

سامانه های سطوح آبگیر باران

استفاده از مدل شبیه ساز گیاهی (Aqua Crop) به عنوان ابزار مدیریتی
برای استفاده صحیح از منابع آبی و افزایش تولید محصولپویا محمدی^{۱*}، نوید غلام پور^۲، حسین انصاری^۳، ابوالفضل مساعدی^۴، فاطمه حاجی آبادی^۵

۱- دانشجو ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه فردوسی مشهد، pooyamohammadi84@gmail.com

۲- دانشجو ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه فردوسی مشهد، navidgholampoor77@gmail.com

۳- استاد گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ansary@um.ac.ir

۴- استاد گروه آموزشی علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی، mosaedi@um.ac.ir

۵- دکترای آبیاری و زهکشی و مدرس گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بیرجند، Fhajiabadi2010@gmail.com

چکیده

آب یکی از مهمترین عوامل محدود کننده توسعه اقتصادی کشور به شمار می رود. افزایش تقاضای آب شرب و کشاورزی نیز موجب تشدید مسئله بحران آب شده است. لذا، برنامه‌ریزی جهت استفاده بهینه از منابع آب و تخصیص اقتصادی این عامل کمیاب بین مصارف مختلف ضروری به نظر می‌رسد. امروزه دانشمندان پیشرو در جهان در تلاش هستند که فرآیندهای رشد و عملکرد گیاهان از دیدگاه کمی با استفاده از مدل‌های ریاضی بررسی و نتایج تحقیقات موجود را در ابعاد وسیع‌تری به صورت کاربردی ارائه نمایند. هدف اصلی مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی، پیش‌بینی عملکرد است. استفاده از مدل‌سازی برای معرفی گیاهان جدید در یک منطقه یا جهان و اتخاذ سیاست‌های لازم با توجه به تغییرات محیطی نیز از دیگر مزایای مدل‌سازی است. در این مقاله به بیان دلیل استفاده از مدل شبیه‌ساز گیاهی (Aqua Crop) به عنوان ابزاری مدیریتی برای استفاده صحیح از منابع آبی و افزایش تولید محصول به تفصیل پرداخته شده و پیشنهاداتی در به‌کارگیری و تحلیل نتایج آن ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: اکوکراپ، مدل سازی، مدیریت منابع آب، افزایش محصول

۱- مقدمه

از آنجا که در کشور ما نزولات جوی کم و منابع آب محدود است، لیکن برای دستیابی به تولید مطلوب در زراعت ذرت استفاده بهینه از منابع محدود آبی امری اجتناب ناپذیر است [۱]. در چنین شرایطی، استفاده از روش‌های کارآمد برای مصرف بهینه آب با حفظ بهره‌وری مصرف و از طرف دیگر تولید غذای مناسب راهکاری برای سازگاری با بحران کمبود آب خواهد بود [۲]. استفاده از مدل‌ها به منظور پیش‌بینی رفتار یک پدیده در واقعیت، به اخذ تصمیمات راهبردی و کلان در زمینه‌های مختلف کمک زیادی می‌نماید. مدل‌سازی در کشاورزی نیز نقش مهمی دارد. برخی مدل‌ها به منظور شبیه‌سازی وضعیت رشد گیاهان و پیش‌بینی محصول توسعه یافته‌اند. بررسی اعتبار مدل‌های رشد محصولات بسیار دشوار است. با توجه به محدود بودن منابع آب برای کشاورزی و در مقابل، نیاز به تولید غذای بیشتر با توجه به رشد جمعیت جهان، در صورتی که صحت نتایج این مدل‌ها بطور نسبی تعیین شود، می‌توانند در پیش‌بینی میزان محصول و بیشینه نمودن میزان بهره‌وری آب کمک شایانی نمایند.

سامانه های سطوح آبگیر باران



انجمن بین‌المللی مهندسان آبیاری



مدل‌های گیاهی برای اهداف مختلفی استفاده می‌شوند و به طور کلی این مدل‌ها نتایج آزمایش‌ها و تحقیقات کشاورزی را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند [۳]. مدل‌های گیاهی جهت بهینه‌سازی عملیات مدیریتی در محیط‌های متغیر استفاده می‌شود که کاربرد آن در برون‌یابی نتایج حاصل، مفید هست. مدل‌ها اجازه مرور دوباره اطلاعات گذشته، شبیه‌سازی حال و پیش‌بینی آینده را می‌دهند و قابلیت تغییر در تمام موقعیت‌ها را دارند و نیز با اعمال مدیریت مناسب می‌توانند احتمال خطر در آینده را به کمینه برسانند. هدف اصلی مدل‌های گیاهی، کاربرد آن به عنوان ابزاری تحلیلی برای مطالعه اثر مدیریت سیستم‌های کشت روی عملکرد محصول است. برای این منظور، اغلب مدل‌های گیاهی به شبیه‌سازی بیلان آب خاک، بیلان نیتروژن گیاه - خاک، فنولوژی گیاه، رشد ریشه، تولید بیوماس، عملکرد محصول، تولید و تجزیه باقیمانده، فرسایش خاک و سرنوشت آفت‌کش‌ها می‌پردازند. استفاده از مدل‌های گیاهی به محققان اجازه می‌دهد تا بر پایه دانش موجود برای محدوده‌ای از سیستم‌های تولید و محیط‌های خاص، به ساخت و کاربرد ساختارهای طرحی جامع بپردازند. مدل‌های گیاهی امکان پیش‌بینی عملکرد محصول و پتانسیل کارایی مکان‌هایی که گیاه هنوز در آنجا رشد نکرده است را می‌دهند. اگرچه مدل‌ها نمی‌توانند جایگزین آزمایش‌های مزرعه‌ای شوند ولی مزیت عمده‌ای که دارند صرفه جویی در هزینه‌ها و زمان هست [۴]. یکی از پارامترهای اصلی در رشد و نمو محصولات کشاورزی تبخیر و تعرق است. تبخیر و تعرق به دو مؤلفه تبخیر از سطح خاک و تعرق از سطح گیاه تفکیک می‌شود. آنچه که به عنوان بخش مولد محسوب می‌شود تعرق گیاه و بخش پوشش سبز محصول است که بررسی و نحوه بهبود بهره‌وری تعرق از طریق ارائه گزاره‌های مدیریتی از قابلیت مدل Aqua Crop محسوب می‌شود. مدل Aqua Crop بر اساس یک گام زمانی بلند مدت بر اساس نشریه بازنگری شده ۳۳ فائو عمل می‌کند. این مدل از طریق تفکیک سهم مولد تولید یعنی تعرق از تبخیر و تعرق و میزان بیوماس تولیدی و به واسطه شاخص برداشت، مقادیر شاخص بهره‌وری آب (تعرق) و عملکرد محصول را در گام‌های زمانی روزانه برآورد می‌کند. از دیگر ویژگی‌های مدل Aqua Crop این است که به جای شاخص سطح برگ از پوشش سبز سطح زمین استفاده می‌کند، که در آن شاخص درجه روز رشد اهمیت ویژه‌ای دارد و به جای ضریب کاهش نسبی عملکرد محصول به بررسی شاخص بهره‌وری می‌پردازد. این مدل در دامنه وسیعی از محصولات زراعی شامل: علوفه‌ای، سبزیجات، غلات، میوه‌ها، روغنی و غده‌ای قابل استفاده است. در این مدل برای محاسبه تعرق و برای جداسازی تبخیر از سطح خاک نسبت به تعرق از سطح گیاه، به جای استفاده از شاخص سطح برگ از پوشش تاجی که سطح زمین را می‌پوشاند استفاده می‌شود [۵].

Aqua Crop قادر است به صورت قابل قبول آب مصرفی گیاه را تحت شرایط تبخیر و تعرق و باد زیاد شبیه‌سازی نماید، بعلاوه مدل Aqua Crop رشد بیوماس، عملکرد دانه و سطح پوشش گیاهی را تحت شرایط بدون تنش آبی و یا تیمارهای با تنش‌های آبی متوسط به صورت رضایت بخش شبیه‌سازی می‌کند اما این مدل برای تیمارهایی با تنش آبی شدید مخصوصاً وقتی تنش آبی طی مراحل حساس رشد گیاه اتفاق بیفتد نمی‌تواند این پارامترها را به صورت رضایت بخش شبیه‌سازی نماید.

این مدل یک ابزار ارزشمند برای برآورد بهره‌وری آب تحت سناریوهای مختلف آبیاری و تحت استراتژی‌های مختلف مدیریت آب در سطح مزرعه برای بهبود شاخص کارایی مصرف آب می‌باشد. مدل Aqua Crop یک ابزار قدرتمند و با ارزش برای بهبود مدیریت آب در مزرعه و محاسبه بهره‌وری آب بوده و سادگی، نیاز به کمینه داده ورودی و دقت قابل قبول مدل از مزایای استفاده از آن می‌باشد. با توجه به کاهش منابع آب، تغییرات اقلیمی و کاهش سهم بخش کشاورزی از آب موجود به علت رشد صنعت و جمعیت شهری، بهبود راندمان مصرف آب (WUE) مبتنی بر تولید بیشتر به ازای هر واحد آب مصرفی بسیار با اهمیت است. برای نیل به این هدف، آگاهی دقیق از رابطه بین مصرف آب و عملکرد محصول ضروری است [۶]. مدل Aqua Crop به نسبت مدل‌های شبیه‌ساز دیگر، پارامترها و داده‌های ورودی کمتری برای شبیه‌سازی واکنش گیاه به آب احتیاج دارد و برای اغلب محصولات گیاهی و زراعی اصلی در سراسر جهان قابل استفاده است [۳]. مدل Aqua Crop بر پاسخ عملکرد گیاه نسبت به آب تمرکز می‌کند، این مدل به مدیران پروژه، مشاوران، مهندسان آبیاری و کشاورزان در افزایش بهره‌وری آب کمک می‌کند [۷].

مدل رشد گیاهی Aqua Crop، در حال حاضر یکی از جدیدترین مدل‌های رشد گیاهی است و یک مدل شبیه‌سازی رشد بر

سامانه های سطوح آبگیر باران



اساس مقدار آب مصرفی در گیاه هست [۸]. مطالعات بسیاری بر روی مدل Aqua Crop انجام گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

نتایج مطالعه هسپانو و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که مدل Aqua Crop به صورت مناسبی پوشش تاجی، رشد وزنی زیست توده بخش هوایی و عملکرد دانه را برای چهار رقم ذرت در شش فصل رشد مختلف با تراکم، تاریخ کاشت و نیاز تعرقی مختلف با تیمارهای مختلف آبیاری شبیه‌سازی کرده است [۷]. گارسپا - ویلا و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که این مدل قادر است عملکرد، رشد پوشش تاجی، زیست توده‌ای و کارایی مصرف آب را برای محصول پنبه به خوبی شبیه‌سازی کند [۹]. رایز و همکاران (۲۰۰۹) عنوان کردند که مدل Aqua Crop مدل جدیدی است که تعادل خوبی بین استحکام و دقت خروجی‌ها برقرار می‌کند و از این مدل می‌توان برای تعداد زیادی از محصولات استفاده نمود [۱۰]. ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) در ارزیابی مدل Aqua Crop با اطلاعات ۷ دوره کشت گندم زمستانه در شرایط دیم به این نتیجه رسیدند که به طور کلی، مدل در شبیه‌سازی عملکرد دانه، پوشش گیاهی و رطوبت خاک خوب عمل نموده است [۱۱]. این مطالعات نشان داد که در برخی فصل‌ها، مقدار پوشش با در نظر نگرفتن نوع بارش دچار بیش برآوردی گردیده است. هنگی و همکاران (۲۰۰۹) نیز با استفاده از مدل Aqua Crop به شبیه‌سازی مراحل رشد ذرت پرداخته و نتایج مدل را با نتایج حاصل از مزرعه مورد مقایسه قرار دادند [۱۲]. بررسی‌ها نشان داد که مدل، در شبیه‌سازی میزان کل ماده خشک، دانه و سطح سایه‌انداز، در شرایط بدون تنش آبی، نتایج رضایت بخشی را به دست می‌دهد. اما میزان دقت آن با وارد شدن تنش آبی، بخصوص در دوره پیری کمتر شد.

مدل مذکور برای ذرت در اسپانیا، تگزاس و فلوریدا توسط هنگی و همکاران (۲۰۰۹) واسنجی شده است [۱۲]. شائو و همکاران (۲۰۰۹) مدل Aqua Crop را با استفاده از داده‌های ۶ ساله ذرت در دانشگاه دیویس کالیفرنیا آزمایش و پارامترهای ثابت آن را واسنجی کردند [۱۳]. نتایج آن مطالعه نشان داد که Aqua Crop قادر است پوشش تاجی، رشد وزنی زیست توده بخش هوایی و عملکرد دانه را برای چهار رقم ذرت در شش فصل رشد مختلف با تراکم، تاریخ کاشت و تعرق‌های مختلف با تیمارهای مختلف آبیاری (اعمال تنش تا زمان سنبله دهی، از زمان سنبله دهی به بعد، آبیاری یکی در میان و آبیاری کامل) به صورت مناسبی شبیه‌سازی کند. پارامترهای ثابت این مدل تاکنون فقط برای ذرت دانه‌ای واسنجی شده‌اند. بنابراین مدل به واسنجی دقیق و گسترده برای همه گونه‌های گیاهی در سراسر دنیا نیاز دارد. فراهانی و همکاران [۱۴] و همچنین گارسپا ویلا و همکاران [۹] مدل Aqua Crop را برای پنبه در سوریه، اریا [۱۵] برای جو در کشور اتیوپی، گرت [۱۶] برای گیاه کتونیای در بولیوی و تودورویک [۱۷] برای آفتابگردان در اقلیم مدیترانه واسنجی نمودند.

در بررسی دیگری توانایی مدل همانندساز Aqua Crop برای برآورد عملکرد و تعیین تاریخ کاشت مناسب پنج رقم (واریته) مختلف جو در چهار کشور آمریکا، ایتالیا، اتیوپی و سوریه بررسی شد. بر پایه نتایج این بررسی، مدل امکان برآورد مناسب عملکرد جو بر پایه داده‌های محدود محیطی را به خوبی دارد از مدل Aqua Crop برای تعیین تاریخ کاشت مناسب ارزن مرواریدی، سویا و آفتابگردان استفاده شده است [۱۹].

بررسی‌های زیادی در تعیین تاریخ کاشت مناسب ذرت به واسطه تغییر اقلیم در زیمبابوه توسط Aqua Crop انجام شده است. در این بررسی‌ها، برای جبران تأثیر تغییر اقلیم، تعویق کشت، ذرت تولید بهتری داشت [۲۰].

از مدل Aqua Crop برای ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر تولید ذرت در شرق هند نیز استفاده شده است. در این بررسی مشخص شد، تغییر در تاریخ کاشت، مدیریت آبیاری و تغذیه گیاهی می‌تواند به عنوان عامل کنترل کننده تغییر اقلیم عمل کند [۲۱].

ایک بال و همکاران (۲۰۱۴) برای بهینه سازی تولید عملکرد دانه گندم زمستانه در دشت شمالی چین از مدل Aqua Crop استفاده کردند [۲۲]. نتایج این پژوهش نشان داد، نرم‌افزار Aqua Crop از دقت و صحت قابل اطمینان در مدل‌سازی عملکرد محصول برخوردار است.

سامانه های سطوح آبگیر باران



تودورویس و همکاران (۲۰۰۹) دو مدل Cropsyst و WOFOST را با مدل Aqua Crop در جنوب ایتالیا با کشت آفتابگردان تحت سه رژیم مختلف آبیاری در دو سال زراعی ۲۰۰۵ و ۲۰۰۷، مورد مقایسه قرار دادند [۱۷].
عالمی و همکاران (۲۰۱۰) طی سه فصل کشت جو (۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹) در اتیوپی با اعمال سناریوهای آبیاری کامل و کم آبیاری و شبیه‌سازی آن با مدل Aqua Crop چنین نتیجه گرفتند که مدل در پیش بینی عملکرد دانه و مقدار کل ماده خشک، تحت شرایط کم آبیاری، بیش برآورد می‌نماید [۲۲].
علیزاده و همکاران (۱۳۸۹) کارآیی مدل Aqua Crop در منطقه کرج و برای گیاه گندم مورد ارزیابی قرار گرفت، به این صورت که کارآیی مدل در پیش‌بینی عملکرد و کارایی مصرف آب گندم در شش تیمار آبیاری (تیمارهای ۱۰، ۶۰، ۸۰، ۴۰ و ۲۰ درصد نیاز آبی و تیمار تکی آبیاری) مطالعه گردید [۶].
بابازاده و همکاران (۱۳۹۰) به منظور ارزیابی و آنالیز حساسیت مدل کامپیوتری Aqua Crop از داده‌های مزرعه‌ای تحت کشت سویا در منطقه کرج استفاده کردند [۲۴]. نتایج نشان داد که مدل Aqua Crop در شبیه‌سازی عملکرد محصول، تبخیر و تعرق گیاهی و کارآیی مصرف آب سویا عملکرد قابل قبولی دارد. همچنین نتایج این تحقیق بر اساس مقادیر ضریب آنالیز حساسیت (SC) نشان می‌دهد، ورودی‌های مدل به زمان سبز شدن بذرها، رطوبت اولیه خاک و عمق آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل هیچ حساسیتی ندارد.

۲- نتیجه‌گیری

در مجموع می‌توان گفت Aqua Crop عمدتاً برای تمرین کنندگان، به مانند کسانی که جهت توسعه خدمات تلاش می‌کنند، سازمان‌های دولتی، سازمان‌های غیر دولتی، و انواع مختلفی از انجمن‌های کشاورزان در نظر گرفته شده است. بعلاوه این مدل مورد علاقه دانشمندان برای آموزش اهداف مدنظر، به عنوان یک ابزار آموزشی مربوط به نقش آب در تعیین بهره‌وری محصول است. مدل Aqua Crop قادر است مدیریت مصرف آب را برای هر مزرعه متناسب با شرایط اقلیمی، خاک و خصوصیات گیاهی محاسبه کرده و همچنین راهکارهای مدیریت مزرعه از جمله زمان کاشت، تراکم کشت و کودهای شیمیایی را بهبود بخشیده و عملکرد محصول و کارایی مصرف آب را به خوبی شبیه‌سازی نماید. با توجه به این که مقدار عملکرد محصول علاوه بر میزان آب قابل دسترس به عنوان یکی از مهمترین نهاده‌های کشاورزی، به عوامل بسیار متعددی نظیر مقدار و زمان مصرف کود، نحوه مصرف کود، درجه شوری خاک، درجه حاصلخیزی مزرعه، وضعیت مزرعه از نظر نوع کشت در سال قبل و آفات و بیماری‌ها بستگی دارد، مدل Aqua Crop 3.1 هنوز نسبت به این عوامل قابل واسنجی نبوده و می‌توان گفت که یکی از نقاط ضعف مدل می‌باشد. توصیه می‌شود در تحقیقات آینده با انجام طرح‌های آزمایش‌های کشاورزی حداقل دوساله نه تنها مدل ارزیابی شود بلکه مورد واسنجی و اعتباریابی هم قرار گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده از فعالیت‌های پیشین در این زمینه استفاده از این مدل گیاهی برای مدل‌سازی گیاهان آبی برای سایر محققین نیز پیشنهاد می‌شود.

مراجع

[1] احمدآلی، ج. بررسی کارآیی مصرف آب آبیاری سیستم‌های نشتی و میکرو در کشت یک و دو ردیفه ذرت دانه‌ای، گزارش نهایی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۱۳۸۸.

[2] Asgari A, Taghipor_Bafghi A. Deficit irrigation a technique for reducing water use in agricultural production. Dive magazine, 6132-37, 2004.

سامانه های سطوح آبگیر باران



- [3] Steduto P, Hsiao TC, Raes D, Fereres E. Aqua Crop-The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agronomy Journal*, 101: 426-437, 2009.
- [4] Monteith JL. The quest for balance in crop modelling. *Agronomy Journal*, 88: 695-697, 1996.
- [5] Steduto P, Hsiao T.C, Raes D, Fereres E. Aqua Crop—the FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles. *Agronomy Journal*, 101: 426-437, 2009.
- [6] علیزاده، ح.، نظری، ب.، پارسی نژاد، م.، رضانی اعتدالی، ه.، جانباز ح.ر. ارزیابی مدل در Aqua Crop مدیریت کم آبیاری گندم و جو در منطقه کرج. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۹.
- [7] Hsiao T.C, Heng L, Steduto P, Rojas-Lara B, Raes D, Fereres E. Aqua Crop— The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: III. Parameterization and Testing for Maize. *Agronomy Journal*, 101: 448-459, 2009.
- [8] Raes D, Steduto P, Hsiao TC, Fereres E. Reference Manual Aqua Crop, FAO, Land and Water Division, Rome, Italy, 2012.
- [9] García-Vila M, Fereres E, Mateos L, Orgaz F, Steduto P. Deficit Irrigation Optimization of Cotton with Aqua Crop. *Agronomy Journal*, 101:477-487, 2009.
- [10] Raes D, Steduto P, Hsiao T.C, Fereres E. Aqua Crop—The FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. *Agronomy Journal*, 101:438-447, 2009.
- [11] Zhang W, Liu W, Xu.eQ, Chen J, Han X. Evaluation of the Aqua Crop model for simulating yield response of winter wheat to water on the southern Loess Plateau of China. *Water Science & Technology Journal*, 68(4):821-868, 2013.
- [12] Heng L.K, Evett S.R, Howell T.A, Hsiao T.C. Calibration and testing of FAO Aqua Crop model for maize in several locations. *Agronomy Journal*, 101, 488-498, 2009.
- [13] Hsiao T.C, Heng L.K, Steduto P, Raes D, Fereres E. Aqua Crop-Model parameterization and testing for maize. *Agronomy Journal*, 101, 448-459, 2009.
- [14] Farahani H.J, Izzi G, Steduto P, Oweis T.Y. Parameterization and evaluation of Aqua Crop for full and deficit irrigated cotton. *Agronomy Journal*, 101, 469-476, 2009.
- [15] Araya A, Habtub S, MelesHadguc K, Kebedea A, Dejene T. Test of Aqua Crop model in simulating biomass and yield of water deficient and irrigated barley. *Agri. Water Manage*, 97, 1838-1846, 2010.
- [16] Geerts S, Raes D, Garcia M, Miranda R, Cusicanqui J.A, Taboada C, Mendoza J, Huanca R, Mamani A, Condori O, Mamani J, Morales B, Osco V, Steduto P. Simulating Yield Response of Quinoa to Water Availability with Aqua Crop. *Agronomy Journal*, 101, 499-508, 2009.

سامانه های سطوح آبگیر باران



- [17] Todorovic M, Albrizio R, Zivotic L, Abi Saab M, Stöckle C, Steduto P. Assessment of Aqua Crop, CropSyst, and WOFOST Models in the Simulation of Sunflower Growth under Different Water Regimes. *Agronomy Journal*, 101, 509-521, 2009.
- [18] Abrha B, Delbecque N, Raes D, Tsegay A, Todorovic M, Heng L, Deckers S. Sowing strategies for barley (*Hordeum vulgare* L.) based on modelled yield response to water with Aqua Crop. *Experimental Agriculture*, 48(02), 252-271, 2012.
- [19] Dera J, Mpofu L, Tavirimirwa B. Response of pearl millet varieties to different dates of sowing at Makoholi and Kadoma research stations, Zimbabwe. *Academia Journal of Agricultural Research*, 2(4), 110-113, 2014.
- [20] Masanganise J, Chipindu B, Mhizha T, Mashonjowa E. Model prediction of maize yield responses to climate change in north-eastern Zimbabwe. *African Crop Science Journal*, 20(2), 505-515, 2012.
- [21] Deb P, Babel S. Assessment of impacts of climate change and adaptation measures for maize production in East Sikkim, India. *Hydrology and Meteorology*, 9(1), 15 -27, 2015.
- [22] Iqbal M, Shen Y, Stricevic R, Pei H, Sun H, Amiri E, Penas A, del Rio S. Evaluation of the FAO Aqua Crop model for winter wheat on the North China Plain under deficit irrigation from field experiment to regional yield simulation. *Agricultural Water Management*, 135: 61-72, 2014.
- [23] Alemie A, Habtu S, Hadgu K.M, Kebede A, Dejene T. Test of Aqua Crop model in simulating biomass and yield water deficient and irrigated barley (*Hordeum vulgare*). *Agricultural water management*, 97:1836-1846, 2010.
- [24] بابا زاده، ح.، سرائی تبریزی، م.، پارشی نژاد، م.، مدرس ثانوی، ع. بررسی برخی صفات کیفی و کمی زراعی سویا (max L . Merrill Glycine) در شرایط تنش آبی. *مجله پژوهش آب در کشاورزی*، جلد ۲۴، شماره ۲، صفحه های ۹۹ تا ۱۰۹، ۱۳۸۹.



Using the plant simulation model (Aqua Crop) as a management tool to properly use water resources and increase crop production

Pooya Mohammadi*, Navid Gholampoor, Hossein Ansari, Abolfazl Mosaedi, Fatemeh Hajiabadi

1. Master student of Irrigation and Drainage, Ferdowsi University of Mashhad, pooyamohammadi84@gmail.com
2. Master student of Irrigation and Drainage, Ferdowsi University of Mashhad navidgholampoor77@gmail.com
3. Professor Department of Water Science and Engineering Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, ansary@um.ac.ir
4. Professor Department of Water Science and Engineering Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, mosaedi@um.ac.ir
5. PhD in Irrigation and Drainage and Lecturer, Department of Water Science and Engineering, Birjand University, Fhajiabadi2010@gmail.com

Abstract

The position of the title in this section is 120 mm from the top of the page or upper edge. Water is one of the most important factors limiting the economic development of the country. Rising demand for drinking and agricultural water has also exacerbated the water crisis. Therefore, planning for the optimal use of water resources and economic allocation of this rare factor between different uses seems necessary. Today, the world's leading scientists are trying to quantitatively study plant growth and yield processes using mathematical models and research results. Present the existing in a wider dimension in a practical way. The main purpose of product simulation models is to predict performance. Using modeling to introduce new plants in a region or world and adopting the necessary policies due to environmental changes are other benefits of modeling. In this article, the reason for using the aquatic model as a management tool to properly use water resources and increase crop production is discussed in detail and the use of this article is recommended to researchers in related fields.

Key words: Aqua Crop, Product increase, modeling, Water resource management