محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

ارزیابی مدل UPFLOW در شبیه سازی خیزموییینگی در کشت و صنعت نیشکر

سعید اجرامی[۱]، بیژن خلیلی مقدم[*۲]

[۱]دانش آموخته گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[۲]دانشیارگروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

چکیده

حرکت رو به بالای آب از طریق خیز موئینگی از سطح آب زیرزمینی کم عمق به منطقه ریشه یکی از جریان‌های مهم و اثر گذار بر سیستم خاک می‌باشد. UPFLOW یک مدل تخصصی برای تعیین خیز موییینگی است که این مدل ساده و با حجم کم اطلاعات ورودی می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی کارایی مدل UPFLOW در شبیه‌سازی خیز موییینگی در شرایط سطح آب زیرزمینی کم عمق بر اساس اندازه‌گیری میزان خیز موییینگی واقعی با استفاده از لایسیمتر در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر خوزستان می‌باشد. به منظور انجام ازمایش داده‌های ورودی مدل شامل بافت خاک و ضرایب رطوبتی هر لایه، تبخیر و تعرق، درصد رطوبت خاک، عمق آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی اندازه‌گیری گردید. سپس خیز موئینگی برای هر دوره یک ماهه در طول مراحل رشد نیشکر محاسبه گردید. ارزیابی کارایی این مدل بوسیله برخی معیارهای آماری مانند ضریب تشخیص (R^2)، میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، میانگین مربع ریشه خطا (RMSE) و خطای نسبی (RE) و شاخص کارائی مدل (EF) انجام گردید. نتایج این پژوهش نشان داده است که مدل UPFLOW در منطقه مورد مطالعه، در شبیه سازی جریان رو به بالا در شرایط مشخص آب زیرزمینی، محصول، اقلیم و مدیریت کارایی (به استناد شاخص های آماری) مناسب را نشان نداده است. بنابراین این مدل در شرایط سطح آب زیرزمینی کم عمق جهت برآورد دقیق خیز موئینگی نیازمند بررسی‌های همه جانبه در شرایط مختلف و در صورت امکان اصلاح و تنظیم این مدل در منطقه مورد نظر می-باشد.

کلمات کلیدی: خیزموئینگی، تبخیر و تعرق، لایسیمتر، کشت و صنعت نیشکر

مقدمه

خیزموییینگی از جمله پدیده‌هایی است که به خواص فیزیکی خاک مانند نوع تخلخل و بافت خاک و شرایط محیطی شامل تبخیر و تعرق، شرایط گیاه و عمق آب زیرزمینی وابسته است. خیز موییینگی را می‌توان، جریان رو به بالای آب از سطح ایستابی به سطح خاک در اثر اختلاف پتانسیل بین سطح خاک و لایه اشباع زیرین تعریف نمود. تعیین جریان رو به بالا و خیزموییینگی امری دشوار بوده و نیازمند شناخت کامل از تمامی عوامل موثر بر جریان آب در خاک مانند خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، عوامل اقلیمی و مدیریتی می‌باشد. اندازه‌گیری و سنجش جریان رو به بالا به صورت تجربی و مستقیم در مزارع، سخت و دشوار می‌باشد که نیازمند وقت و هزینه زیاد است. روش‌های مستقیم در مزارع به دلیل هزینه زیاد و مشکلات اجرایی تا به حالا به صورت محدود مورد بررسی بوده و بیشتر اندازه‌گیری‌ها به صورت آزمایشی و در مقیاس کوچک می‌باشد. مدل های پیشرفته شبیه سازی جریان آب در محیط متخلخل غیر اشباع می تواند جهت بر آورد جریان رو به بالا و صعودکاپیلاری به صورت قابل اطمینانی در هر نوع محیط استفاده شود، ولی نیاز به داده های با دامنه گسترده دارد. مدل های مختلفی در جهان به منظور اندازه گیری خیزموییینگی طراحی گردیده است که اساس طراحی همه این مدل ها، قوانین فیزیکی در روابط آب و خاک می باشد. از جمله این مدل ها می توان به مدل هایی همچون مدلDRAINMOD، مدل های تحلیلی TSMA و QSSAM، مدل عددی NM و مدل سه بعدی هایدروس(Hydrus 3D) اشاره نمود. مدل های نام برده به دلیل نیاز به داده های ورودی متنوع و طیف وسیع آن، پیچیده می باشند(Ali و همکاران، ۲۰۱۳). Raes در سال ۲۰۰۰، یک مدل به نام UPFLOW به صورت یک نرم‌افزار کامپیوتری ارائه داد. این مدل برای مکان، شرایط و دوره زمانی خاص در سطح آب زیرزمینی کم عمق طراحی

[*]نویسنده مسئول: khalilimoghadam@asanrukh.ac.ir ,moghaddam623@yahoo.ie

گردیده است. مدل UPFLOW، به عنوان یک نرم افزار کار آمد برای پیش بینی پدیده مویینگی و جریان رو به بالا در خاک مورد استفاده قرار گیرد. دلیل مورد توجه قرار گرفتن این نرم افزار سادگی محیط و همچنین حجم کم اطلاعات ورودی و به طور کلی کاربرد راحت تر و آسان این مدل نسبت به سایر مدل‌های تعیین جریان آب در خاک برای تعیین خیزمویینگی می‌باشد. در کشور ایران تحقیقات محدودی بر روی خیزمویینگی در خاک انجام گرفته است و با توجه به اثر زیاد پدیده مویینگی در عملکرد محصول، بویژه در مزارع نیشکر، پژوهش گسترده در باره این پدیده نیاز می‌باشد. از آنجایی که تا کنون در استان خوزستان بر روی خیز مویینگی تحقیقات محدودی انجام شده و مدل UPFLOW مورد ارزیابی قرار نگرفته است، هدف از این مطالعه بررسی خیز مویینگی در خاک‌های جنوب خوزستان و ارزیابی این مدل در کشت و صنعت‌های نیشکر خوزستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از لایسیمتر حجمی زهکش‌دار که در کشت و صنعت امیرکبیر در ۴۵ کیلومتری جنوب اهواز واقع است، استفادگردید. طبق بررسی-های میدانی نیمرخ خاک دارای بافت لوم رسی بوده است. ضخامت این لایه دو متر و میانگین هدایت هیدرولیکی آن ۰/۳۵ متر بر روز در نظر گرفته شد. طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده عمق آب زیرزمینی در منطقه در نوسان بین ۱/۷۵ تا ۲/۵ متر بود. عمق آب زیرزمینی در لایسیمتر با توجه به شرایط طبیعی در حد پایین‌ترین لوله زهکشی در دو متری از سطح زمین در نظر گرفته شد. به منظور محاسبه حجم نمک بالا آمده در اثر جریان رو به بالا، هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در نرم افزار وارد گردید. در تعریف این مدل، عمق آب زیرزمینی باید حداقل یک متر زیر عمق موثر ریشه باشد. میانگین سالانه هدایت الکتریکی آب زیرزمینی نیز در سال زراعی ۹۳-۹۲ حدود ۴/۳ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر گزارش شده است. بیشترین سرعت جذب مربوط به منطقه بالایی ریشه، حدود ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر است و در بخش پایینی، کمترین سرعت را دارد. در هر ماه سرعت جذب با توجه به مرحله رشد گیاه و تبخیر و تعرق بالقوه به مدل وارد گردید. به دلیل حساسیت نیشکر به خفگی، نقطه بی‌هوازی ۷ درصد زیر نقطه اشباع در نظر گرفته شده است.

بعد از جمع آوری اطلاعات ورودی مدل، با توجه به نرم افزار مدل UPFLOW می‌توان مقدار حداکثر حجم جریان رو به بالا را به صورت شدت جریان یا دبی بدست آورد. در این پژوهش، داده‌های مربوط به آب زیرزمینی و خاک و عمق ریشه در طول محاسبات ثابت و داده‌های مربوط به تبخیر و تعرق و سرعت جذب ریشه در هر دوره از محاسبات، متغیر در نظر گرفته شد. همچنین خیزمویینگی نیز برای هرماه به‌صورت جداگانه محاسبه شد. با استفاده از داده‌های برداشت شده از لایسیمتر، از رابطه ۱ و ۲ برای محاسبه خیزمویینگی بر حسب میلی متر استفاده گردید:

$$P+I+Cg= DP+RS+ET+\Delta S \quad (۱)$$

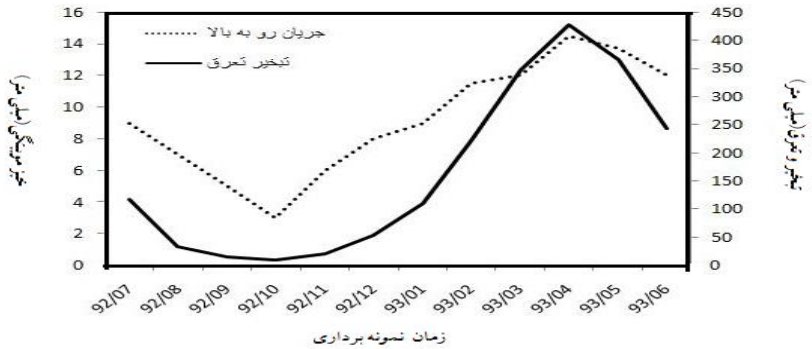
$$Cg= (DP+ET)-(P+I) \quad (۲)$$

که در این رابطه بر حسب میلی متر، P: بارندگی، I: آبیاری، Cg: خیز مویینگی، DP: زهکشی، RS: رواناب سطحی، ET: تبخیر و تعرق و ΔS: تغییرات رطوبتی می‌باشد. به منظور صحت این مدل در زمین‌های تحت کشت نیشکر در جنوب استان خوزستان، خروجی‌های مدل با مقادیر واقعی به‌دست آمده از محاسبات لایسیمتری مقایسه گردید. جهت انجام این مقایسه از ضریب تشخیص (R^2)، میانگین خطا (ME)، میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، میانگین مربع ریشه خطا (RMSE) و خطای نسبی (RE) استفاده گردید، همچنین کارائی مدل با کمک شاخص کارائی مدل (EF) و شاخص سازش (d) تعیین شد.

نتایج و بحث

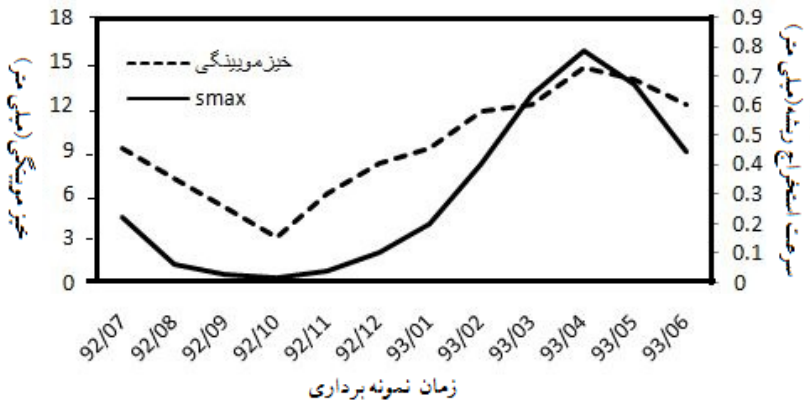
با توجه به شکل ۱، مشاهده می‌شود که از ماه مهر به سمت دی ماه، میزان تبخیر وتعرق کاسته می‌شود و در ماه دی به حداقل خود می‌رسد. در ماه‌هایی که تبخیر و تعرق کم است خیزمویینگی شبیه سازی شده بوسیله مدل، به نمودار تبخیر و تعرق نزدیک است و در دی ماه میزان تبخیر و تعرق برابر خیزمویینگی می‌باشد. Deproost و Raes (۲۰۰۳) بیان داشت، حداکثر خیز مویینگی برابر تبخیر و تعرق است و از آن فراتر نخواهد رفت. این پژوهشگر نشان داد که حداکثر جریان رو به بالا نمی‌تواند از تبخیر و تعرق تجاوز کند. بررسی شکل ۱ نشان داد که از دی ماه به سمت اسفندماه، مقدار تبخیر و تعرق و خیز مویینگی شبیه سازی شده با شیب کم افزایش می‌یابد. ولی از فروردین ماه به بعد با گرم شدن هوا و تشدید رشد گیاه، شیب نمودار تبخیر و تعرق شبیه سازی شده نیز زیاد می‌شود و در هر دوره یک ماهه مقدار تبخیر و تعرق افزایش چشم‌گیری نسبت به ماه قبل دارد. با افزایش تبخیر و تعرق از فروردین تا تیر مقدار خیزمویینگی افزایش می‌یابد ولی شیب افزایش آن هم سو با شیب تند نمودار تبخیر و تعرق نیست و دارای شیب نسبتاً ملایمی است. Grunberger و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی که برای طراحی مدلی جهت پیش بینی خیزمویینگی در خاک به

صورت آزمایشگاهی انجام دادند، تاثیرات افزایش درجه حرارت اتمسفر را بر روی سرعت خیزموییینگی مورد بررسی قرار دادند. آنها بر اساس مشاهدات خود به این نتیجه رسیدند که در مواردی که سطح خاک بدون پوشش گیاهی و سطح آب زیرزمینی کم عمق می باشد، درجه حرارت تا حدی باعث افزایش خیزموییینگی می گردد و پس از آن کاهش می یابد. اما در مواردی که سطح خاک تحت پوشش همراه با آبیاری است، افزایش حرارت با تاثیر بر تبخیر تعرق و افزایش رشد گیاه، باعث افزایش خیزموییینگی در خاک می گردد.



شکل ۱- شبیه سازی تبخیر و تعرق و خیزموییینگی نسبت به زمان با استفاده از مدل UPFLOW

روند تغییرات خیزموییینگی با روند تغییرات سرعت استخراج آب توسط ریشه نیشکر موازی است(شکل ۲). حداقل جریان رو به بالا در حداقل سرعت جذب و حداکثر جریان رو به بالا نیز در حداکثر سرعت جذب اتفاق می‌افتد. در مطالعه‌ای که توسط Feddes و همکاران (۱۹۷۸) در ارتباط شبیه سازی سرعت جذب آب توسط ریشه انجام گردید، به این نتیجه رسیدند که افزایش سرعت جذب در یک مقطع زمانی باعث کاهش در پتانسیل سطح خاک می شود. بنابراین، افزایش جذب باعث استخراج بیشتر آب از سطح خاک و منطقه ریشه شده و با ایجاد یک پتانسیل مکش، بین سطح ایستابی و سطح خاک یک شیب پتانسیل ایجاد می گردد و باعث تغییر در نوع جریان در خاک می شود. Kroes و همکاران(۲۰۱۷) در مطالعه ای دیگر به رابطه مستقیم بین خیزموییینگی و سرعت جذب آب توسط ریشه اشاره کرده است و این رابطه را با اثر سرعت جذب بر مولفه های پتانسیلی سطح خاک، توجیه کرده است. زمانی که جریان رو به بالا اتفاق می افتد، بسته به کیفیت آب زیرزمینی مقادیری نمک را با خود به سمت بالا حمل می کند. بر اساس شبیه سازی مدل UPFLOW، در این مطالعه بیشترین حجم نمک در تیر ماه در حدود ۱ تن در هکتار در ماه به محدوده ریشه نیشکر حمل می گردد.



شکل ۲-شبیه‌سازی سرعت استخراج آب به‌وسیله ریشه و خیزمویینگی نسبت به زمان با استفاده از مدل UPFLOW

شاخص‌های صحت‌سنجی مدل UPFLOW در کشت و صنعت امیرکبیر برای سال زراعی ۹۳-۹۲ در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۱، مشاهده می‌شود که ضریب همبستگی (R^2)، میانگین خطا (ME)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) به ترتیب برابر با ۰/۲۳، ۸/۷، ۸/۷ و ۹/۱ می‌باشد.

جدول۱. شاخص‌های صحت‌سنجی مدل UPFLOW نسبت به داده‌های واقعی

شاخص	R^2	R	ME	MAE	RMSE	RE	EF	IA(d)
مقدار	۰/۲۳	۰/٤۷	۸/۷۱	۸/۷۱	۹/۱	۱۸۰/٥	-۱۳٦/٤	-٦/۲٥

مقدار ضریب همبستگی نشان دهنده همبستگی پایین بین داده‌ها می‌باشد. مقدار میانگین قدر مطلق خطا نیز برابر با میانگین خطا محاسبه گردید که نشان دهنده بزرگی تمامی مقادیر تخمینی از مشاهدات واقعی می‌باشد. مقدار نسبتا بالای ریشه میانگین مربع خطا نیز نشان‌دهنده ی خطای مدل در تخمین خیزمویینگی در منطقه مورد مطالعه در این پژوهش می‌باشد. با توجه به جدول ۱، شاخص کارائی مدل (EF) نیز، ۱۳۶- محاسبه شد. منفی بودن این مقدار و خارج بودن این مقدار از رنج بین ۰ تا ۱۰۰ نشان‌دهنده عدم تطابق خروجی‌های مدل نسبت به داده‌های واقعی می‌باشد. همچنین شاخص ویلمونت (d) حدود ۶/۲۵- محاسبه شد. منفی بودن و فاصله گرفتن این شاخص از حد استاندارد خود، نشان‌دهنده عدم کارائی مدل و صحت و دقت پایین مدل می‌باشد. مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین موید این مطلب است که کارایی این مدل وابسته به مکان و محل تحقیق است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش دما و رشد رویشی نیشکر، خیز مویینگی افزایش می یابد، اما با توجه به سیستم آبیاری و زهکشی، شرایط اقلیمی و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب و خاک در کشت و صنعت های نیشکر امیر کبیر، خیز مویینگی همواره کمتر از ۲ میلی متر بوده است. روند تغییرات خیز مویینگی شبیه سازی شده بوسیله مدل UPFLOW مطابق مقادیر اندازه گیری شده از طریق لایسیمتر بوده است. اگرچه شاخص های آماری بیان کننده کارایی نامناسب این مدل در سیستم کشاورزی در جنوب خوزستان می باشد. مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین موید این مطلب است که کارایی این مدل وابسته به مکان و محل تحقیق است. در ویرایش جدید این مدل بعضی از نقایص همچون حداکثر پتانسیل تبخیر را مرتفع نموده است. اما همچنان خطاهایی در شبیه سازی خیز مویینگی وجود دارد. بنابراین پیشنهاد می شود این مدل در شرایط مختلف آب و

هوایی و خاک های مختلف و سیستم های زراعی و گیاهان متفاوت مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج این ارزیابی و خطاهای موجود در نرم افزار برای شبیه سازی خیز مویینگی در استان خوزستان به ریز بسط دهنده نرم افزار UPFLOW ارائه گردید. که امید است در ویرایش های آینده اصلاحات صورت گیرد.

منابع:

Ali , M. H . Abustan, I, Islam, S. 2013. Simulation of upward flux from shallow water-table using UPFLOW model. Journal of Natural Resources and Development, 3, 123-127.

Feddes, R. A., Kowalik, P. J., Zaradny, H. 1978. Simulation of Field Water Use and Crop Yield, Simulation Monographs, PUDOC. Wageningen, The Netherlands.

Kroes, J., Supit, I., Van Dam, J., Van Walsum, P., Mulder, M. 2017. Impact of capillary rise and recirculation on crop yields. Hydrol Earth System Science Discuss, 1-31.

Gr¨unberger, O. J., L. Michelot, L. Bouchaou, P. Macaigne, Y. Hsissou and C. Hammecker. 2011. Capillary rise quantifications based on in-situ artificial deuterium peak displacement and laboratory soil characterization. Hydrol. Earth System Science, 15, 1629–1639.

Raes, D. 2000. ET0: A software for calculation of reference evapotranspiration. Dept. of Land and Water Management, K. U. Leuven University, Leuven, Belgium.

Raes, D. and P. Deproost. 2003. Model to assess water movement from a shallow water table to the root zone. Agric. Water. Man. 62, 79–91.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

Capillary Rise Simulation Using UPFLOW Model in Sugarcane Agro-industries of Khuzestan

S., Khalilimoghadam[2*], B. Ejrami[1],

[1] M. Sc. Graduated Student, Soil Science Department, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran

[2] Associate Prof., Soil Science Department, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran

Abstract

Upward movement of water by capillary rise of shallow groundwater (1–1.5 m) to the root zone (0.4–0.6 m) system is one of the most important and affecting incoming flux on the soil system. UPFLOW is the simple and specialist model for capillary rise simulation with low input data. The aim of this study was assessment of UPFLOW efficiency in simulation of capillary rise in shallow groundwater and comparison with field measurement using lysimeter device in Amir-Kabir sugar cane agro-industry in southern Khuzestan. The input data consist of soil texture, moisture coefficient of each layer, depth and hydraulic conductivity of groundwater evapotranspiration and soil moisture percentage were measured. Then capillary rise was calculated in each growth stage on monthly period. The efficiency of UPFLOW model was evaluated using statistical criteria like determination coefficient (R^2), mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE), relative error (RE) and efficiency factor (EF). It can be concluded that the overall performance of UPFLOW model in the simulation of upward flow in certain conditions groundwater, crop, region and management, did not confirm the suitable performance. Also this model in shallow groundwater condition, in order to accurately determine the capillary rise, require comprehensive studies in different conditions and if possible, modify and adjust these models are in the area.

Keywords: Capillary rise, Evapotranspiration, lysimeter, Sugarcane Agroindustry.

* Corresponding Author: khalilimoghadam@asanrukh.ac.ir ,moghaddam623@yahoo.ie