Archive of SID

سومین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی
3rd National Conference on New Concepts in Agriculture
دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه
دانشکده کشاورزی
پنجشنبه ۲۶ آذرماه ۱۳۹۴

برآورد نیاز آبی گیاه ذرت در منطقه جیرفت با استفاده از مدل کامپیوتری *AquaCrop*

عاطفه افشار[۱]، فاطمه کاراندیش [۲] و زینب السادات حسینی [۳]

۱*. دانشجوی دکتری دانشگاه زابل

۲. استادیار دانشگاه زابل

۳. دانشجوی اسبق کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان

* Email: Afshar_ghaedi@yahoo.com

چکیده

بخش کشاورزی مصرف کننده اصلی آب در کشور است. بنابراین با بهبود مدیریت مصرف آب در این بخش می توان به نحو قابل توجهی در مصرف آب صرفه جویی کرد. یکی از مهمترین روش های بهبود مدیریت مصرف آب در مزرعه، تخمین دقیق میزان تبخیر و تعرق گیاه است. این مهم علاوه بر صرفه جویی در مصرف آب، پایه و اساس برنامه ریزی آبیاری و طراحی ظرفیت سامانه های آبیاری می باشد. مدل های ارائه شده برای تعیین میزان تبخیر و تعرق گیاه نیاز به داده های هواشناسی زیادی دارند و اندازه گیری مستقیم تبخیر نیز هزینه بر و وقت گیر است. در این تحقیق جهت ارزیابی مدل کامپیوتری *Aquacrop* برای تعیین نیاز آبی گیاه ذرت آزمایشی در مزرعه وکیل آباد جیرفت در سال ۱۳۹۳ انجام شد تیمارهای مورد بررسی پنج سطح آبیاری شامل ۱۰۰،۹۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه بودند و از داده های ایستگاه هواشناسی جیرفت که در نزدیکی مزرعه محل آزمایش قرار داشت نیز استفاده شد. نتایج نشان داد که مقادیر شبیه‌سازی شده توسط این مدل به مقادیر اندازه گیری شده نزدیک است. و مدل قادر است تبخیر و تعرق گیاهی *(ETC)* را با دقت نسبتاً مناسب شبیه سازی کند.

کلمات کلیدی: مدل *AquaCrop*، تبخیر و تعرق، نیاز آبی گیاه، ذرت

مقدمه

آب مصرفی گیاه شامل تبخیر از سطح خاک و تعرق از سطح برگ های گیاهان است که مجموعاً تبخیر و تعرق نامیده می شود (۱). خشکی به عنوان عامل محدودکننده غیرزنده، اثر بسیار نامطلوبی بر رشد و تولید گیاهان زراعی می گذارد (٤). گزارش های متعددی مبنی بر حساس بودن مرحله گلدهی و گرده افشانی در ذرت نسبت به کمبود آب داده شده است. کمبود آب در این مرحله باعث کاهش شدید عملکرد از طریق نمو غیرطبیعی کیسه جنینی، عقیمی دانه گرده و در نهایت کاهش تعداد دانه ای بارور می شود بنابراین بخش وسیعی از مطالعات به نژادی و به زراعی در دنیا به اصلاح و واکنش گیاهان به تنش کمبود آب متمرکز شده است (٦).

استفاده از مدل ها در بیشتر موارد مستلزم مهارت زیاد کاربر در واسنجی آنها بوده و نیاز به پارامترهای ورودی و تغییرپذیر زیادی دارد که بعضاً اندازه گیری آنها سخت می باشد و یا برای دامنه وسیعی ازگونه های زراعی و مکان های مختلف دنیا غیر قابل دسترسی هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

استخوان بندی فکری و اصول اساسی مدل *AquaCrop* برای شبیه سازی فرآیند ها توسط استدیوتو و همکاران[4] (۲۰۰۹) و الگوریتم مورد استفاده در نرم افزار مدل و توصیف عملیات توسط رائس وهمکاران[5] (۲۰۰۹) ارائه شده است.

هنگ و همکاران[6] (۲۰۰۹) به واسنجی شبیه *AquaCrop* برای ذرت در اسپانیا پرداختند . نتایج این طرح نشان دادند که این شبیه سازی قادر به تکرار شاخص های مختلف گیاهی در شرایط آبیاری کامل و کشت دیم می باشد.

هدف از این تحقیق آشنایی و بهره گیری از مدل *AquaCrop* به عنوان ابزاری برای کمک به طراحان، کشاورزان و مدیران کشت و صنعت ها جهت انتخاب مدیریت بهینه آبیاری در سیستم های مختلف کشاورزی موجود در تمام منطقه و اقلیم های مشابه می باشد.

مواد و روش ها

به منظور ارزیابی مدل *AquaCrop* در برآورد نیاز آبی گیاه ذرت آزمایشی سال ۱۳۹۳ در کیلومتر ۱۵ جاده جیرفت- بندرعباس (مزرعه وکیل آباد کشت و صنعت جیرفت) انجام شد. منطقه جیرفت در فاصله ۲۳۵ کیلومتری مرکز استان کرمان و در جنوب شرقی کشور واقع شده است. دارای آب و هوای گرم و نسبتاً خشک می باشد. طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی، متوسط بارندگی سالیانه ۱۴۰ میلی متر، و میزان تبخیر ۳۰۰۰ میلی متر در سال است.

این آزمایش شامل ۱۵ پلات (تیمار) در سه تکرار در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام گردید؛ که در آن مقدار آب آبیاری در پنج سطح ۱۰۰، ۹۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد آب مورد نیاز گیاه به عنوان عامل اصلی مورد بررسی قرار گرفت.

روش کاشت به صورت جوی و پشته، فاصله بین ردیف های کشت ۷۵ سانتیمتر لحاظ شد. آبیاری با دور۳ روز و بوسیله سیستم آبیاری قطره ای، با استفاده از نوارهای تیپ انجام می شد. لوله های آبیاری قطره ای، دارای قطره چکان های به فاصله ۲۰ سانتی متر با آبدهی ٤ لیتردرساعت در واحد طول (متر) بود. اندازه گیری و کنترل آب آبیاری توسط شیر قابل تنظیم و کنتورحجمی انجام می شد. کشت آن، در اوایل مردادماه صورت گرفت. نیاز آبی گیاه و میزان آب مورد نیاز گیاه با استفاده از تشتک تبخیر و روش فائو محاسبه شد (۳). که در این طرح از داده های تبخیر تشت تبخیر واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت استفاده می شد. بدین صورت که تبخیر روزانه از تشت اندازه گیری و سپس با توجه به ضریب تشت و ضریب گیاهی میزان آب موردنیاز در هر مرحله از آبیاری تعیین گردید. که محاسبات بصورت معادله (۱) انجام شد.

$$ET_C = K_P * K_C * E_p \qquad (۱)$$

در این رابطه:

ETc تبخیر و تعرق گیاه (میلی متر در روز)، K_P ضریب تشتک تبخیر (-)، K_C ضریب گیاهی (-) و E_P تبخیر مستقیم از سطح تشتک (میلی متر در روز) می باشد بر اساس بررسی های به عمل آمده از روی منابع موجود، ضریب تشت ۰/٦٦ در نظر گرفته شد. مقدار K_C با مراجعه به کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی کشور و با تقسیم فصل رشد به چهار دوره به ترتیب ۰/۵، ۰/۸۷، ۱/۱۱ و ۰/۷٤ تعیین گردید (۲). سطوح ۹۰ درصد، ۷۵ درصد، ۵۰ درصد و ۲۵ درصد آبیاری بر اساس نیاز آبی برآورد شده برای آبیاری (۱۰۰ درصد) تعیین شد.

4. Steduto et al
5. Raes et al
1. Heng et al

www.SID.ir

Archive of SID

مدل *AquaCrop* قابلیت شبیه سازی و پیش بینی شبیه سازی و تحلیل اثرات تنش آبی بر پوشش تاجی گیاه، پیری پوشش تاجی گیاه، تعرق از سطح محصول و همچنین توانایی شبیه سازی مقدار آب ذخیره شده در تمام دوره رشد گیاه، در ناحیه ریشه از طریق بیلان آبی جریان آب ورودی (آبیاری و بارندگی) وخروجی (رواناب، نفوذ عمقی و تبخیر و تعرق) در ناحیه ریشه را داراست و می تواند برنامه ریزی مناسب جهت مدیریت بهتر آبیاری ارائه دهد (۷).

کارآیی مدل با استفاده از پارامترهای آماری زیر ارزیابی شد. ریشه دوم میانگین مربعات خطاها (*RMSE*)[۷]، هرچه *RMSE* به صفر نزدیک تر باشد عملکرد شبیه سازی مدل بهتر است. ضریب کارآیی (*E*)[۸]، هرچه مقدار آن به یک نزدیکتر باشد مدل کارآتر است. شاخص سازگاری (*d*)[۹]، یک پارامتر توصیفی است که مقدار آن از ∞- تا ۱+ تغییر می کند (۸). حداکثر خطا (*ME*)[۱۰]، مقدار زیاد آن نشانگر بدترین حالت کارکرد مدل است. ضریب باقیمانده (*CRM*)[۱۱] نشانگر تمایل مدل برای برآورد بیش از حد و یا کمتر از حد در مقایسه با اندازه‌گیری‌ها است که به صورت زیر محاسبه می شوند:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(S_i - M_i)^2} \times 100/\overline{M} \qquad (۲)$$

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(M_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(M_i - \overline{M})^2} \qquad (۳)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(S_i - M_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|S_i - \overline{M}| + |M_i - \overline{M}|)^2} \qquad (٤)$$

$$ME = Max|S_i - M_i| \times 100/M \qquad (٥)$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n}M_i - \sum_{i=1}^{n}S_i}{\sum_{i=1}^{n}M_i} \qquad (٦)$$

که در آنها *Si* و *Mi* به ترتیب مقادیر شبیه سازی شده و اندازه گیری شده، *n* تعداد مشاهدات و $\overline{M}$ میانگین مقادیر *Mi* می باشد.

نتایج و بحث

مدل *AquaCrop* قادر به تفکیک ET_C (آب مصرفی) به تعرق (*Tr*، آب مصرفی موثر) و تبخیر از سطح خاک (*E*، آب مصرفی غیر موثر) می باشد. در ابتدای فصل به علت کوچک بودن پوشش گیاهی تبخیر دارای سهمی بیشتر از ET_C است. این مسئله به نوعی اهمیت کاهش جزء تبخیر (*E*) در ابتدای فصل رشد را نشان می دهد که می تواند در مدیریت آب لحاظ شود. در این طرح ET_C معادل آب مورد نیاز گیاه در نظر گرفته شد. چون در طول دوره رشد بارندگی قابل توجهی وجود نداشت و از تلفات آبی صرف نظر گردید. مقادیر محاسبه شده آب مصرفی ذرت در طول فصل رشد در آزمایش صحرایی و

[1]- Root Mean Square Error
[2]- Coefficient of efficiency
[3]- Index of agreement
[4]- Maximum Error
[5]- Coefficient of Residual Mass

www.SID.ir

Archive of SID

برآورد شده آن توسط مدل *AquaCrop* در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که مقادیر شبیه سازی شده توسط این مدل تقریباً به مقادیر اندازه گیری شده نزدیک است.

جدول ۱. مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده میزان آب مصرفی ذرت

تیمار	مقدار آب مصرفی اندازه گیری شده (مترمکعب درهکتار)	مقدار آب مصرفی شبیه سازی شده (متر مکعب در هکتار)
۱۰۰ درصد نیاز آبی	۷۳۷۳/۳٤	٦٨٦٠
۹۰ درصد نیاز آبی	٦٦٣٦/۰۱	٦١٨٠
۷۵ درصد نیاز آبی	٥٥٣۰/۰۱	٥٢۰۰
۵۰ درصد نیاز آبی	٣٦٨٦/٦٧	٣٤٧۰
۲۵ درصد نیاز آبی	١٨٤٣/٣٣	١٨۰۰

برای اطمینان از نتایج اجرای مدل، متغیرهای آماری ریشه دوم میانگین مربعات خطا *(RMSE)*، ضریب کارآیی*(E)*، شاخص سازگاری *(d)* ، حداکثر خطا *(ME)* و ضریب باقیمانده *(CRM)* محاسبه گردید که نتایج به صورت جدول (٤-٦) می باشد. نتایج نشان می دهد که مدل قادر است ET_C را با دقت نسبتاً مناسب شبیه سازی کند.

جدول ۲. بررسی پارامترهای ارزیابی مدل کامپیوتری *AquaCrop* در برآورد میزان آب مصرفی ذرت

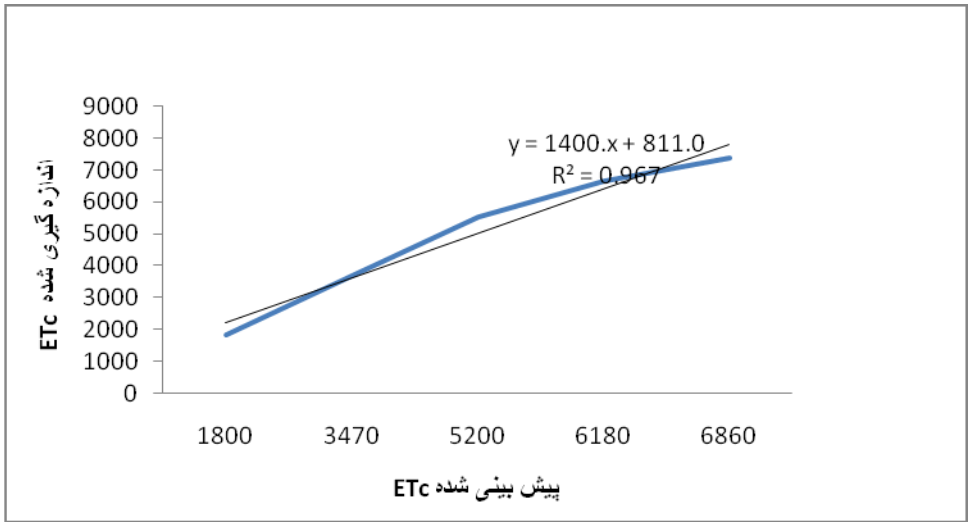
	RMSE	E	D	ME	CRM
میزان ET_C	۱۲/۲۷	۰/۱۲۳	۰/٦۱	۲۸/۱۳۲	۰/۰۹

شکل (۱) نشان می دهد که رابطه بین مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده توسط مدل کامپیوتری بصورت خطی بوده همچنین با توجه به مقدار ضریب همبستگی *(R^2=0.9678)*، که به مقدار یک بسیار نزدیک است پس می توان گفت مدل کامپیوتری *AquaCrop* توانسته میزان *ETc* را با دقت خوبی شبیه سازی کند.

میزان آب در طول فصل رشد با دور سه روز و با استفاده از فرمول تشتک تبخیر به مزرعه ذرت برای تیمارهای ۹۰، ۷۵ ، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی نیز محاسبه گردید و به مدل AquCrop داده شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. مقایسه مقادیر اندازه گیری شده *ETc* و مقادیر شبیه سازی شده ذرت توسط مدل کامپیوتری

نتیجه گیری کلی

۱. از بررسی مدل AquaCrop مشخص شد که عملکرد دانه ذرت به عواملی چون رشد پوشش تاجی، ضریب تعرق گیاهی، بهره وری آب نرمال شده، زمان شروع پیری، شاخص برداشت و میزان آب آبیاری نسبت به سایر داده های ورودی حساس تر میباشد.

۲. میزان آب مصرفی برآورد شده توسط مدل AquaCrop با نتایج صحرایی تقریباً همخوانی دارد. لذا مدل کامپیوتری AquaCrop قادر است نیاز آبی گیاه را با دقت نسبتاً خوبی در منطقه مورد مطالعه تخمین بزند.

۳. به کشاورزان، کارشناسان و مدیران آب پیشنهاد میگردد که از مدل AquaCrop جهت برنامه ریزی و اتخاذ تصمیمات مدیریتی در مزرعه استفاده کنند.

منابع

۱. باغبانزاده دزفولی، ب. ۱۳۷۵. برآورد ضریب گیاهی *(Kc) Crop Coefficient* و تابع تولید جو استار. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۴۳ص.

۲. . فرشی، ع. الف. شریعتی، م. ر. جاراللهی، ر. قائمی، م. ر. شهابی فر، م. تولایی، م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی کشور، جلد اول (گیاهان زراعی)، نشر آموزش کشاورزی، کرج/ ۱۳۷۶، ص ۹۰۰.

۳. کونکا آراچ، ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستم های آبیاری (ترجمه امین علیزاده)، انتشارات آستان قدس، دانشگاه امام رضا، ص۵۳۹.

4. Cheong, Y. H. Kim, K. N. Pandey, G. K. Gupta, R. Grant, J. J. Luan, S. 2003. CLB1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis, *The Plant Cell*. 15: 1833-1845.

5. Heng, L. Hsiao, K. Evett, T. Howell, S. Steduto, P. 2009. Validation the Fao AquaCrop model for irrigated and water deficient field Maize, *J. Agron.* 101: 488-498.

6. Janaki Krishna, P. S. 2008. *Improved drought stress tolerance in maize*, Osmania University Campus, Hyderabad, India.

7. Raes, D. Steduto, P. Hsiao, T. C. Fereres, E. 2009. AquaCrop-The FAO crop model for predicting yield response to water: II. Main algorithms and software description. J. Agron. 101:438–447.

8. Singh. N. Sood, M. C. Lxi, S. S. 2005. Evaluation of potato based cropping sequences under drip, sprinkler and furrow methods of irrigation Ptato based Journal. 2005. 32 (3/4):175-176.

www.SID.ir