Archive of SID

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۳، خرداد - تیر ۱۳۹۸، ص. ۴۲۵-۴۱۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 13, Jan.-Jul. 2019, p. 417-425

تعیین مناسب ترین عمق آب آبیاری گیاه گندم با استفاده از مدل Aquacrop در راستای ارتقا کارایی مصرف آب

محمدرضا امداد[1*]، آرش تافته[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۹

چکیده

رشد گیاهان زراعی فرآیند پیچیده‌ایی است و عوامل متعددی را در بر می‌گیرد. با توجه به اینکه اعمال سناریوهای مختلف آبیاری در شرایط میدانی زمان بر و پر هزینه می باشد. این تحقیق در دو سال زراعی ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ در منطقه حمیدیه خوزستان انجام شد که از نتایج بدست آمده در سال اول بمنظور واسنجی و از نتایج سال دوم زراعی برای اعتبار سنجی مدل استفاده گردید. نتایج نشان داد که با در نظرگیری دور آبیاری متعارف گندم در منطقه(۴ تا ۵ نوبت آبیاری) و عمق کاربرد آب آبیاری ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلی‌متر، امکان افزایش عملکرد دانه گندم به میزان ۳۰ درصد و کاهش حجم مصرف آب به مقدار حدود ۴۶ درصد نسبت به شرایط معمول زارع وجود دارد. کارایی مصرف آب گندم در شرایط معمول منطقه حدود ۰/۳۲کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب مصرفی بوده که با اعمال مدیریت آبیاری بر اساس عمق آب کاربردی مصرفی در بازه ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلی‌متر به مقدار ۰/۷۸کیلوگرم دانه بر متر مکعب قابل افزایش می باشد. اعتبارسنجی مدل آکواکراپ نشان داد که مدل آکواکراپ در شبیه سازی عملکرد و کارایی مصرف آب بترتیب با خطای ۵ و ۱۳ درصد از کارایی و دقت مناسبی بمنظور شبیه سازی عملکرد برخوردار می باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری نواری، حمیدیه ، عمق آب کاربردی ، گندم

مقدمه

نظر به محدودیت منابع آب در کشور و لزوم مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی، استفاده از مدیریت ها و راهکارهایی که بتوان با صرف هزینه و وقت کمتر تغییرات عملکرد و کارایی مصرف آب را شبیه سازی نمود حائز اهمیت می باشد. در این ارتباط استفاده از مدل‌های گیاهان زراعی در بسیاری از کشورها برای شبیه سازی واکنش گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی و روش‌های مدیریتی متفاوت در دهه‌های مختلف معرفی و توسعه داده شده‌اند، یکی از اهداف مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی، استفاده از آنها برای پیش‌بینی عملکرد محصول می‌باشد.

رشد گیاهان زراعی فرآیند پیچیده‌ایی است و عوامل متعددی را در بر می‌گیرد. کاربرد مدل‌ها محدودیتهای جغرافیایی و محیطی را کاهش داده و در مورد گیاهان زراعی و باغی مختلف با درنظر گیری مراحل فنولوژیک منطقه ای قابل تعمیم می‌باشند. مدل‌هایرشدو نمو گیاهان زراعی از ابزارهای بسیار مهم در مطالعه و بررسی سیستم‌های کشاورزی بوده و از آنها می‌توان در رفع نیاز روزافزون به تصمیم گیری ها و یا سناریو های مدیریتی مختلف و نیز پیش‌بینی عملکرد و کارایی مصرف آب گیاهان در راستای ارتقای کارایی مصرف آب استفاده کرد. با توجه به اینکه بررسی عوامل محدود کننده عملکرد محصول در مناطق مختلف نیاز به انجام تحقیقات متعدد و هزینه‌بر دارد، لذا استفاده از این مدل ها می‌تواند شایان توجه باشد. یکی از مدل های معرفی شده و مورد توصیه سازمان خوارو بار جهانی (FAO) که اولین نسخه آن در سال ۲۰۰۷ ارائه گردید و عمده تمرکز آن بر مدیریت آب و آبیاری می باشد مدل آکواکراپ می باشد. مدل AquaCrop بر مبنای فرآیندهای بیوفیزیکی پیچیده بنا شده و قابلیت شبیه‌سازی عملکرد، کارآیی مصرف آب در شرایط مدیریت‌های مختلف آبیاری، شبیه‌سازی عملکرد در شرایط تنش و مدیریتهای کم آبیاری، شبیه‌سازی عملکرد در شرایط مدیریتهای مختلف زراعی، خاک و آب در راستای برنامه‌ریزی مناسب در راستای بهبود مدیریت آبیاری و ارتقاء کارایی مصرف آب را داراست(Steduto et al., 2009).

علیزاده و همکاران(۱۳۸۹) مدلAquaCrop را برای گندم در

۱-استادیار، بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲-استادیار، بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*-نویسنده مسئول: Email: emdadmr591@yahoo.com)

www.SID.ir

Archive of SID

منطقه کرج مورد ارزیابی قرار دادند. کارایی مدل درشبیه‌سازی عملکرد و کارایی مصرف آب گندم در شش تیمار آبیاری ۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد نیاز آبی و تیمار تک آبیاری مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آنها نشان داد برای دور آبیاری ۷ روزه، مدل در پیش‌بینی عملکرد دانه و کارایی مصرف آب قابلیت خوبی داشته در حالی که در دور آبیاری ۱۴ روزه این دقت کاهش می یابد. فراهانی و همکاران(۲۰۰۹) مدل AquaCrop را برای رشد پنبه در منطقه شمال سوریه مورد ارزیابی قرار دادند. در تحقیق آنها از تیمار های ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی برای آبیاری استفاده شد. در تیمار های بالای ۸۰ درصد کم آبیاری، خطای مدل ۱۰ درصد گزارش شد و در سایر تیمارها این خطا به ۳۲ درصد افزایش پیداکرد. این نتایج نشان داد که مدل با دقت مناسبی می تواند سناریوهای آبیاری را مورد ارزیابی قرار دهد که این مستلزم واسنجی مناسب مدل در مقیاس مزرعه‌ای می باشد. تامیا و همکاران(۲۰۱۶) مدل AquaCrop را برای گندم در منطقه موراکو بر اساس درجه – روز واسنجی کردند. نتایج نشان داد که مدل می‌تواند مقادیر تبخیر– تعرق را با خطای ۰/۲۲ میلی متر بر روز و عملکرد دانه را تا ۰/۰۶ تن در هکتار برآورد کند. از این رو می توان از این مدل جهت تعیین عملکرد گیاهان در صورت واسنجی مناسب استفاده نمود. تودوروویس و همکاران(۲۰۰۹) دو مدل پایه ای Cropsyst و Wofost را با مدل Aquacrop در منطقه حاره‌ای مدیترانه در جنوب ایتالیا در کشت آفتابگردان تحت سه رژیم مختلف آبیاری شامل تیمارهای آبیاری کامل، کم آبیاری تنظیم شده و دیم مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل Aquacrop کمتر از دو مدل مذکور نیاز به داده ورودی داشته ضمن اینکه این مدل، مقدار ماده خشک تولیدی و عملکرد را در مرحله برداشت مشابه با دو مدل دیگر تعیین می‌کند.

مدل Aquacrop صرفا بر اساس تعرق گیاه و ماده خشک تولیدی در نتیجه تعرق گیاه بوده درحالیکه مدل Cropsyst بر اساس در نظرگیری معیار آب و تشعشع عمل می‌کند. همچنین مدل Wofost بر اساس روش استفاده از کربن و جزء تشعشع جذب شده شبیه سازی رشد را انجام می‌دهد. لذا مدلAquacrop با وجود اینکه ساده سازی شده است شبیه‌سازی مناسبی را نسبت به دو مدل دیگر ارائه نمود. قربانیان کردآبادی و همکاران(۱۳۹۳)، دقت مدلAquaCrop را در شبیه‌سازی عملکرد اندام هوایی و تبخیر–تعرق ذرت در شرایط متفاوت بافت خاک(سه تیمار بافتی شامل،لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی) و در سه سطح حاصلخیزی در منطقه جی و قهاب اصفهان بررسی نمودند. میانگین خطای نرمال شده در برآورد وزن تر اندام هوایی ذرت در مرحله واسنجی و صحت سنجی به ترتیب ۰/۸۷٪ و ۰/۶۷٪ بدست آمد. پیش بینی تبخیر–تعرق ذرت در طول فصل رشد توسط مدل با میزان خطای بیشتری همراه بود. اروائه و عباسی(۱۳۹۳) در ارزیابی مدل AquaCrop برای محصول کلزا گزارش کردند که عملکرد محصول، تغییرات رطوبت خاک، عمق توسعه ریشه و وزن اندام هوایی به خوبی توسط این مدل شبیه‌سازی شده است. در این تحقیق مقدار ریشه میانگین مربعات خطا برای عمق توسعه ریشه و وزن توده اندام هوایی به ترتیب برابر ۰/۰۸ متر و ۱/۶ تن بر هکتار بدست آمد. کارائی مصرف آب اندازه گیری شده در مزارع به ترتیب ۰/۴۴ و ۰/۴۳ کیلوگرم بر متر مکعب و مقدار بدست آمده توسط مدل ۰/۴۳ و ۰/۳۹ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد شد که نشان دهنده سازگاری بالای مدل می باشد. خرسند و همکاران(۱۳۹۳)، با در نظر گرفتن سطوح مختلف شوری و کم آبیاری بر روی گیاه گندم، با استفاده از مدل AquaCrop عملکرد دانه، رطوبت و شوری خاک در تیمارهای مختلف را پیش بینی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل AquaCrop در پیش بینی شوری عصاره اشباع در مقایسه با عملکرد دانه و رطوبت خاک خطای بیشتری دارد.

استریکویک و همکاران(۲۰۱۴)، اثر کم آبیاری و افزودن کود نیتروژن بر عملکرد ذرت و بهره وری آب طی سال های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ در دهلی را با استفاده از AquaCrop شبیه سازی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل مذکور از دقت خوبی در برآورد زیست توده و وزن دانه ذرت برخوردار است(میانگین ریشه مربعات خطا در این تحقیق ۰/۲۹ تا ۰/۴۲ تن بر هکتار). همچنین نتایج نشان داد که دقت مدل با افزایش سطح تنش کاهش می یابد به طوریکه کمترین دقت در تیمار بدون افزودن کود و تیمار حداکثر کم آبیاری حاصل شد. میزان خطای مدل AquaCrop در شبیه سازی کارایی مصرف آب ۲/۳۵ تا ۲۷/۵ درصد گزارش شد.برخی منابع دقت مدل را با افزایش تنش آب کم و برخی منابع با تنش آب تغییری در دقت مدل گزارش نکرده اند که این موضوع به دقت اندازه گیری های زراعی و گیاهی و نیز واسنجی مدل بستگی دارد. در شرایطی که داده های مورد نیاز مدل با دقت بالایی اندازه گیری و یا تعیین گردند، مدل از قابلیت بالایی در شبیه سازی پارامتر های گیاهی برخوردار خواهد بود.سالمی و همکاران(۲۰۱۱)، اثر کم آبیاری بر عملکرد گندم زمستانه و بهره وری آب را طی سالهای ۲۰۰۱ و ۲۰۰۴ در کبوترآباد اصفهان با استفاده از AquaCrop شبیه سازی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل مذکور از دقت خوبی در برآورد زیست توده و وزن دانه برخوردار است(میانگین ریشه مربعات خطا در این تحقیق ۲/۳۱ تا ۵/۶۳ تن بر هکتار و انحراف معیار ۰/۷– تا ۱۲٪ می باشد). نتایج نشان داد که دقت مدل با تشدید تنش آبی کاهش می یابد. قنبری و توسلی(۲۰۱۳)، در دو سال زراعی اثر کم آبیاری و افزودن کود نیتروژن بر عملکرد گندم و بهره وری آب در شیروان را با استفاده از مدل AquaCrop شبیه سازی نمودند. در این تحقیق ۴ تیمار آبیاری کامل، ۸۰ درصد، ۶۰ درصد و بدون آبیاری به همراه ۴ تیمار کودی ۰، ۱۰۰، ۱۷۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار مورد بررسی واقع شد. نتایج

www.SID.ir

Archive of SID

تحقیق نشان داد که مدل مذکور از دقت خوبی در برآورد عملکرد دانه برخوردار است(میانگین ریشه مربعات خطا کمتر از ۱۳ درصد گزارش گردید). همچنین نتایج نشان داد که دقت مدل با افزایش سطح تنش کاهش یافته، به طوریکه کمترین دقت در تیمار بدون کود با حداکثر تنش آبی حاصل شده است. رحیمی خوب و همکاران(۱۳۹۳)، به منظور ارزیابی مدل AquaCrop برای ذرت علوفه‌ای در منطقه قزوین، پارامتر درجه روز رشد را که یکی از متغیرهای ورودی مدل است مورد ارزیابی و واسنجی قرار دادند. نتایج بیانگر این مطلب بود که با انتخاب مقدار ۱۲۰۰ درجه روز از کاشت بذر تا شروع مرحله پیری برای واریته سینگل گراس ۷۰۴ کمترین خطای شبیه سازی بدست آمده است. شاخص‌های آماری ریشه میانگین خطا، ضریب تبیین و میانگین انحراف خطا به ترتیب برابر ۱/۵ و ۰/۹۳ و ۰/۵ تن در هکتار گزارش گردید.

بابازاده و سرائی(۱۳۹۱)، به منظور ارزیابی مدل AquaCrop در منطقه کرج بر روی گیاه سویا در سال زراعی ۱۳۷۸(خاک لومی) آزمایشی با ۴ تیمار آبیاری کامل، کم آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد کمبود رطوبتی خاک و آبیاری موضعی منطقه ریشه در حد ۵۰ درصد رطوبت اجرا کردند. در همه تیمارها عملکرد محصول، تبخیر-تعرق گیاهی و کارایی مصرف آب سویا شبیه سازی قابل قبولی(با درصد خطای کم)را ارائه داد (با درصد خطا کمتر از ۴/۶ درصد). ماکزیمم خطا درتیمار آبیاری کامل(تیمار شاهد) ۵/۹۷ گزارش شد. آرایا و همکاران(۲۰۱۰)، در اتیوپی واکنش گیاه جو را به آب بررسی و وزن توده هوایی، عملکرد تحت مدیریت کم آبیاری، آبیاری کامل و تاریخ کاشت را با استفاده از مدل AquaCrop شبیه سازی کردند. نتایج نشان داد که مدل به خوبی وزن توده هوایی و عملکرد محصول را شبیه سازی می کند. مهربان(۲۰۱۳)، ۴ تیمار آبیاری کامل، ۸۰، ۶۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی رابه منظور ارزیابی مدل AquaCrop در شبیه سازی عملکرد گندم در زابل بررسی نمود. نتایج نشان داد که مدل می تواند مقدار بیوماس و عملکرد دانه گندم را به خوبی شبیه سازی نماید. مقدار کارایی مصرف آب شبیه سازی شده نسبت به مقادیر شبیه سازی شده بیوماس و عملکرد گندم از دقت کمتری برخوردار بود. میزان RMSEدر برآورد مقدار بیوماس، عملکرد دانه و WUE به ترتیب برابر ۳/۲٪، ۵/۹٪ و ۱۶/۲ درصد گزارش گردید.

مونتیا و همکاران(۲۰۱۶) مدل AquaCrop را برای شبیه‌سازی عملکرد سیب زمینی در اسپانیا ارزیابی نمودند. تیمار های آبیاری اعمال شده عبارت بودند از تیمار ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی که نتایج آنها نشان داد مدل به خوبی در همه این شرایط برآورد مناسبی را از عملکرد نشان می دهد. این نتایج نشان داد بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی روی می‌دهد.با توجه به اینکه امکان اجرای سناریوهای متفاوت آبیاری در عرصه های تولید امکان پذیر نمی باشد لذا استفاده از این مدل این امکان را فراهم می آورد تا پس از واسنجی و صحت سنجی بتوان از این مدل در شرایط متفاوت استفاده نمود. نظر به اینکه مدل آکواکراپ مدلی با تمرکز بر آبیاری و سناریوهای متفاوت و تاثیرگذار بر آبیاری بوده که بر اساس آن شبیه سازی عملکرد صورت می پذیرد لذا صحت و دقت استفاده از این مدل در راستای اعمال سناریو های متفاوت و تاثیرگذار آبیاری مستلزم کالیبراسیون و اعتبارسنجی این مدل می باشد.

با توجه به اینکه عمق آب آبیاری یکی از عوامل مهم و تاثیر گذار بر عملکرد و کارایی مصرف آب می باشد و در منطقه مورد مطالعه (حمیدیه خوزستان) نیز حجم آب داده شده به مزارع گندم متغیر است لذا این موضوع عملکرد گندم را تحت تاثیر قرار داده و ضروری است که عمق مناسب آبیاری بمنظور افزایش کارایی مصرف آب برای کشاورزان منطقه توصیه گردد. بنابراین این پژوهش پس از واسنجی و اعتبار سنجی مدل آکواکراپ و در راستای تاثیر تغییر عمق آب آبیاری بر عملکرد گندم منطقه(کشت غالب) و ارائه توصیه های مدیریتی آبیاری برای افزایش کارایی مصرف آب اجرا و پیاده سازی شده است. همچنین با توجه به اینکه عمق آب آبیاری نقش مهمی بر کارایی مصرف آب آبیاری داشته و در بیشتر مزارع گندمکاری حمیدیه(خوزستان) این شاخص پایین می باشد و نیز قابلیت مدل اکواکراپ در شبیه‌سازی عملکرد گندم با تغییر عمق آب آبیاری بررسی نشده است، لذا در این مقاله با واسنجی مدل، سناریوهای مختلف مدیریتی از نظر عمق کاربردی آب آبیاری(با توجه به تعداد آبیاریهای معمول منطقه حمیدیه خوزستان) بعنوان متغیر اصلی در نظر گرفته شده و تاثیر آن بر عملکرد و کارایی مصرف آب در کشت گندم مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.

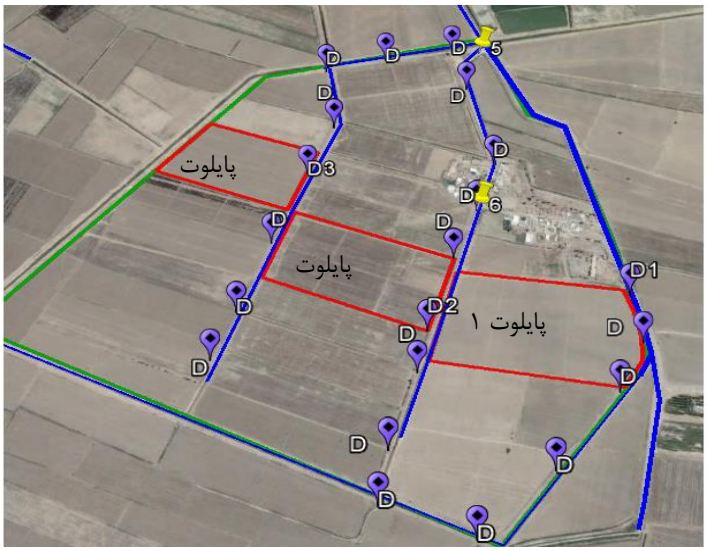
مواد و روش ها

این پژوهش به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۳) در خوزستان (منطقه حمیدیه) اجرا گردید. از اطلاعات سال اول بمنظور کالیبراسیون مدل و از اطلاعات سال دوم بمنظور اعتبار سنجی و صحت سنجی مدل استفاده گردید. در این ارتباط در سال اول سه مزرعه ۱۰ هکتاری انتخاب و در مزارع منتخب اندازه گیری های آب، خاک، عملکرد، در شرایط کشت زارع انجام گردید. در این راستا و بمنظور اجرای پژوهش سه پایلوت منتخب (هر یک به مساحت ۲۰۰۰ متر مربع) انتخاب گردید(شکل ۱).

کشت گندم در این منطقه به صورت سنتی بوده و آبیاری به روش نواری (طول ۲۰۰ با عرض ۱۰ متر) انجام پذیرفت. کاشت گندم (رقم چمران) با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ و در ۱۵ آبان ۹۳ انجام شد. در ابتدا با نمونه برداری مرکب از دو عمق خاک (۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر) از سه پایلوت انتخاب شده، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه گیری گردید. نتایج برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- پایلوت های منتخب(حمیدیه، خوزستان)

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک پایلوت های منتخب

عمق (cm)	بافت خاک	pH	FC ($\%\Theta_V$)	PWP ($\%\Theta_V$)	AW ($\%\Theta_V$)	Pb ($g.\ cm^{-3}$)	EC ($dS.m^{-1}$)	SAR
۰-۳۰	C-L	۷/۸	۳۱/۹	۱۹/۰	۱۲/۹	۱/۴۸	۴/۵	۴/۳
۳۰-۶۰	C-L	۷/۸	۳۶/۴	۲۳/۰	۱۳/۴	۱/۵۳	۵	۵/۱

همانگونه که ملاحظه می گردد بافت خاک قطعات انتخاب شده لوم‌رسی(C-L) بوده که محدودیتی از نظر شوری برای کاشت گندم ندارد. تعداد نمونه ها ۹ عدد که در ۳ عمق ۰ تا ۲۵ ، ۲۵ تا ۴۵ و ۴۵ تا ۶۰ سانتی متر بمنظور انجام تجزیه های فیزیکی از خاک برداشت گردید. محدوده تغییرات ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک بترتیب از ۲۵/۸ تا ۴۱/۷ و ۱۴/۳ تا ۲۹ درصد متغیر است. همچنین تغییرات جرم مخصوص ظاهری خاک بین ۱/۴۷ تا ۱/۵۴ گرم بر سانتی متر مکعب بود. تنش آبی در مدل آکواکراپ به‌وسیله رابطه دورنبوس و کاسام(۱۹۷۹) و بر اساس نسبت تبخیر-تعرق واقعی به تبخیر-تعرق پتانسیل در نظر گرفته می‌شود. این مدل حرکت نمک در خاک را بر اساس معادلات حاکم بر زهکشی و نیز بر پایه صعود مویینگی و پتانسیل تبخیر از سطح خاک شبیه‌سازی می‌نماید. داده‌های ورودی این مدل شامل پارامترهای اقلیمی بوده که با استفاده از نرم‌افزار جانبی این مدل مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع تعیین و سپس در قالب اطلاعات ورودی در اختیار مدل آکواکراپ قرار داده می‌شود. داده‌های گیاهی، اطلاعات خاک و برنامه‌ریزی آبیاری موردنیاز در این مدل بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در هر سه پایلوت منتخب برای مدل تعریف شد. بمنظور واسنجی مدل از نتایج ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک (بافت خاک، ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم خاک، جرم مخصوص ظاهری، شوری آب و خاک)، تاریخ کاشت و برداشت، مراحل فنولوژی گندم (طول هر یک از دوره های فنولوژی گندم) و مدیریت آبیاری (نوبت و عمق آب آبیاری) که نتایج آن در جداول ارائه شده مورد استفاده قرار گرفت.

در این راستا اطلاعات مراحل فیزیولوژی گندم شامل تعداد روز از کاشت بذر تا ظهور(۱۰تا ۱۴ روز)، تعداد روز از کاشت تا رسیدن به ماکزیمم پوشش(۹۵ تا ۱۰۵ روز)، تعداد روز از کاشت تا پیرشدن برگها(۱۳۵ تا ۱۴۵ روز)، تعداد روز از کاشت تا رسیدن(۱۶۰ تا ۱۷۰ روز)، طول دوره گلدهی(۱۰ تا ۱۴ روز)، ماکزیمم عمق موثر ریشه ها(۳۰ تا ۳۵ سانتی متر) به همراه عملکردکل، عملکرد دانه، شاخص برداشت در مزارع منتخب تعیین و بمنظور واسنجی مدل آکواکراپ مورد استفاده واقع شد. شوری آب آبیاری مورد استفاده در پایلوت ها ۱/۹ دسی زیمنس بر متر بوده و طبق طبقه بندی ویلکوکس این آب در کلاس C3-S1 (شوری زیاد و نسبت جذبی سدیمی کم) قرار گرفته و محدودیتی برای کاشت گندم و تاثیری بر کاهش عملکرد ایجاد نمی کند.

با توجه به شرایط تخصیص آب در شبکه آبیاری پایلوت های اجرایی، کشاورزان ۴ الی ۵ نوبت اقدام به آبیاری گندم می نمایند که حجم آب آبیاری بکار رفته در هر نوبت آبیاری مازاد بر نیاز آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

گندم می باشد. لذا تعیین عمق آب آبیاری مناسب در این ۴ نوبت جهت افزایش بهره وری آب در واحد مزرعه حائز اهمیت می باشد. در این راستا تعداد نوبت های آبیاری و متوسط حجم آب آبیاری داده شده به گندم در مراحل مختلف رشد در جدول ۲ ارائه شده است. همانگونه که از جدول ملاحظه می گردد در سال اول تعداد ۵ نوبت آبیاری (با حجم کل ۹۵۰۰ متر مکعب در هکتار) در اختیار گیاه قرار گرفته است.

جدول۲- حجم آب مصرفی گندم در نوبت های آبیاری (سال اول)

نوبت آبیاری	حجم آب آبیاری (m^3/ha)
۱	۲۰۰۰
۲	۱۸۰۰
۳	۱۸۰۰
۴	۲۰۰۰
۵	۱۹۰۰

متوسط حجم آب مصرفی پایلوت ها حدود ۹۵۰۰ مترمکعب در هکتار (۹۵۰ میلی متر) بوده که با توجه به نیاز آبیاری گندم در اهواز (۴۵۰ میلی متر) زیاد می باشد. برداشت گندم در اواخر فروردین ماه انجام شد. مقادیر عملکرد دانه و بیوماس در جدول ۳ ارائه شده است.

متوسط عملکرد دانه گندم در سال اول حدود ۳ تن در هکتار (با شاخص برداشت ۰/۴۱ درصد) و متوسط کارایی مصرف آب در مزارع مورد نظر حدود ۰/۳۲ کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب مصرفی می باشد. بنابراین همانگونه که ملاحظه می گردد مدیریت مصرف آب مناسبی در شرایط بهره برداران گندمکار منطقه اعمال نمی گردد.

از اطلاعات و آمار هواشناسی روزانه در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ (شامل درجه حرارت ماکزیمم و مینیمم، رطوبت نسبی حداقل و حداکثر، سرعت باد، ساعات آفتابی) به همراه آمار بارندگی از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک اهواز در راستای تعیین تبخیر – تعرق سطح مرجع و بمنظور شبیه سازی عملکرد به همراه اطلاعات خاک و مراحل فنولوژی استفاده گردید.

جدول ۴ تغییرات بارندگی ماهانه را به ترتیب برای سال زراعی ۹۴-۹۳ و ۹۵-۹۴ نشان می دهد. مقدار کل بارندگی در بازه زمانی مهر تا آخر فروردین ماه (زمان برداشت گندم) برای سال اول و دوم به ترتیب ۱۳۷ و ۲۲۱ میلی متر بوده است.

جدول ۳- میانگین عملکرد کل و دانه گیاه گندم

پایلوت های منتخب	عملکرد دانه Kg/ha	عملکرد کل Kg/ha	شاخص برداشت %	WUE Kg/m^3
مزرعه ۱	۳۰۵۷	۷۴۳۳	۰/۴۱	۰/۳۲
مزرعه ۲	۳۲۱۹	۸۱۶۳	۰/۳۹	۰/۳۴
مزرعه ۳	۲۸۹۵	۶۷۰۴	۰/۴۳	۰/۳۰
میانگین	۳۰۵۷	۷۴۳۴	۰/۴۱	۰/۳۲

جدول ٤- توزیع بارندگی در ماهای مختلف فصل کشت گندم بر حسب میلی متر (۹۵-۹۳)

سال زراعی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین
۹۴-۹۳	۸/۶	۱۰/۶	۳۸/۶	۵/۱	۹/۱	۲۹/۸	۳۴/۲
۹۵-۹۴	۰	۷۸/۸	۵۲/۴	۵۲/۹	۰	۲۶/۰	۱۱/۳

با توجه به داده های گیاهی برداشت شده از سطح پایلوت های منتخب و نیز آمار و اطلاعات هواشناسی مدل آکواکراپ واسنجی شد. همچنین عملکرد گندم در سناریو های مختلف عمق آب آبیاری(از ۸۰ تا ۱۴۰ میلی متر) شبیه سازی گردید. در سال دوم سه پایلوت منتخب دیگر در نظر گرفته شد و تغییرات عمق آب آبیاری در قالب سناریو های مختلف بمنظور اعتبار سنجی مدل مورد استفاده واقع گردید.

نتایج و بحث

در این ارتباط با توجه به اطلاعات هواشناسی و داده های گیاهی و مزرعه ای اندازه گیری شده که از سطح مزارع در سال اول برداشت شده بود، مدل آکواکراپ واسنجی و تغییرات عملکرد گندم با عمق های مختلف آبیاری با استفاده از مدل شبیه سازی شد. با توجه به اینکه تعداد نوبت های آبیاری معمول منطقه ۴ تا ۵ نوبت آبیاری می باشد(حجم آب مصرفی متعارف اندازه گیری شده ۹۵۰۰ مترمکعب در هکتار با متوسط عملکرد دانه ۳/۷ تن در هکتار با کارایی مصرف آب ۰/۳۹ کیلوگرم بر متر مکعب). لذا در ابتدا با استفاده از نتایج میدانی تغییرات عملکرد گندم شبیه سازی شده با ۴ و ۵ نوبت آبیاری مورد بررسی و ارزیابی واقع شد. جدول ۵ نتایج عملکرد گندم شبیه سازی شده را در شرایط ۴ و ۵ نوبت آبیاری را ارائه می نماید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- نتایج تغییرات عملکرد گندم شبیه سازی شده با اعمال ٤ و ٥ نوبت آبیاری

نوبت آبیاری	عملکرد دانه تن در هکتار	عملکرد کل تن در هکتار	تبخیر- تعرق میلی متر	حجم آب مصرفی متر مکعب در هکتار	کارایی مصرف آب کیلوگرم دانه بر متر مکعب
۴	۴/۲	۱۰/۱	۳۰۵	۷۶۰۰	۰/۵۵
۵	۴/۲	۱۰/۳	۳۲۰	۹۴۰۰	۰/۴۵

همانگونه که از جدول ۵ ملاحظه می گردد عملکرد شبیه سازی شده گندم (۴/۲ تن در هکتار) به همراه کارایی مصرف آب (۰/۵۵ کیلوگرم دانه بر مترمکعب) در ۴ نوبت آبیاری بیشتر از ۵ نوبت آبیاری می باشد لذا تعداد ۴ نوبت آبیاری برای اعتبارسنجی در سال دوم انتخاب گردید. در این راستا عمق های مختلف آبیاری(۸۰ تا ۱۴۰ میلی متر در هر نوبت آبیاری) در سه پایلوت مختلف شبیه سازی و نتایج عملکرد و سایر اجزای آن در جدول ۶ ارائه گردیده است. شایان ذکر است که تعداد نوبت های آبیاری معمول آبیاری گندم در منطقه ۴ تا ۵ نوبت و متوسط عمق آب آبیاری در هر نوبت بین ۱۸۰ تا ۲۰۰ میلی متر (۹۵۰۰ مترمکعب در هکتار) بوده است.

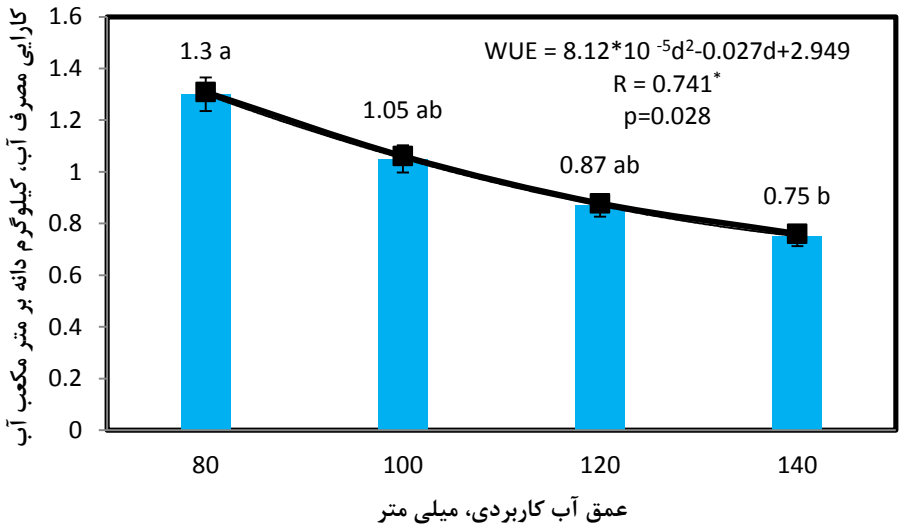
جدول٦- نتایج تغییرات عملکرد گندم شبیه سازی شده در شرایط مختلف عمق آب کاربردی با مدل AquaCrop

پایلوت	عمق آب کاربردی میلی متر	عملکرد دانه تن در هکتار	عملکرد کل تن در هکتار	حجم آب مصرفی متر مکعب در هکتار	کارایی مصرف آب کیلوگرم دانه بر متر مکعب
۱	۸۰	۳/۱	۷/۹	۳۲۰۰	۰/۹۷
	۱۰۰	۳/۱	۷/۹	۴۰۰۰	۰/۷۷
	۱۲۰	۳/۱	۷/۹	۴۸۰۰	۰/۶۴
	۱۴۰	۳/۱	۷/۹	۵۶۰۰	۰/۵۵
۲	۸۰	۴/۸	۱۱/۸	۳۲۰۰	۱/۵
	۱۰۰	۴/۹	۱۱/۹	۴۰۰۰	۱/۲۲
	۱۲۰	۴/۹	۱۱/۹	۴۸۰۰	۱/۰۲
	۱۴۰	۴/۹	۱۱/۹	۵۶۰۰	۰/۸۷
۳	۸۰	۴/۶	۱۱/۱	۳۲۰۰	۱/۴۴
	۱۰۰	۴/۶	۱۱/۱	۴۰۰۰	۱/۱۵
	۱۲۰	۴/۶	۱۱/۲	۴۸۰۰	۰/۹۶
	۱۴۰	۴/۶	۱۱/۱	۵۶۰۰	۰/۸۲
میانگین	۸۰	۴/۲	۱۰/۳	۳۲۰۰	۱/۳۰
	۱۰۰	۴/۲	۱۰/۳	۴۰۰۰	۱/۰۵
	۱۲۰	۴/۲	۱۰/۳	۴۸۰۰	۰/۸۷
	۱۴۰	۴/۲	۱۰/۳	۵۶۰۰	۰/۷۵

چنانچه از جدول ۶ ملاحظه می گردد عمق آب کاربردی ۱۰۰ تا ۱۴۰ میلی متر تفاوتی را در عملکرد دانه و کل گندم ایجاد نکرده و موجب کاهش کارایی مصرف آب شده است. میانگین نتایج شبیه سازی عملکرد در سه پایلوت مورد بررسی نشان داد که با عمق ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلی متر در هر نوبت آبیاری، امکان دستیابی به عملکرد دانه حدود ۴/۲ تن در هکتار با کارایی مصرف آب(۰/۹۶ کیلوگرم دانه بر مترمکعب) میسر می‌باشد که نسبت به سایر سناریوهای دیگر عمق آبیاری مناسب‌تر می باشد. با توجه به شبیه سازی انجام شده مقدار شوری خاک در ناحیه ریشه در عمق آب آبیاری معادل ۸۰ میلی متر حدود ۵/۵ دسی زیمنس بر متر برآورد شده است(متوسط شوری پروفیل خاک اندازه گیری شده تا عمق ۶۰ سانتیمتری ۵ دسی زیمنس بر متر می باشد). این مقدار نزدیک به آستانه تحمل گندم به شوری(۶ دسی زیمنس بر متر) بوده، لذا عمق آب آبیاری۸۰ میلی متر و کمتر از آن از نظر اجرایی و شرایط شوری ایجاد شده در منطقه ریشه، قابل توصیه نمی باشد. شکل ۲ تغییرات کارایی مصرف آب را در نتیجه اعمال عمق های مختلف آب آبیاری نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- تغییرات کارایی مصرف آب در شرایط عمق آب کاربردیمختلف

همانگونه که از شکل ۲ ملاحظه می شود تغییرات کارایی مصرف آب با تغییر عمق آب کاربردی از روند کاهشی و معنی دار برخوردار است. همچنین عمق آب کاربردی ۸۰ تا ۱۲۰ میلی متر از نظر تغییر در کارایی مصرف آب تاثیر مشابه داشته (اختلاف معنی دار نبوده است). از طرف دیگر عمق آب کاربردی ۱۴۰ میلی متر با افزایش حجم آب مصرفی، کارایی مصرف آب پایینی داشته است(۰/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی). بنابراین عمق آب کاربردی حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلی متر با متوسط کارایی مصرف آب ۰/۹۶ کیلوگرم عملکرد دانه بر مترمکعب آب مصرفی از نظر اجرایی مناسب و قابل توصیه و کاربرد می باشد.

نتایج سال دوم که بمنظور اعتبارسنجی مدل آکواکراپ در شرایط پایلوت های منتخب حاصل گردید نشان داد که با کاربرد عمق آب آبیاری حدود ۱۲۰ میلی متر (۵۰۹۴ مترمکعب در هکتار) عملکرد دانه گندم حدود ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار می گردد. نتایج نشان می دهد که مدل در برآورد عملکرد دانه حدود ۵ درصد خطا داشته است. همچنین کارایی مصرف آب اندازه گیری شده برای تولید دانه در این شرایط ۰/۷۸ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمده که نسبت به مقدار مشابه شبیه سازی شده آن (۰/۸۸ کیلوگرم بر متر مکعب) به مقدار ۱۳ درصد خطا دارد. جدول ۷ مقادیر حجم آب مصرفی، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در پایلوت های اندازه‌گیری شده را با مقادیر شبیه-سازی شده توسط مدل مقایسه و ارائه می نماید. سایر سناریوهای آبیاری شبیه سازی شده در خصوص صفات عملکرد، حجم آب مصرفی و کارایی مصرف آب در جدول ۶ ارائه گردیده و در جدول ۷ نتایج حاصل از سناریوی عمق مناسب آبیاری (۱۰۰ تا ۱۲۰ میلی متر در هر نوبت آبیاری) بمنظور دقت و کارایی مدل آکواکراپ ارائه شده است.

جدول۷- مقایسه مقادیر حجم آب مصرفی، عملکرد گندم و کارایی مصرف آب شبیه سازی شده با مقادیر اندازه گیری شده در سال دوم

پارامتر	مقادیر شبیه سازی شده	مقادیر اندازه گیری شده	خطای مدل %
حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	۴۸۰۰	۵۰۹۴	۶
عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	۴۲۰۰	۴۰۰۰	۵
کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۰/۸۸	۰/۷۸	۱۳

با توجه به نتایج حاصله ملاحظه می گردد که با انتخاب سناریوی مدیریت آبیاری بر اساس ۴ نوبت آبیاری و عمق آب آبیاری ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلی متر در شرایط منطقه امکان افزایش عملکرد گندم تا حدود ۴ تن در هکتار میسر بوده و در این ارتباط مدل آکواکراپ عملکرد و کارایی مصرف آب را با دقت بالایی شبیه سازی نموده است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری کلی

نظر به اینکه مدل آکواکراپ جنبه های مختلف آب، خاک و گیاه را به صورت توام در نظر گرفته و تمرکز آن بر مدیریت آب و آبیاری می باشد، بنابراین واسنجی و اعتبارسنجی این مدل در شرایط مختلف بمنظور شبیه سازی عملکرد(با دقت مناسب) حائز اهمیت است. با در نظرگیری شرایط متعارف نوبت های آبیاری در منطقه (۴ تا ۵ نوبت) و عمق کاربرد آب آبیاری ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلی متر نتایج نشان داد که امکان افزایش عملکرد دانه به میزان ۳۰ درصد و کاهش حجم مصرف آب به مقدار حدود ۴۶ درصد نسبت به شرایط معمول زارع وجود دارد. اعتبارسنجی مدل آکواکراپ نشان داد مدل آکواکراپ در شبیه سازی عملکرد و کارایی مصرف آب بترتیب با خطای ۵ و ۱۳ درصد از کارایی و دقت مناسبی بمنظور شبیه سازی برخوردار است.

منابع

بابازاده، ح. و سرایی تبریزی، م. ۱۳۹۳. بررسی مدل آکواکراپ در شرایط مدیریتی کم آبیاری سویا. مجله آب و خاک. جلد ۲۶ شماره ۲ ص ۳۲۹ الی ۳۳۹.

Abedinpour, M., A. Sarangib, T.B.S. Rajputb, Man Singhb, H. Pathakc, T. Ahmadd.2012. Performance evaluation of AquaCrop model for maize crop in a semi-arid environment.Agricultural Water Management.Volume 110, July 2012, Pages 55–66.

Afshar, A., and Neshat, A. 2013.Evaluation of Aqua Crop computer model in the potato under irrigation management of continuity plan of Jiroft region, Kerman, Iran.International journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 1(12): 1669-1678.

Doorenbos, J. and A. H. Kassam. (1979)."Yield response to Water." irrigation and drainage. Paper No. 33, Food and Agricultural.Organization. Rome. Italy.

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 of Quinoa to Water Availability with AquaCrop.Agronomy journal. 101: 499–508.

Guendouz, A. Hafsi, M. Khebbat, Z. Achiri, A. 2014. Performance evaluation of aquacrop model for durum wheat (Triticum durum Desf.) crop in semi-arid conditions in Eastern Algeria.International journal of Microbiology and Applied Sciences. 3. 2. 168-176.

Iqbal M, Shen Y, Stricevic R, Pei H, Sun H, Amiri E, Penas A and del Rio S. 2014. Evaluation of the FAO 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.

Khalili, N., K, Davari., A, Alizadeh., M, Najafi and H, Ansari. (2014). Simulation of rainfed wheat yield using AquaCrop model, Case study: Sisabrainfed researches station, NorthenKhorasan, Journal of Water and Soil, 28 (5), 930-939.(In Persian, Abstract in English).

Kumar P., Sarangi A., Singh D.K. and Parihar S.S. (2014), evaluation of aquacrop model in predicting wheat yield and water productivity under irrigated saline regimes, irrigation anddrainage.63, pages 474–487.

Mehraban, A., 2013. Simulation of wheat yield by Aqua Crop model.International Journal of Farming and Allied Sciences. 2(21), 939-943.

Montoya, F., D. Camargo, J.F. Ortega, J.I. Córcoles, ,A. Domínguez.2016. Evaluation of Aquacrop model for a potato crop under different irrigation conditions.Agricultural Water Management.Volume 164, Part 2, Pages 267–280.

Raes D, Steduto P, Hsiao TC and Fereres E. 2012. Reference manual AquaCrop, FAO, Land and Water Division, Rome, Italy.

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." Journal of Agronomy ., 101:426–437.

Todorvic M., Albrizio R., Zivotic L., Abi Saab M., Stocle C., and Steduto P. 2009. AssesmentofAquacrop, Cropsyst, and Wofost models in the simulation of sunflower Growth under different water regimes. Agronomy journal.101:509-521.

Toumia, J., S. Er-Rakib, J. Ezzaharc, S. Khabbaa, L. Jarland, A. Chehbounid.2016.Performance assessment of AquaCrop model for estimating evapotranspiration, soil water content and grain yield of winter wheat in Tensift Al Haouz (Morocco): Application to irrigation management. Agricultural Water Management.Volume 163, Pages 219–235.

Zhang W1, Liu W, Xue Q, Chen J, Han X.2013. Evaluation of the AquaCrop model for simulating yield response of winter wheat to water on the southern Loess Plateau of China.Water Science Technology.68(4):821-8.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 13, Jan.-Jul. 2019, p. 417-425

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۳، خرداد - تیر ۱۳۹۸، ص. ۴۲۵-۴۱۷

Determining the Most Suitable Depth of Irrigation Water of Wheat Plant Using the AquaCrop Model in Order to Increase Water Use Efficiency

M.Reza Emdad*[1] , A. Tafteh[2]

Recived: Dec.01, 2018 Accepted: Apr.18, 2019

Abstract

The growth of agronomic plants has a complex process and involves several factors. In field condition, considering the different irrigation scenarios are time-consuming and costly so, the use of models after calibration and validation makes it possible to simulate yield and water use efficiency with acceptable accuracy. This research was carried out in Hamidyeh- Khouzestan region in two years from 2014 to 2016. The results of first year were used for calibration and the results of the second year were used for validation the model. The results showed that with considering the conventional irrigation intervals in the area (4 to 5 irrigation intervals for wheat cultivation) and the depth of application of irrigation water varying from 100 to 120 millimeters, it is possible to increase wheat grain yield by 30 percent and reduce water consumption by about 46 percent than farmer's usual conditions. The water use efficiency of wheat in conventional condition in that region is about 0.32 kg of grain yield per cubic meter of water consumption. This value can be increased by applying irrigation management based on the depth of applied water consumption in the range of 100-120 mm in the amount of 0.78 kg of grain yield per cubic meter. Validation of the AquaCrop model showed that the AquaCrop model in wheat grain yield and water use efficiency simulation, respectively, had a 5 and 13 percent error. Therefore, it can be concluded that this model has the proper performance and accuracy for simulation wheat yield and water use efficiency.

Keywords: Surface irrigation, Hamidieh, Water application depth, Whea

1-Assistant Professor, Irrigation and Soil Physics Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2-Assistant Professor, Irrigation and Soil Physics Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: emdadmr591@yahoo.com)

www.SID.ir