کاهش یافته است.

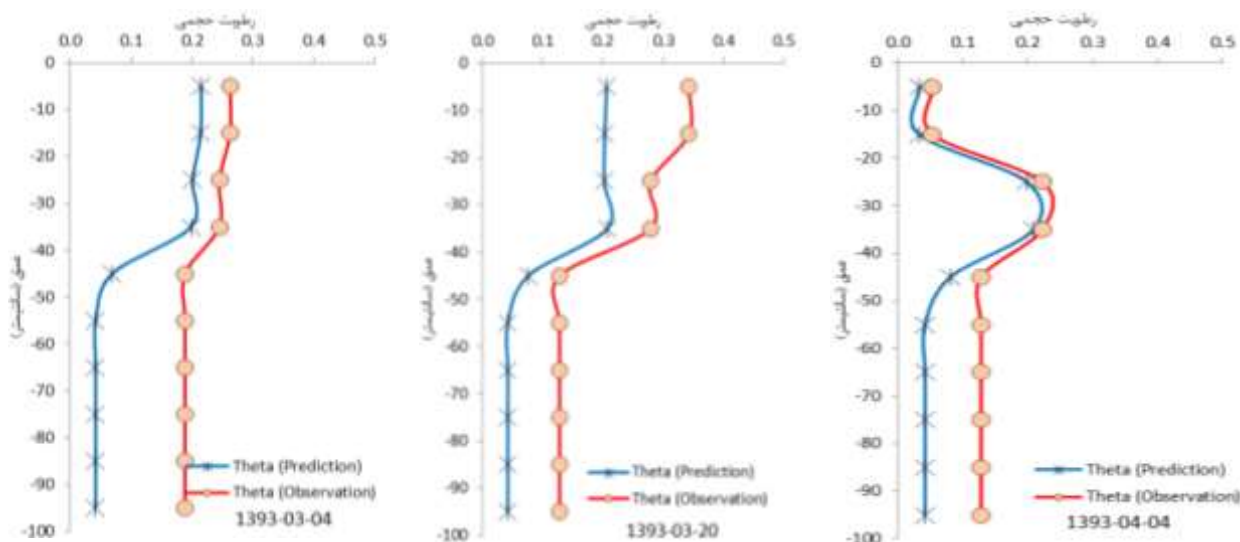
بررسی شکل‌های ۶ و ۷ نشان می‌دهد که مقدار رطوبت در لایه سطحی، در طول دوره رشد از نوسانات بیشتری برخوردار بوده و رطوبت در پایان دوره به زیر ۱۰٪ رسیده است. این امر نشان می‌دهد



شکل ۶- حرکت جبهه رطوبتی و تغییرات رطوبت در پروفیل خاک، راست و وسط: بعد از آبیاری، چپ: قبل از آبیاری

انتهای فصل زراعی بین ۱۰٪ تا ۱۵٪ متغیر می‌باشد. مدل مقدار رطوبت در پروفیل خاک را با یک روند مشابه با داده‌های مشاهداتی، برآورد کرده است.

در لایه دوم درصد رطوبت حجمی در ابتدا و انتهای فصل زراعی در اغلب موارد زیر ۲۵٪ قرار دارد. رطوبت در لایه سوم از ابتدا تا

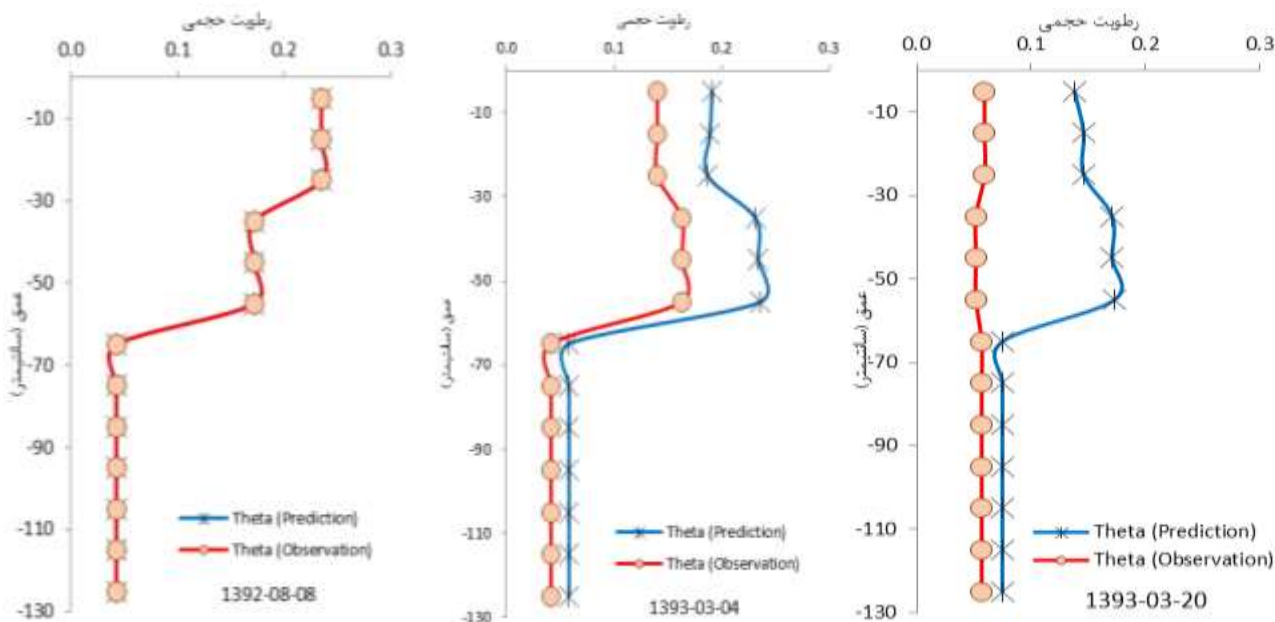


شکل ۷- حرکت جبهه رطوبتی خاک بعد از آبیاری در زمان‌های مختلف

ج) مزرعه گندم (آبیاری غرقابی)

بررسی شکل ۸ در مزرعه گندم نشان می‌دهد که لایه سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متری) به دلیل داشتن بافت Clay loam بیشترین مقدار رطوبت و لایه تحتانی با بافت Loam Sandy کمترین مقدار رطوبت را دارا بوده است. با توجه به کم بودن مقادیر شن و سنگریزه در لایه سطحی (به ترتیب ۳۳٪ و ۱۲٪) و مقادیر بالای رس و لای که مجموعاً ۶۸٪ بافت خاک را در این لایه تشکیل می‌دهد، رطوبت خاک در لایه سطحی به دلیل پایداری سفت‌وسخت خاک^۱ تا ۲۵٪ می‌رسد. همچنین بالا بودن چسبندگی ذرات خاک در این لایه مانع از عبور رطوبت خاک به لایه‌های تحتانی است. مقادیر بالای شن و سنگریزه در لایه تحتانی (به ترتیب ۸۸٪ و ۴۵٪) سبب شده است که کمترین نوسان رطوبت در لایه تحتانی رخ دهد. این لایه فاقد ریشه بوده به طوری که مقدار رطوبت در این لایه زیر ۵٪ می‌باشد.

به‌طور کلی، بافت لایه سطحی در اراضی باغی لومی شنی می‌باشد. با توجه به شکل‌های فوق از لایه سطحی به سمت لایه‌های تحتانی مقدار رطوبت در پروفیل خاک کاهش یافته و قدرت نگهداری آب با افزایش عمق و شنی‌تر شدن بافت خاک کم می‌شود. مدل مقادیر رطوبت را بیشتر از مقدار واقعیت برآورد کرده است. به طوری که مقادیر RMSE نشان می‌دهد اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده، کمتر است. مقدار خطای مطلق (MAE) نیز که نشان‌دهنده دقت مدل است از ۰/۰۶ در عمق ۲۰ سانتی‌متری تا ۰/۰۶ در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری تغییر می‌کند. مقدار ضریب تغییرات بین ۳۲٪ تا ۷۱٪ می‌باشد. مقدار کارایی مدل EF که نشان‌دهنده کیفیت و چگونگی برازش داده‌های مشاهده‌ای و برآورد شده می‌باشد بین ۲۳/۰ در لایه سطحی تا ۹۸/۰- در لایه تحتانی متغیر بوده است و نشان‌دهنده برازش خوب بین داده‌های مشاهده شده و برآورد شده است.



شکل ۸- حرکت جبهه رطوبتی و تغییرات رطوبت در پروفیل خاک، راست و وسط: بعد از آبیاری، چپ: قبل از آبیاری

¹ Soil Consistency

رواناب سطحی کم‌تر و بالطبع مشکلات زهکشی نیز کم‌تر است. لذا با توجه به تلفات قابل توجه آب از طریق نفوذ عمقی در سامانه آبیاری سنتی، تسریع حرکت به سمت توسعه سامانه‌های نوین آبیاری توصیه می‌شود. بی‌شک مأموریت اصلی توسعه سامانه‌های نوین آبیاری در راستای تأمین امنیت غذایی کشور، بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی به‌عنوان مصرف‌کننده اصلی منابع آب کشور است. نتایج خروجی آزمون t نشان‌دهنده تطابق مناسب نتایج خروجی مدل LEACHW با داده‌های مشاهداتی می‌باشد. از طرفی با توجه به دقت برآورد شده از نتایج مدل‌سازی قبل و بعد از کالیبراسیون اتوماتیک مشاهده می‌شود که مقدار RMSE مربوط به هر دو حالت تفاوت چندانی ندارند. تفاوت مذکور در حدود ۰/۰۲ بوده که با توجه به گستردگی دامنه بسیار ناچیز می‌باشد؛ بنابراین مدل LEACHW میزان رطوبت در پروفیل خاک را به‌خوبی پیش‌بینی کرده است. با توجه به تأثیر وزن مخصوص ظاهری در روند حرکت آب و جذب آنها توسط گیاه، لازم است کشاورزان هر چند سال یکبار اقدام به شکستن سخت لایه پروفیل خاک نمایند. همچنین با توجه به جذب بیشتر آب در لایه سطحی، خاک‌های سطحی با استفاده از مالچ زنده، مصرف کودهای آلی و یا عملیات به‌زراعی اصلاح گردد. در اراضی با خاک‌های سبک بافت نیز به منظور کاهش نفوذ عمقی و اعمال تنش آبی در این نوع بافت‌ها، از دور آبیاری کوتاه با مصرف آب کمتر استفاده شود.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش در قالب طرح تحقیقاتی در دست اجرا با کد ۹۴۰۰۱-۹۴۵۳-۲۹-۲۹-۰۱۴ در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و با حمایت معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی تأمین شده است. لذا نگارندگان مقاله سپاس‌گزاری خود را از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی اعلام می‌دارند.

مراجع

آقایاری، ف. ۱۳۹۰. ارائه مدلی برای شبیه‌سازی و تخمین عملکرد گندم زمستانه در شرایط آبی و دیم. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران.

جلینی، م.، ف. کاوه، ا. پذیرا، م. پاره‌کار و م. ج. عابدی. ۱۳۸۴. برآورد رطوبت در محدوده توسعه ریشه چغندر با استفاده از مدل LAECHM. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال

بررسی شاخص آماری RMSE نشان می‌دهد که تا چه حد اختلاف بین تک‌تک مقادیر پیش‌بینی‌شده نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده متناظر، صرف‌نظر از این که کمتر یا بیشتر باشد، وجود دارد. توجه به مقادیر محاسبه‌شده این شاخص نیز نشان می‌دهد که مدل پیش‌بینی‌های بهتری را انجام داده است و مقادیر RMSE در حد قابل قبولی است. مقدار خطای مطلق (MAE) نیز که نشان‌دهنده دقت مدل است از ۰/۰۴ در عمق ۳۰ سانتی‌متری تا ۰/۰۱ در عمق ۱۳۰ سانتی‌متری تغییر می‌کند. مقدار ضریب تغییرات بین ۳۹٪ تا ۳۱٪ می‌باشد. مقدار کارایی مدل EF که نشان‌دهنده کیفیت و چگونگی برآزش داده‌های مشاهده‌ای و برآورد شده می‌باشد بین ۰/۲۳ در لایه سطحی تا ۵/۲۳- در لایه تحتانی متغیر بوده است و نشان‌دهنده برآزش خوب بین داده‌های مشاهده شده و برآورد شده است.

رهیافت ترویجی

مزارع منتخب تحت مدیریت آبیاری تحت فشار دارای بافت سبک و مزرعه گندم با آبیاری غرقابی دارای بافت سنگین است. مقدار نفوذ عمقی (آبرسیده به آب‌های زیرزمینی) در روش آبیاری غرقابی ۱۲۹ میلی‌متر و در مزارع با آبیاری تحت فشار صفر میلی‌متر بوده است. این در حالی است که مقدار آب مصرفی در مزرعه گندم با آبیاری غرقابی ۵۸۸ میلی‌متر (۵۸۸۰ مترمکعب در هکتار) و در مزرعه گندم با آبیاری بارانی ۳۹۴ میلی‌متر (۳۹۴۰ مترمکعب در هکتار) می‌باشد. در این مزارع میزان رطوبت لایه سطحی در پروفیل‌ها از روز کاشت تا زمان برداشت روند صعودی داشته است. این مزارع به دلیل داشتن خاک لومی و شنی در تحت الارض، کمترین میزان رطوبت را در لایه تحتانی پروفیل خاک داشته‌اند. در خاک شنی به دلیل مکش کمتر، مقدار رطوبت در خاک کمتر نگه‌داشته می‌شود و نفوذ در آن راحت‌تر بوده پس فرصت کمتری برای تبخیر آب از خاک وجود دارد. در مزارع مورد تحقیق، آبیاری غرقابی با حدود ۲۰ درصد بیشترین تلفات را به صورت نفوذ عمقی دارد. ضمن آن که میزان تغییرات ذخیره آب در پروفیل خاک در فاصله دو مرحله آبیاری نیز با گذشت زمان می‌تواند به آب‌های زیرزمینی بپیوندد. مطابق انتظار، آبیاری تحت فشار موجب کاهش خروج آب از ناحیه ریشه (نفوذ عمقی) شده است. چیدمان لایه‌های پروفیل خاک و حرکت آب در میان بافت‌های متفاوت بر نفوذ عمقی آب در خاک مؤثر است. نفوذ عمقی در حالتی که آب از بافت سنگین به بافت سبک عبور کند بیشتر از زمانی است که آب از بافت سبک وارد بافت سنگین شود. در اراضی با مدیریت آبیاری تحت فشار، ضمن صرفه‌جویی در میزان آب، میزان

- Jaran Desert for groundwater recharge estimation, *Journal of Hydrology*.
- Hutson, J. L., and Wagenet, R.J. 1992. LEACHM (Leaching Estimation and Chemistry Model): A process-based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone, Vers. 3.0. Department of Soil, Crop and Atmospheric Sciences. Cornell Univ., Ithaca, N.Y.
- Lane, J.W., and Ferrira, V.A. 1990. Sensitivity analysis. In CREAM, A field scale model for chemical, Runoff and Erosion from Agricultural Management system, ed. W.G. Knisel, 113-158. Vol. A. Model Documentation. USDA conservation Res. Report NP.26. Washington, D.C: GPO.
- Parehkar, M. 1998. Recharge processes under Arid semi-Arid areas, (Laboratory experiment and modeling). Ph. D. thesis, Cranfield uni. Silsoe College.
- Pei, H., Min, L., Qi, Y., Liu, X., Jia, Y., Shen, Y., and Liu, C. 2017. Impacts of varied irrigation on field water budgets and crop yields in the North China Plain: Rainfed vs. irrigated double cropping system. *Agricultural Water Management* 190 (Supplement C): 42-54.
- Smith, W.N., Reynolds, W.D., De Jong, R., Clemente, R. S., and Topp. E. 1995. Water flow through intact soil columns: Measurement and simulation using LEACHM. *J. Environ. Qual.* 24: 874-881.
- Scanlon, B. R., Keese, K.E., Flint, A. L., Flint, L.E., Gaye, C. B., Edmunds, W.M. and Simmers, I. 2006. Global synthesis of groundwater recharge in semiarid and arid regions, *Hydrological Processes* 20(15): 3335-3370.
- Walkley A., Black I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1): 29-38.
- دوازدهم. ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات. صفحه: ۲۸-۳۸.
- ذاکری نیا، م. پاره کار، م. ۱۳۸۲. بررسی تأثیر پارامترهای فیزیکی خاک بر روی چگونگی حرکت آب و املاح به کمک مدل LEACHC. مجموعه مقالات همایش سراسری آبیاری، ساری. صمدی مرزونی، ف. ۱۳۹۰. تأثیر پخش سیلاب بر روی آب‌های زیرزمینی دشت گربایگان فارس با استفاده از مدل LEACHW. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه.
- نشاط، ع. کاوه، ف. و پاره کار، م. ۱۳۸۵. برآورد تبخیر ماندگار از سطح خاک بدون پوشش توسط مدل LEACHM و مقایسه نتایج با مدل بیلان آب. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. سال دوازدهم. شماره (۲).
- Clement, R.S., Jong, R.De., Hayhoe, H.N., Reynolds, W.D., and Hares, M. 1994. Testing and comparison of three unsaturated soil water flow models. *J. Agri. Water management.* 25:135-152.
- Gee, G.W., and Bauder, J.M. 1986. Partical-size analysis. Pp 383-411. In: Page, A. L., and et al (Eds), *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods.* Agronomy Monograph No. 9 (2nd edition), American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Hatiye, S.D., Prasad, K.S.H., Ojha, C.S.P., and Adeloje, A.J. 2016. Estimation and Characterization of Deep Percolation from Rice and Berseem Fields Using Lysimeter Experiments on andy Loam Soil, *Journal of Hydrologic Engineering* 21(5): 501-606.
- Hillel, D., 1998. *Environmental Soil Physics: Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations.* Academic press.
- Hou, L., Wang, X.S., Hu, B.X., Shang, J., and Wan, L. 2016. Experimental and numerical investigations of soil water balance at the hinterland of the Badain

Simulation of Water Movement in Unsaturated Soil Affected by Different Irrigation Management (Case Study: Mohammadshahr Plain of Karaj)

K. Kamali^{1*}, M. Arabkhedri², R. Bayat³ and A. Mostafaie⁴

Abstract

Simulation of water movement in soil profile and recognition of the effect of irrigation systems on soil moisture dynamics is of great importance. For this purpose, one-dimensional LEACHW numerical model was used in selected agricultural areas of Mohammadshahr plain of Karaj. By describing 9 soil profiles the soil in 3 selected fields and gardens and taking into account the initial moisture conditions and monitoring their changes during the crop season or simulation period, the LEACHW model was implemented and the estimated moisture values of the model were compared to the observed moisture values. After model sensitivity analysis and calibration, the model was run again on the basis of calibrated parameters and the amount of water lost and remaining in the soil profile during the growing season. The result showed about 20% of water lost by deep percolation in flood irrigation, while as it was expected the new systems have not deep water loss; therefore, one of the ways to increase water productivity is to reform traditional irrigation systems and move towards the development of new irrigation systems. Undoubtedly, the main task of developing new irrigation systems to ensure the country's food security is to optimize water use in the agricultural sector as the main consumer of water resources in the country.

Keywords: Soil moisture, Irrigation systems, Karaj, LEACHW

¹ Member of scientific board, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, (*Corresponding Author, kamali_kourosh@yahoo.com)

² Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization.

³ Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization.

⁴ PhD of Hydrogeology, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization.

Received: 14 Apr 2019

Accepted: 24 Aug 2019