

ارزیابی عملکرد نیشکر تحت تاثیر سطوح آبیاری و کود با استفاده از مدل Aquacrop

فرزاد حق نظری^۱، مهشید قنبریان^{۲*}، علی شینی دشتگل^۳، ویدا ورناصری قندعلی^۴

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- دانشجوی دکتری، آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۴- دانشجوی دکتری بوم شناسی زراعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

* مسئول مکاتبه: Mahshid.ghanbarian@gmail.com

DOI: 10.22034/csrar.2020.119085

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۰۹

چکیده

ارتقای کارایی مصرف آب با هدف تولید بیشتر در بخش کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ لذا شبیه‌سازی مراحل رشد گیاه و در نتیجه پیش‌بینی عملکرد محصول، منجر به برنامه‌ریزی بهتر و مدیریت کاراتر در روند تولید می‌شود. پژوهش حاضر با هدف پیش‌بینی عملکرد و زیست‌توده نیشکر در مرحله بازرویی در سال سوم کاشت، با مدل AquaCrop در کشت و صنعت امیرکبیر با سه سطح آبیاری کامل یا ۱۰۰ درصد نیاز آبی (I₁)، ۷۵ درصد (I₂) و ۵۵ درصد نیاز آبی (I₃) و سه سطح کود ۱۰۰ درصد نیاز گیاه نیشکر به کود نیتروژن (F₁)، ۸۰ درصد (F₂) و ۶۰ درصد (F₃) با چهار تکرار در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. برای واسنجی مدل مقادیر واسنجی به همراه پیش‌بینی خطای آماری R² برای عملکرد محصول و زیست‌توده برای تمام سطوح مختلف کودی و آبیاری به ترتیب برابر با ۰/۹۷ و ۰/۹۶ به دست آمد. در مرحله صحت‌سنجی، عملکرد محصول در شرایط مختلف مدیریت آبیاری شبیه‌سازی و با عملکرد واقعی مقایسه شد و مقادیر ضریب همبستگی برای عملکرد محصول و زیست‌توده به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۸۱ برآورد شد. با بررسی تیمارها مشخص شد که تیمار F₂I₁ نسبت به دیگر تیمارها، عملکرد زیست‌توده بالاتری داشت. نتایج نشان داد که با کاهش ۲۰ درصدی در مصرف کود می‌توان به عملکرد موردنظر دست یافت. این امر کاهش هزینه‌های مربوط به کشاورزی را به همراه خواهد داشت و در بلندمدت اثرات سوء ناشی از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی را کاهش داده و ضمن افزایش محصول، برنامه‌ای راهبردی برای نیل به اهداف کشاورزی پایدار خواهد بود.

کلمات کلیدی: آنالیز حساسیت، زیست‌توده، صحت‌سنجی، واسنجی

مقدمه

ارائه داد (Doorenbos and Kassam, 1979) که مقیاس محاسبات در آن بر اساس گام روزانه می‌باشد (Steduto et al., 2009). در مدل جدید سعی بر آن است که ضمن استفاده از تعداد نسبتاً اندکی از پارامترهای معین (که به‌طور مستقیم قابل اندازه‌گیری هستند) نتایج با دقت بالا برآورد گردد (Geerts et al., 2009). نتایج پژوهشی روی آنالیز حساسیت مدل Aquacrop تحت شرایط مختلف هواشناسی و کاربردی، نشان داد که حساسیت داده‌های خروجی، در پاسخ به تغییر پارامترهای مربوط به محصول، مانند واریته و نیز متغیرهای اقلیمی، متفاوت است (Xiuliang et al., 2018). نتایج واسنجی آنالیز حساسیت مدل Aquacrop نشان می‌دهد که هماهنگی خوبی بین نتایج مشاهده شده و شبیه‌سازی شده پارامترهای سطح سایه‌انداز، زیست‌توده و عملکرد محصول وجود دارد. نتایج مطالعه‌ای روی شبیه‌سازی عملکرد محصول سیب‌زمینی (Solanum tuberosum) و کل ماده خشک، سطح سایه‌انداز گیاه،

ارتقای کارایی مصرف آب با هدف تولید بیشتر در بخش کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا شبیه‌سازی مراحل رشد گیاه و در نتیجه پیش‌بینی عملکرد محصول، منجر به برنامه‌ریزی بهتر و مدیریت کاراتر در روند تولید محصول خواهد شد. با توجه به اینکه پارامترهای مؤثر بر عملکرد محصولات کشاورزی متعدد است و گاهی این عوامل اثر متقابلی بر یکدیگر دارند؛ استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی عملکرد، گامی اساسی و درست در جهت مدیریت زراعی می‌باشد. در دهه‌های اخیر مدل‌های زیادی جهت شبیه‌سازی رشد محصولات زراعی و مدیریت آب خاک ارائه شده است (Geerts et al., 2009; Hoogenboom et al., 2004). در سالیان اخیر FAO¹² مدل شبیه‌سازی Aquacrop را بر پایه معادله Doorenbos and Kassam همراه با تصحیحاتی برای آن

¹ Food and Agriculture Organization

محصول و پیش‌بینی آن به‌منظور برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت مؤثر منابع آب و توجه به مسائل زیست‌محیطی که در اثر استفاده از کودهای شیمیایی به وجود می‌آید؛ در این پژوهش، مدل Aquacrop به‌منظور شبیه‌سازی عملکرد نیشکر در شرایط کم‌آبیاری و با به‌کارگیری سطوح مختلف کودی در منطقه جنوب اهواز استفاده گردید. در این راستا، ابتدا مدل مورد واسنجی و صحت‌سنجی قرار گرفت. پس از بررسی نتایج، عملکرد محصول و زیست‌توده گیاه نیشکر، با به‌کارگیری سطوح مختلف آبیاری و کودی شبیه‌سازی شد. هدف از این مطالعه، بهره‌گیری از نرم‌افزار Aquacrop جهت تعیین سطوح بهینه کم‌آبیاری و کودی برای گیاه نیشکر در منطقه جنوب اهواز می‌باشد. در نهایت از نتایج این تحقیق می‌توان در تصمیمات مدیریتی همچون میزان کاربرد کود و آب آبیاری در مزرعه برای شرایط مشابه استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه‌ی مورد آزمایش

این پژوهش، در یکی از مزارع تحقیقاتی شرکت توسعه نیشکر واقع در جنوب اهواز در کشت و صنعت امیرکبیر و طی دو سال زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ انجام شد. این مرکز در محدوده‌ی مختصات با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۰ دقیقه واقع شده است. منطقه‌ی محل اجرای پژوهش در تقسیم‌بندی اقلیمی به روش آمبرژه جزء اقلیم بیابانی گرم میانه می‌باشد. آب آبیاری مزارع کشت و صنعت امیرکبیر از رودخانه کارون تأمین شده و شوری آن در طول فصل کشت تغییر می‌کند. ویژگی‌های کیفی آب آبیاری در محل ایستگاه پمپاژ اصلی در جدول ۱، ارائه شده است (گزارش ماهیانه مرکز تحقیقات نیشکر، ۱۳۹۰). فاصله زمانی بین آبیاری‌ها (دور آبیاری) مطابق آبیاری معمول مزارع در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر صورت گرفت و تیمارهای آبیاری بر حجم آبیاری به کار برده شده در مزارع اعمال شد.

تولید ماده خشک در فصل رشد محصول سیب‌زمینی و محتوای آب خاک در شرایط مختلف تنش آبی با استفاده از مدل Aquacrop در شرایط آب‌وهوایی معتدل روی سه سطح آبیاری شامل آبیاری کامل (آبیاری)، کم آبیاری (I_d) و بدون آبیاری (I₀) نشان‌دهنده دقت خوب مدل Aquacrop برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد محصول سیب‌زمینی در شرایط نرمال به‌عنوان یک ابزار مدیریتی کارآمد در مورد زمان و میزان آبیاری است (Razzaghi et al., 2017).

طی پژوهشی که به‌منظور بررسی عملکرد مدل Aquacrop برای گندم (Triticum) زمستانه‌ی تحت کم آبیاری، در مزارع آزمایشی ایستگاه Luancheng در دشت شمالی چین طی سال‌های ۱۹۹۸ - ۲۰۰۱ انجام گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل Aquacrop در مرحله اعتبارسنجی ریشه میانگین مربعات خطا برای عملکرد دانه ۰/۵۸ تن در هکتار، زیست‌توده ۰/۸۷ تن در هکتار، تبخیر و تعرق واقعی ۳۳/۲ میلی‌متر و رطوبت حجمی خاک ۳۷/۶ - ۲۴/۵ میلی‌متر بود. نتایج نشان داد که مدل Aquacrop مدلی اطمینان‌بخش برای شبیه‌سازی تولید عملکرد در دشت شمالی چین است (Iqbal et al., 2014). مدل Aquacrop در شبیه‌سازی عملکرد گیاهان در مدیریت مختلف آب‌و خاک از دقت بالایی برخوردار بوده و استفاده از آن نیازمند واسنجی و اعتبارسنجی می‌باشد. در تحقیق انجام شده در راستای واسنجی و اعتبارسنجی مدل در شبیه‌سازی عملکرد دانه گندم در سه پایلوت منتخب در منطقه حمیدیه استان خوزستان و در دو سال زراعی اجرا شد (Emdad et al., 2018)؛ مدل برای شرایط سال اول واسنجی و سپس سناریوهای مختلف نوبت‌های آبیاری با هم مورد مقایسه قرار گرفت. مقایسه شاخص‌های آماری بین مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی عملکرد دانه در هر دو سال نشان داد که ضریب تبیین، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده و شاخص توافق Willmott به ترتیب برابر با ۰/۹، ۰/۱۴ و ۰/۸۹ می‌باشند که بیانگر کارایی مناسب مدل در شبیه‌سازی عملکرد گندم در دو سال متوالی می‌باشد.

با توجه به سطح زیر کشت گیاه نیشکر در استان خوزستان و اهمیت این محصول در منطقه و همین‌طور اهمیت ویژه عملکرد

جدول ۱- خصوصیات کیفی آب رودخانه کارون
Table 1- Water quality of Karun River

کاتیون‌ها (meq.l ⁻¹)			آنیون‌ها (meq.l ⁻¹)			EC (ds/m)	SAR	pH
Cations			Anions					
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Cl ⁻	Hco ₃ ⁻	So ₄ ⁻	1.8	11.8	7.49
17.28	22.5	52.4	57	5.2	28.26			

خطوط لوله آبیاری درجه‌دو، آبیگرهای مزارع و بالاخره لوله‌های آبیاری دریچه‌دار. شبکه آبیاری به‌صورت ترکیبی از دو شیوه ثقلی و تحت‌فشار طرح گردیده است که در آن ایستگاه پمپاژ اصلی، آب موردنیاز طرح را از رودخانه کارون تأمین می‌کند.

جدول ۲ میزان آب آبیاری در ماه‌های مختلف سال در کشت و صنعت امیرکبیر را نشان می‌دهد. اجزای اصلی سیستم آبیاری در این واحد عبارتند از: یک واحد ایستگاه پمپاژ اصلی، یک رشته کانال انتقال، دو رشته کانال درجه‌یک (اصلی)، ایستگاه‌های پمپاژ ثانویه،

جدول ۲- میزان آب آبیاری

Table 2- Amount of Irrigation water

ماه Month	فروردین 21 Mar- 20 Apr	اردیبهشت 21 Apr- 21 May	خرداد 22 May- 21 Jun	تیر 22 Jun- 22 Jul	مرداد 23 Jul- 22 Aug	شهریور 23 Aug- 22 Sep
میزان آب آبیاری Amount of Irrigation water (mm)	120	300	300	480	600	360

رطوبت خاک به صورت وزنی در سه عمق ۰-۳۳، ۳۳-۶۶ و ۶۶-۱۰۰ سانتی متری، قبل از هر آبیاری اندازه گیری گردید و باتوجه به جرم مخصوص ظاهری خاک، ظرفیت ذخیره آب در خاک برای نوبت های آبیاری اول تا چهارم برآورد شد. مشخصات فیزیکی خاک در جدول ۳، ارائه شده است.

در مطالعات خاکشناسی، عموماً نمونه برداری از خاک در گام های ۳۰ سانتی متری صورت می گیرد. نمونه گیری از خاک منطقه، در سه عمق ۰-۳۳، ۳۳-۶۶ و ۶۶-۱۰۰ سانتی متری نشان داد که بافت خاک منطقه مورد آزمایش، Clay Loam بوده و دارای ۴۴/۹۵ درصد شن، ۳۱/۳۲ درصد رس و ۲۳/۷۳ درصد سیلت می باشد. برای تعیین ظرفیت ذخیره آب در خاک، درصد

جدول ۳- برخی خصوصیات فیزیکی خاک قبل از آبیاری

Table 3- Some preliminary soil characteristics before irrigation

عمق Depth (cm)	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gr. cm ³)	درصد رطوبت خاک	
		در ظرفیت زراعی FC (% Vol)	در نقطه پژمردگی PWP (% Vol)
0-33	1.61	35.58	18.48
33-66	1.5	25.36	13.55
66-100	1.54	23.97	9.76

$$\left(\frac{Y_m - Y_a}{Y_m}\right) = K_y \left(\frac{ET_m - ET_a}{ET_m}\right) \quad (1)$$

در این رابطه، Y_m و Y_a به ترتیب عملکرد حداکثر و واقعی محصول، ET_m و ET_a به ترتیب تبخیر و تعرق حداکثر و واقعی گیاه و K_y ضریب تناسب بین کاهش عملکرد نسبی و کاهش نسبی در تبخیر و تعرق است. میزان عملکرد از ضرب کردن زیست توده در شاخص برداشت مرجع به دست می آید و مقادیر شاخص برداشت مرجع با توجه به میزان آب موجود وابسته به زمان، شدت و مدت تنش خشکی است (Jones, 2000). برای محاسبه عملکرد از زیست توده، مدل Aquacrop از رابطه زیر استفاده می کند (Raes et al., 2015; Golabi and Naseri, 2012):

$$Y = f_{HI} \times HI_0 \times B \quad (2)$$

در این رابطه، HI_0 شاخص برداشت مرجع طی مرحله بلوغ فیزیولوژیک که بلوغ فیزیولوژیکی مرحله ای از رشد و نمو نیشکر است که طی آن گیاه تحت تاثیر عوامل محیطی و شرایط رشد، اندام های زاینده تولید کرده و به گل رفته و دانه تولید می کند. Y ، عملکرد دانه و f_{HI} ضریبی است که شاخص برداشت مرجع را تنظیم می کند. داده های ورودی مدل به چهار دسته تقسیم می شوند: داده های هواشناسی (شامل دمای کمینه و بیشینه، بارش و تبخیر تعرق)، داده های گیاهی (داده های تبخیر تعرق، پوشش گیاهی، تنش آبی، تنش خشکی و...)، داده های خاک

این پژوهش در قالب طرح آزمایشی کرت های خرد شده به صورت فاکتوریل انجام گرفت و سه سطح آبیاری کامل یا ۱۰۰ درصد نیاز آبی برای گیاه نیشکر در شرایط منطقه مورد مطالعه (I_1)، ۷۵ درصد (I_2) و ۵۵ درصد (I_3) آب آبیاری و سه سطح کود ۱۰۰ درصد (F_1)، ۸۰ درصد (F_2) و ۶۰ درصد (F_3) با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان کود مورد استفاده بر اساس مصرف واحدهای توسعه نیشکر که معمولاً ۳۵۰ کیلوگرم کود اوره در هر هکتار به منزله ۱۰۰ درصد نیاز کودی در نظر گرفته می شود. هر تیمار در یک جویچه به طول ۲۵۰ متر و عرض ۱/۸۳ متر قرار گرفت. تعداد کل جویچه های تحت آزمایش در این تحقیق ۳۶ جویچه بود.

مدل شبیه سازی عملکرد محصول Aquacrop

مدل Aquacrop ابزاری مفید جهت مدیریت آب در سطح مزرعه و پیش بینی عملکرد عمده محصولات زراعی بر اساس سناریوهای مختلف می باشد. این مدل با تفکیک نمودن تبخیر و تعرق واقعی گیاه (ET_a) به تبخیر از سطح خاک (ET_s) و تعرق (T_a) و مجزا نمودن عملکرد نهایی (Y) به ماده خشک و شاخص برداشت توسعه یافته است. جدا کردن ET_a به ET_s و T_a سبب می شود که بخش غیر مؤثر آب در تولید محصول (تبخیر) در نظر گرفته نشود. این موضوع به ویژه زمانی که هنوز پوشش گیاهی تکمیل نشده، حایز اهمیت است (Raes et al., 2009).

$$d=1-\frac{\sum_{i=1}^n(S_i-M_i)^2}{\sum_{i=1}^n(|S_i-\bar{M}|+|M_i-\bar{M}|)^2} \quad (۴) \quad \text{شاخص توافق ویلموت (d)}$$

$$R^2=\frac{[\sum_{i=1}^n(M_i-\bar{M})(S_i-\bar{S})]^2}{\sum_{i=1}^n(M_i-\bar{M})^2 \sum_{i=1}^n(S_i-\bar{S})^2} \quad (۵) \quad \text{ضریب تبیین (R}^2\text{)}$$

که در این روابط، S_i و M_i به ترتیب مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده، n تعداد مشاهدات، \bar{S} مقدار متوسط پارامترهای مشاهده شده، \bar{M} : مقدار متوسط پارامترهای پیش‌بینی شده می‌باشد. هرچه جذر میانگین مربعات خطا به صفر نزدیک‌تر و ضریب تبیین و شاخص توافق ویلموت به عدد یک نزدیک‌تر باشند؛ درصد دقت مدل بالاتر است (Dinarvand *et al.*, 2018).

نتایج و بحث

آنالیز حساسیت و واسنجی مدل Aquacrop

برای انجام آنالیز حساسیت در هر نوبت، یکی از پارامترهای ورودی به میزان ۲۵ درصد (در جهت مثبت و منفی) تغییر داده شد و مدل برای هر یک از پارامترها پنج بار اجرا گردید. بعد از هر بار اجرای مدل مقدار ضریب حساسیت محاسبه گردید. بسته به مقدار ضریب حساسیت محاسبه شده پارامترها در سه دسته با حساسیت زیاد، متوسط و کم، تقسیم‌بندی شدند، به طوری که اگر مقادیر دامنه ضریب حساسیت از ۱/۵ بیش‌تر باشد حساسیت زیاد و اگر پاسخ مدل به تغییر در پارامتر ورودی، بین ۰/۳ تا ۱/۵ و یا کمتر از ۰/۳ باشد، به ترتیب نشان دهنده حساسیت متوسط و کم می‌باشد (Hosseini *et al.* 2016; Geerts *et al.*, 2009).

$$S_C=\frac{\frac{\Delta W}{\bar{W}}}{\frac{\Delta P}{\bar{P}}} \quad (۶)$$

که در این رابطه، S_C ضریب بدون بعد، ΔW اختلاف مقدار پارامتر خروجی قبل و بعد از تغییر پارامتر ورودی، \bar{W} متوسط پارامتر خروجی قبل و بعد از تغییر پارامتر ورودی، ΔP اختلاف مقادیر پارامتر ورودی و \bar{P} متوسط مقادیر ورودی یک پارامتر به مدل می‌باشد.

بعد از انجام آنالیز حساسیت مشخص شد که پارامترهای حساس در پژوهش حاضر عبارت‌اند از: پوشش سایه‌انداز اولیه در زمان تکمیل ۹۰ درصد سبز شدن (CC_0)، حداکثر پوشش گیاهی (CC_X)، فاکتور شکل ضریب تنش آبی خاک برای توسعه پوشش گیاهی، آستانه بالای تخلیه رطوبتی خاک برای ضریب تنش پیری و فاکتور شکل منحنی برای ضریب تنش پیری.

با مشخص شدن پارامترهای حساس، جهت شبیه‌سازی عملکرد محصول، مدل برای شرایط مختلف مزرعه آزمایشی و بر پایه پارامترهای حساس اجرا شده و نتایج شبیه‌سازی با نتایج واقعی مقایسه شدند. در صورت عدم تطابق عملکرد شبیه‌سازی شده با عملکرد واقعی، با تغییر ضرایب گیاهی، مراحل فوق‌الذکر تکرار شد تا نتایج عملکرد شبیه‌سازی شده با دقت قابل قبولی بر عملکرد واقعی منطبق شود. مقادیر حاصل از واسنجی مدل Aquacrop در جدول ۴، نشان داده شده است.

(خصوصیات هیدرولیکی و فیزیکی لایه‌های خاک) و داده‌های مدیریتی (مدیریت آبیاری شامل زمان، مقدار و شیوه آبیاری و مدیریت مزرعه مانند استفاده از خاک‌پوش و...).

واسنجی و صحت‌سنجی مدل

از داده‌های سال ۱۳۸۹ برای واسنجی مدل گیاهی استفاده شد. پس از پردازش اولیه داده‌ها، به بررسی شبیه‌سازی مقدار عملکرد و زیست‌توده گیاه نیشکر، تحت تیمارهای مختلف آبیاری پرداخته شد. تیمارها شامل سه سطح I_1 ، I_2 و I_3 به ترتیب ۱۰۰، ۷۵ و ۵۵ درصد موردنیاز گیاه می‌باشند. مقادیر آب آبیاری و میزان کود مورد استفاده گیاه، مقادیری هستند که در مرکز تحقیقات شرکت کشت و صنعت امیرکبیر، محاسبه شده و با توجه به دوره رشد گیاه و شرایط محیطی اعمال می‌گردند.

میزان آب آبیاری بکار برده شده بستگی به نیاز آبی گیاه در دوره رشد و مقدار آب لازم جهت کنترل شوری دارد. چرا که گیاه نیشکر به شوری حساس است و این حساسیت در دوره‌های مختلف رشد متفاوت است. میزان نیاز آبی گیاه نیشکر، در طی سال‌ها پژوهش و تجربه و طی تحقیقاتی که در منطقه صورت گرفته است؛ به دست آمده که این میزان در دوره‌های مختلف رشد گیاه نیشکر، متفاوت است. از سویی دیگر، منبع تأمین‌کننده آب اراضی کشت و صنعت امیرکبیر، همان‌طور که پیش‌از این اشاره شد؛ رود کارون است که میزان کیفیت آن به دلیل شرایط آب‌وهوایی و بارندگی‌ها در فصول و در سال‌های مختلف، متفاوت است؛ بنابراین میزان آبیاری کامل برآورد شده در این پژوهش که تأمین‌کننده ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه نیشکر باشد؛ معادل دور و میزان آبی در نظر گرفته شد که کارشناسان این مرکز برای کشت راتون نیشکر در بازه زمانی یاد شده؛ تعیین نموده‌اند (جدول ۲). بدیهی است با توجه به شرایط آب‌وهوایی و میزان بارندگی و پارامترهای کیفی آب آبیاری که در طول فصل رشد متغیر می‌باشند؛ میزان عمق و دور آبیاری نیز در هر مرحله متفاوت خواهد بود.

به منظور صحت‌سنجی مدل، با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده، عملکرد محصول در شرایط مختلف مدیریت آبیاری شبیه‌سازی و با عملکرد واقعی مقایسه شد. داده‌های سال ۱۳۹۰ به منظور صحت‌سنجی مدل استفاده گردید.

شاخص‌های ارزیابی مدل

برای ارزیابی و سنجش اعتبار مدل در تخمین عملکرد محصول، از شاخص آماری زیر استفاده گردید:

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n(S_i-M_i)^2}{n}} \quad (۳) \quad \text{جذر میانگین مربعات خطا}$$

جدول ۴- نتایج حاصل از آنالیز حساسیت و واسنجی پارامترهای موجود در مدل Aquacrop model
 Table 4- The results of the sensitivity analysis and calibration of the parameters in the Aquacrop model

پارامتر گیاهی	Crop Parameter	درجه حساسیت	Degree of sensitivity	مقدار	amount	واحد	unit	روش تعیین	Determination method
دمای پایه T_{base}	Base temperature	S_c In mode+ 25%	S_c In mode- 25%	0.035	0.004	کم	low	9	پیش فرض Assumption
دمای حداکثر T_{upper}	Maximum temperature	0.09	0.2	کم	low	32	پیش فرض Assumption		
پوشش سایه‌انداز اولیه در زمان تکمیل ۹۰ درصد سبز شدن CC_0	Initial canopy cover at 90 % emergence	0.542	1.615	زیاد	high	7.1	واسنجی Calibration		
حداکثر پوشش گیاهی CC_c	Maximum canopy cover when the canopy is fully developed	1.842	0.735	زیاد	high	85	واسنجی Calibration		
تاج پوشش گیاهی در زمان بری CDC	Canopy decline coefficient	0.432	0.213	متوسط	average	0.076	پیش فرض Assumption		
ضریب افزایش سایه‌انداز CGC	Canopy Growth Coefficient	0.468	1.02	متوسط	average	0.125	پیش فرض Assumption		
ضریب تخریب گیاهی برای پوشش کامل $KcTr,x$	Coefficient for maximum crop transpiration	0.025	0.003	کم	low	1.1	پیش فرض Assumption		
بهره‌وری آب نرمال شده WP	Normalized crop water productivity	0.089	0.271	کم	low	30	پیش فرض Assumption		
حد بالای تخلیه رطوبتی خاک برای توسعه پوشش گیاهی P_{upper}	Fraction of TAW at which CGC starts to be reduced	1.22	0.735	متوسط	average	0.55	پیش فرض Assumption		
حد پایین تخلیه رطوبتی خاک برای توسعه پوشش گیاهی P_{lower}	Fraction of TAW at which CGC becomes 0	0.12	0.03	کم	low	0.25	پیش فرض Assumption		
فاکتور شکل ضریب تنش آبی خاک برای توسعه پوشش گیاهی	Shape factor for Water stress coefficient for canopy expansion	0.428	1.745	زیاد	high	2.5	واسنجی Calibration		
فاکتور بالایی ضریب تخلیه رطوبتی خاک برای کنترل روزنه‌ها	Soil water depletion threshold for stomatal control - Upper threshold	0.003	0.008	کم	low	0.5	پیش فرض Assumption		
فاکتور شکل ضریب تنش آبی خاک برای کنترل روزنه‌ها	Shape factor for Water stress coefficient for stomatal control	0.031	0.025	کم	low	3	پیش فرض Assumption		
فاکتور بالایی تخلیه رطوبتی خاک برای ضریب تنش بری	Soil water depletion threshold for canopy senescence - Upper threshold	1.215	1.632	زیاد	high	2.5	واسنجی Calibration		
فاکتور شکل منحنی برای ضریب تنش بری	Shape factor for CDC	1.578	1.012	زیاد	high	25	واسنجی Calibration		
شاخص برداشت HI	Harvest Index	0.712	1.815	زیاد	high	35	واسنجی Calibration		

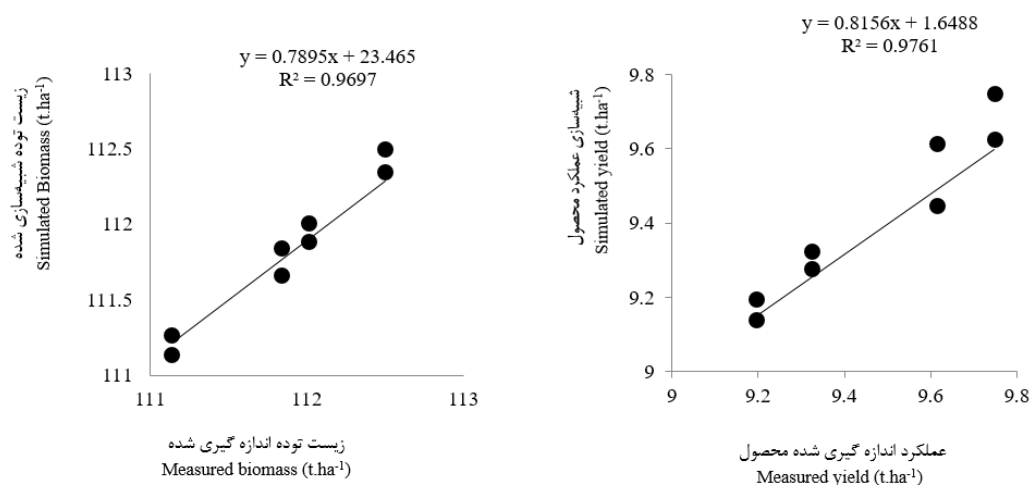
تیمارهای F_3I_1 و F_3I_2 به ترتیب $0/12$ و $0/217$ به دست آمد. در جدول ۵، نتایج واسنجی مقادیر زیست توده و عملکرد محصول واقعی و شبیه سازی شده تحت تیمارهای مختلف کم آبیاری و سطوح کودی برای سال زراعی ۱۳۸۹ ارائه شده است. با توجه به شکل ۱، مقادیر واسنجی مدل به همراه پیش بینی خطای آماری R^2 برای عملکرد محصول و زیست توده برای تمامی تیمارهای مختلف کم آبیاری و سطوح کودی به ترتیب برابر با $0/97$ و $0/96$ به دست آمد.

در شرایط آبیاری معمول (100%) با کاهش مقدار کود به میزان 80% (F2) میزان زیست توده و عملکرد محصول بالاترین مقدار را دارا می باشند. با توجه به جدول ۵، مشاهده می گردد که میزان خطا در تمامی سطوح مختلف کم آبیاری و کودی کمتر از 20% درصد است. با توجه به جدول ۵، حداقل و حداکثر خطای پیش بینی خطای عملکرد مربوط به F_3I_2 و F_2I_2 به ترتیب برابر با $0/32$ و $1/375$ برآورد گردید. به طور مشابه، حداقل و حداکثر خطای پیش بینی برای زیست توده مربوط به

جدول ۵- نتایج واسنجی مقادیر واقعی و شبیه سازی شده زیست توده و عملکرد محصول تحت تیمارهای مختلف کم آبیاری و سطوح کودی برای سال زراعی (۱۳۸۹)

Table 5- Calibration results of actual and simulated biomass values and product yield under different irrigation treatments and fertilizer levels (2010)

تیمارها Treatments		زیست توده Biomass (t. ha ⁻¹)			عملکرد Yield (t. ha ⁻¹)		
سطح آبیاری Irrigation level	سطح کود Fertilizer level	مشاهده شده Observational	شبیه سازی Simulated	خطا Error %	مشاهده شده Observational	شبیه سازی Simulated	خطا Error %
I ₁	F ₁	134.225	133.98	-0.18	11.34	11.24	-0.88
	F ₂	156.723	156.468	-0.205	12.13	12.09	-0.33
	F ₃	124.141	123.873	-0.217	9.471	9.373	-1.046
I ₂	F ₁	128.135	128.169	0.026	10.141	10.096	-0.445
	F ₂	142.085	141.833	-0.178	11.073	11.038	-0.032
	F ₃	118.245	118.103	-0.012	8.553	8.438	-1.357
I ₃	F ₁	107.132	107.09	0.04	5.218	5.154	-1.241
	F ₂	111.873	111.793	-0.072	6.315	6.238	-1.238
	F ₃	99.0575	98.97	-0.088	4.286	4.245	-0.966



شکل ۱- نتایج واسنجی مدل در شبیه سازی عملکرد محصول و زیست توده، تحت تیمارهای مختلف آبیاری و سطوح کودی

Figure 1- Calibration results of model in simulation of yield and biomass under different irrigation treatments and fertilizer levels

شبیه سازی مقادیر زیست توده و عملکرد محصول در کل تیمارها کمتر از 22% درصد است. طبق نتایج، حداقل و حداکثر خطای پیش بینی عملکرد محصول F_2I_3 و F_2I_1 به ترتیب برابر با $3/65$ و $13/02$ درصد به دست آمد. به طور مشابه، حداقل و حداکثر خطای پیش بینی برای زیست توده در تیمارهای F_3I_1 و F_2I_2 به ترتیب برابر با $0/423$ و $1/22$ درصد به دست آمد. در تمام تیمارهای کم آبیاری و سطح کودی بیشترین عملکرد محصول و بیشترین میزان

صحت سنجی مدل Aquacrop

به منظور صحت سنجی مدل برای شبیه سازی عملکرد محصول و میزان زیست توده و همچنین مقایسه آنها با مقادیر واقعی از اطلاعات مربوط به سال زراعی ۱۳۹۰ استفاده گردید. در جدول ۶، نتایج مربوط به شبیه سازی تحت تیمارهای مختلف کم آبیاری و سطح کودی ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول ۶، مشاهده گردید که درصد خطای پیش بینی صحت سنجی مدل به منظور

خواهد ماند. در شکل ۲، مقادیر صحت‌سنجی مدل به همراه پیش‌بینی خطای آماری R^2 برای عملکرد دانه و زیست‌توده برای تمامی تیمارهای مختلف کم‌آبیاری و سطوح کودی ارائه شده است. مقدار ضریب همبستگی برای عملکرد محصول و زیست‌توده به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۸۱ به دست آمد

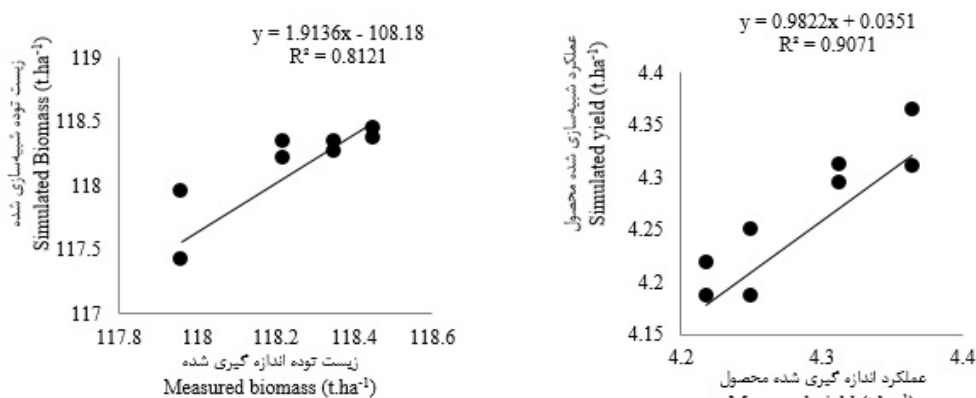
زیست‌توده تولیدی مربوط به تیمار F_2I_1 بود. بالا بودن میزان عملکرد و مقدار زیست‌توده در این تیمار مبین این نکته است که افزایش مقدار نیتروژن نمی‌تواند آثار مضر مصرف نیتروژن را جبران کند، نتایج دیگر تحقیقات (Koochakzadeh *et al.*, 2013; Thorburn, 2004) نشان داد که افزایش میزان کود تا حدی موجب افزایش عملکرد محصول خواهد شد و بعداز آن عملکرد ثابت

جدول ۶- نتایج صحت‌سنجی مقادیر زیست‌توده و عملکرد محصول واقعی و شبیه‌سازی شده تحت تیمارهای مختلف آبیاری و سطوح کودی برای سال

زراعی (۱۳۹۰)

Table 6- Validation results of simulated and actual values of biomass and yield under different irrigation treatments and fertilizer levels (2011)

تیمارها Treatments		زیست‌توده Biomass (t. ha ⁻¹)			عملکرد Yield (t. ha ⁻¹)		
سطح آبیاری Irrigation level	سطح کود Fertilizer level	مشاهده شده Observational	شبیه‌سازی Simulated	خطا Error %	مشاهده شده Observational	شبیه‌سازی Simulated	خطا Error %
I ₁	F ₁	135.186	135.425	0.176	11.623	11.186	-3.91
	F ₂	155.814	154.216	-1.036	11.876	12.325	3.65
	F ₃	124.269	123.012	-1.22	9.815	9.124	-7.57
I ₂	F ₁	128.368	129.135	0.63	10.785	11.227	3.94
	F ₂	142.112	142.715	0.423	11.412	10.895	-4.75
	F ₃	118.086	118.678	0.499	9.769	9.115	-7.17
I ₃	F ₁	107.522	108.19	0.617	5.613	5.835	3.8
	F ₂	112.012	111.438	-0.515	6.012	6.912	13.02
	F ₃	99.145	100.02	0.875	4.723	5.012	5.77



شکل ۲- نتایج صحت‌سنجی مدل در شبیه‌سازی عملکرد محصول و زیست‌توده، تحت تیمارهای مختلف آبیاری و سطوح کودی

Figure 2- Model validation results in simulation of yield and biomass under different irrigation treatments and fertilizer levels

نشان‌دهنده آن است که مدل می‌تواند پاسخ عملکرد محصول و زیست‌توده به مقدار کم آبیاری و سطوح کودی را با دقت قابل‌قبول شبیه‌سازی کند.

در پژوهش‌های مشابه (Gholizadeh *et al.*, 2014)؛ گزارش شد که مدل Aquacrop تا حدود ۹۶ درصد تغییرات عملکرد محصول را در شرایط مختلف کاشت، آبیاری کامل و کم‌آبیاری شبیه‌سازی می‌کند. همین‌طور جذر میانگین خطا بین داده‌های اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی مدل از ۰/۴۱ تا ۰/۹۶ تن در هکتار تغییر می‌کند. همچنین نتایج واسنجی مدل Aquacrop برای جو (*Hordeum vulgare*) در منطقه پاکدشت نشان داد که مدل با ضریب تعیین ۰/۹۹ و جذر میانگین

شاخص‌های آماری

تجزیه و تحلیل مربوط به شاخص‌های آماری برای میانگین دو سال داده‌ها در جدول ۷، ارائه شده است. مقدار شاخص سازگاری ویلموت (d) نزدیک به عدد یک است که نشان می‌دهد که مقادیر شبیه‌سازی شده زیست‌توده و عملکرد محصول در مدل با مقادیر واقعی آنها سازگاری دارد. همچنین R^2 به ترتیب در اکثر تیمارها نزدیک به عدد یک بوده که نشان‌دهنده توانمندی مدل در تخمین مناسب عملکرد محصول و زیست‌توده می‌باشد. نتایج دیگر جدول ۷، نشان می‌دهد که جذر میانگین مربعات خطا برای تیمارهای مختلف کم‌آبیاری و سطوح آبیاری نزدیک به صفر می‌باشد این عدد

تحقیقات آنها مقدار شاخص ویلموت برای شبیه‌سازی عملکرد محصول و پوشش گیاهی به ترتیب برابر با ۰/۹۹ و ۰/۹۹ گزارش شده است. طی نتایج مشابه (Salemi *et al.*, 2015; Gholizadeh *et al.*, 2014) مقدار جذر میانگین مربعات خطا مشابه نتایج این تحقیق است.

مربعات خطای ۰/۵۹ تن در هکتار، تطابق خوبی با داده‌های اندازه‌گیری شده دارد. همچنین تحقیقات دیگری (Tavakoli *et al.*, 2013; Karimi Uregani *et al.*, 2016; Andarzian *et al.*, 2011) نشان داد که مدل Aquacrop به‌خوبی توانسته است زیست‌توده و عملکرد محصول را شبیه‌سازی کند؛ در

جدول ۷- شاخص‌های آماری در تعیین درجه اعتماد مدل در برآورد، عملکرد محصول و زیست‌توده (میانگین دو سال) برای تیمارهای آبیاری و سطوح کودی مختلف

Table 7- Statistical indices in determining the amount of trust in the model for estimating yield and biomass for irrigation treatments and different fertilizer levels

تیمارها Treatments		عملکرد محصول Yield (t. ha ⁻¹)			زیست‌توده Biomass (t. ha ⁻¹)		
سطح آبیاری Irrigation level	سطح کود Fertilizer level	RMSE	R ²	d	RMSE	R ²	d
I ₁	F ₁	0.09147	0.88764	0.961	0.25608	0.99497	0.94647
	F ₂	0.0627	0.68373	0.9553	0.28522	0.98259	0.90443
	F ₃	0.10955	0.96685	0.96892	0.29567	0.33654	0.76811
I ₂	F ₁	0.05544	0.96157	0.98762	0.2392	0.8715	0.80561
	F ₂	0.0764	0.3719	0.94022	0.25686	0.9918	0.87312
	F ₃	0.1334	0.9776	0.96047	0.27753	0.94018	0.81661
I ₃	F ₁	0.081	0.78348	0.96677	0.12304	0.69379	0.9472
	F ₂	0.0858	0.74963	0.94447	0.1468	0.9566	0.9696
	F ₃	0.0449	0.92323	0.98163	0.09192	0.9876	0.96811

مختلف کم‌آبیاری و سطوح کودی مشخص شد که تیمار F₂I₁ نسبت به دیگر تیمارها دارای عملکرد بیشتر و میزان زیست‌توده بالاتری می‌باشد. بالا بودن میزان عملکرد و زیست‌توده در این تیمار بیانگر آن است که با کاهش میزان کود به ۸۰ درصد معمول نه‌تنها عملکرد محصول کاهش نمی‌یابد بلکه دارای افزایش هم خواهد بود؛ لذا افزایش بیش از حد میزان کود باعث تلفات آن می‌گردد.

در صورت کاربرد زیاد کود و عدم جذب توسط گیاهان، در اثر نفوذ آب به خاک از طریق آبیاری و یا بارندگی به خارج از ناحیه ریشه حرکت کرده و به اعماق خاک راه می‌یابد. در نتیجه‌ی این فرایند، غلظت املاح آب‌های زیرزمینی در مناطق تحت کشت به‌سرعت افزایش می‌یابد. از آنجا که کود مصرفی در این تحقیق کود اوره بوده لذا استفاده بیش از حد آن موجب افزایش نیترات خواهد گشت. نیترات از شاخص‌های مهم آلودگی منابع آب‌های سطحی، زیرزمینی و زه‌آب جاری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، می‌باشد که بر اثر کاربرد انواع کودهای شیمیایی و آلی (دامی و انسانی)، تجزیه گیاهان و دیگر باقی‌مانده‌های آلی خاک و تخلیه نامناسب فاضلاب به وجود می‌آید. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر آن است که برای کاشت نیشکر در شرایط آب‌وهوایی جنوب اهواز، با کاهش ۲۰ درصدی در مصرف کود می‌توان به عملکرد موردنظر دست یافت؛ این امر نه‌تنها کاهش هزینه‌های مربوط به کشاورزی را به همراه خواهد داشت؛ بلکه در بلندمدت اثرات سوء ناشی از مصرف بیش از حد کود را کاهش داده و ضمن افزایش محصول، برنامه‌ای راهبردی برای نیل به اهداف کشاورزی پایدار خواهد بود

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی کارایی مدل جهت شبیه‌سازی عملکرد محصول و زیست‌توده تحت تیمارهای مختلف کم‌آبیاری و سطوح کودی انجام گرفت. از آنجا که مدل مذکور بر پایه مدیریت مصرف آب و بر اساس میزان عملکرد محصول با توجه سناریوهای مختلف مدیریت آبی و خاکی پی‌ریزی شده است لذا ابزار کارآمدی برای ارائه راهکاری مناسب جهت افزایش محصول و بهره‌وری آب مصرفی می‌باشد. همچنین از آن می‌توان برای کاهش اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر میزان عملکرد محصول نیز استفاده کرد. همچنین از این مدل می‌توان ضمن بررسی گزینه‌های مختلف مدیریتی مصرف آب و ارزیابی مدل‌های محلی برای کمک به بهره‌برداران عرصه مدیریت آب در مزرعه راهکارهای مناسبی را ارائه داد.

با توجه به مطالب واسنجی و صحت‌سنجی مدل برای هر محصول با توجه به داده‌ها و اطلاعات محلی امری ضروری می‌باشد. با ارزیابی نتایج واسنجی و صحت‌سنجی مدل مشخص شد که مدل Aquacrop قادر است که عملکرد محصول و میزان زیست‌توده را به‌خوبی شبیه‌سازی نماید. به‌طوری‌که مقادیر واسنجی مدل به همراه پیش‌بینی خطای آماری ضریب تبیین برای عملکرد محصول و زیست‌توده برای تمام سطوح مختلف کودی و کم‌آبیاری به ترتیب برابر با ۰/۹۷ و ۰/۹۶ به دست آمد. همچنین در مرحله صحت‌سنجی مدل مقادیر ضریب همبستگی برای عملکرد محصول و زیست‌توده به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۸۱ به دست آمد. با بررسی تیمارهای

References

- Andarzian, B., Bannyan, M., Steduto, P., Mazraeh, H., Barati, M. E., Barati, M. A. and Rahnema, A.** 2011. Validation and testing of the AquaCrop model under full and deficit irrigated wheat production in Iran. *Agricultural water management journal*. 100(1): 1-8.
- Dinarvand, M., Andarzian, S. B., Ejtehadi H. and Farzam, M.** 2018. Evaluation of AquaCrop model for two rangeland species (*Hordeum murinum* and *Medicago polymorpha*) in Shimbar protected area, Khuzestan. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 25 (2): 388-398. (In Persian with English abstract).
- Doorenbos, J. and Kassam, A. H.** 1979. Yield Response to Water. FAO, Irrigation and Drainage Paper No. 33. Rome, FAO, 193 p.
- Emdad, M. R., Tafteh, A. and Ghalebi, S.** 2018. Validation of Aquacrop model for simulating wheat yield in different irrigation events. *Journal of Water and Soil*. 32(3): 463-473. (In Persian with English abstract).
- 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. and Steduto, P.** 2009. Simulating yield response to water of Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) with FAO-AquaCrop. *Agronomy Journal*. (101): 499-508.
- Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Hosseinpour, R., Mohiti, Z., Fazli-Estabragh, M., Rezaei, M. M., Arab, H., Kazemi-Fard, R., Fazli, B., Abdeshah, H., Sefidi, H., Rafiei, M. and Kazemian, A.** 2014. Statistics Report of Iran: Agricultural Year 2011-2012. Crop Production. Planning, Administrative & Financial Affairs of the Agricultural Organization, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Iran.
- Golabi, M. and Naseri, A. A.** 2015. Evaluation of AquaCrop model in predicting of Sugarcane yield and soil profile salinity under salinity stress. *Journal of Water and Soil Research in Agriculture*, 46(4): 685-694. (In Persian).
- Hoogenboom, G. J., White, J. W., and Messina, C. D.** 2004. From genome to crop: integration through simulation modelling. *Field Crop Research*. 90, 145 -163.
- Hosseini, S. T., Khoshravesht, M., Ziatabar Ahmadi, M. K. and Ghadami Firouzabadi, A.** 2016. Evaluation of soybean yield by AquaCrop model under salinity and deficit irrigation management. *Water Research in Agriculture*. 30 (3): 361-372. (In Persian with English abstract).
- Iqbal, M., Shen, Y., Stricevic, R., Pei, H., Sun, H., Amiri, E., Penas, A. and del Rio, S.** 2014. Evaluation of the FAO (Food and Agriculture Organization) AquaCrop 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.
- Jones, R. N.** 2000. Analyzing the risk of climate change using an irrigation demand model. *Climate Research*, 14: 89-100.
- Karimi Uregani, H., Rahimikhoob, A. and Nazarifard, M. H.** 2016. Validation and testing of the AquaCrop model for barley in Pakdasht area. *Journal of Soil and Water Research*. 47(3): 539-549. (In Persian with English abstract).
- Koochakzadeh, A., Fathi, G., Gharineh, M. H., Siadat, S. A., Jafari, S. and Alami-Saeid, KH.** 2013. Effect of the rate and split application of urea fertilizer on qualitative and quantitative yields of sugarcane ratoon. *Scientific Journal of Agriculture*, 36 (3): 119-129. (In Persian).
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C. and Fereres, E.** 2009. Reference manual annexes. *AquaCrop- the FAO crop model to simulate yield response to water*, Rome, Italy.
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C. and Fereres, E.** 2012. Reference manual AquaCrop, *FAO Land and Water Division*, Rome, Italy.
- Razzaghi, F., Zhenjiang, Z., Andersen, M. N. and Plauborg, F.** 2017. Simulation of potato yield in temperate condition by the AquaCrop model. *Agricultural Water Management*. 191: 113-123.
- Salemi, H. R., Andarzian, B. and Gavanji, S.** 2015. Assessment of yield optimization and water use for local rice under water deficit conditions in Nekuabad irrigation network in Isfahan, Iran. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 16 (2):25-40. (In Persian with English abstract).
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Raes, D. and Fereres, E.** 2009. Aquacrop-The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles. *Agronomy Journal*. 101:426-437.
- Tavakoli, A. R., Liaghat, A. and Alizadeh, A.** 2013. Soil water balance, sowing date and wheat yield using AquaCrop model under rainfed and limited irrigation. *Agricultural Engineering Research*. 14, 41-55. (In Persian).
- Thorburn, P. J.** 2004. Review of nitrogen fertilizer research in the Australian sugar industry. Final report. 125 p.
- Xiuliang, J., Zhenhai, L., Chenwei, N., Xingang, X., Haikuan, F., Wenshan, G. and Jihua, W.** 2018. Parameter sensitivity analysis of the AquaCrop model based on extended fourier amplitude sensitivity under different agro-meteorological conditions and application. *Field Crops Research*. 226: 1-15.

Evaluation of sugarcane yield affected as irrigation level and fertilizer by using Aquacrop model

Farzad Haghazari¹, Mahshid Ghanbarian^{2*}, Ali Sheini Dashtegol³, Vida Varnaseri Ghandali⁴

¹Ph.D. student of irrigation and drainage at University of Zabol, Zabol, Iran

²Ph.D. student of irrigation and drainage at Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

³Ph.D. student of irrigation and drainage at Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

⁴Ph.D. student of agricultural ecology at University of Zabol, Zabol, Iran

*Corresponding Author: Mahshid.ghanbarian@gmail.com

Received: 25 April 2019

Accepted: 06 December 2019

DOI: 10.22034/csrar.2020.119085

Abstract

Increasing water use efficiency in order to more produce in the agriculture section has special importance. Therefore, simulation of plant growth stages and, consequently, prediction of product yield lead to better planning and more efficient management in the production process. The present study was conducted with the aim of predicting yield and sugarcane biomass at ratoon stage in the third year of planting, with AquaCrop model in Amir Kabir Agro-industry Co. with three levels of full irrigation or 100% water requirement (I₁), 75% (I₂) and 55% water requirement (I₃) and three levels of 100% manure requirement of sugarcane plant to nitrogen fertilizer (F₁), 80% (F₂) and 60% (F₃) with four replications in 2010-2011. For calibration of the model, the calibration values with the prediction of statistical error of R² for yield and biomass for all levels of fertilization and irrigation were 0.97 and 0.96 respectively. In the validation stage, the yield of the product was simulated in different conditions of irrigation management, and it was compared with actual yield, and the correlation coefficients for the yield of the product and the biomass was estimated to be 0.91 and 0.81, respectively. The results showed that F₂I₁ has higher yield and biomass than other treatments and with the 20% reduction in fertilizer application, the desired yield could be achieved. This will reduce agricultural costs and, in the long run, will also eliminate the negative effects of excessive fertilizer use and, while increasing production, will be a strategic plan for achieving sustainable agricultural objectives.

Key words: Biomass, Calibration, Sensitivity analysis, Validation