نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هشتم، شماره چهارم، تابستان ۱۳۹۸

ISSN 2251-7480

اثربخشی راهکارهای مدیریتی کاهش مصرف آب کشاورزی در مرودشت – خرامه

امید رجا[۱]، مسعود پارسی نژاد[۲]* و تیمور سهرابی[۳]

۱) دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، البرز، ایران.

۲) دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، البرز، ایران.

*نویسنده مسئول مکاتبات: parsinejadmasoud@gmail.com

۳) استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، البرز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۷

چکیده

هدف اصلی از انجام این مطالعه بررسی اثربخشی راهکارهای مدیریتی غیره‌سازه‌ای ممکن بدون نیاز به تغییر سیستم آبیاری و صرف هزینه مضاعف برای مصرف بهینه آب کشاورزی در سطح مزرعه شامل ارتقاء راندمان آب آبیاری، تغییر تاریخ کاشت و اعمال کم‌آبیاری با توجه به ترکیب و سطح زیرکشت موجود در منطقه، در نواحی مختلف محدوده مطالعاتی (دشت‌های مرودشت و خرامه استان فارس) بود. مداخلات مدیریتی در نظر گرفته شده با استناد به اطلاعات و شرایط واقعی مدیریت آبیاری (مقدار، تعداد آبیاری و ...) در منطقه است. هدف اصلی بهبود مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی در جهت پیشگیری از تداوم برداشت مازاد از منابع آب زیرزمینی قرار داشت. اطلاعات لازم مستقیماً از ۱۵۸ مزرعه بنحوی‌که معرف پراکنش شرایط موجود کل منطقه باشد جمع‌آوری شد و سناریوهای الگوی بهبود راندمان آبیاری، بر مبنای ارتقا وضع موجود به راندمان برتر در منطقه قرار داده شد. نتایج نشان داد، بهبود راندمان آبیاری برای کشت‌های غالب در دو منطقه درودزن و کربال، به‌ترتیب منجر به صرفه‌جویی در تامین آب تخصیصی به میزان (٪ ۱۱/۲) ۱۳۱/۵ و (٪ ۱۰/۸۳) ۳۳/۸ میلیون مترمکعب شد. نتایج حاصل از سناریوی تغییر تاریخ کاشت در بازه متعارف کشت محصولات مختلف در منطقه، با استفاده از مدل شبیه‌سازی AquaCrop نشان داد به میزان (٪ ۲/۷) ۳۱/۶ و (٪ ۲/۹۴) ۹/۱۷ میلیون مترمکعب می‌توان در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. در عین حال با بررسی سناریوهای مدیریت آبیاری (انتخاب سطوح تخلیه مجاز و دور آبیاری متفاوت)، نتایج به‌دست آمده نشان داد الگوهای مختلف کم‌آبیاری می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان به‌ترتیب (٪ ۷/۳) ۸۵/۸ و (٪ ۸/۴) ۲۶/۲ میلیون متر مکعب در دو منطقه درودزن و کربال شود. دستاورد اصلی این مطالعه، ارائه اثربخشی راهکارهای مدیریتی غیرسازه‌ای در جهت صرفه‌جویی مصرف در بخش کشاورزی است. در مجموع این بررسی نشان می‌دهد که در بسیاری از مواقع می‌توان با پذیرش حداقل هزینه و تحت ساختار موجود و حتی بدون لزوم تغییر الگوی کشت به میزان قابل توجهی در مصرف آب صرفه‌جویی کرد.

کلید واژه‌ها: صرفه‌جویی؛ مدیریت؛ راه‌کارهای غیره‌سازه‌ای؛ پایداری منابع آب.

مقدمه

در کشور ما که از لحاظ منابع آب دچار کمبود آب است، مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب ارزیابی دقیق نیاز آبی، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود. در این راستا مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی برآورد دقیق نیاز آب آبیاری (IWR[1]) حائز اهمیت است (Droogers *et al.*, 2010 و نجفی و ستار، ۱۳۸۴). از آنجا که ارتقاء بهره‌وری آب و امنیت غذایی در سیاست‌های کلی بخش کشاورزی کشور و رسیدن به جایگاه اول اقتصادی در سطح منطقه در کنار محیط زیست مطلوب در سند

[1] Irrigation Water Requirement

چشم‌انداز ۱۴۰۴ مورد توجه قرار گرفته است. لذا مطالعه و مدل‌سازی تأثیر عوامل مؤثر در ارتقای بهره‌وری و صرفه‌جویی آب کشاورزی از اهمیت و ضرورت خاصی برخوردار است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد از طریق تحویل آب مورد نیاز در زمان مناسب، استفاده از ارقام پر محصول، کشت گیاهان مقاوم به تنش رطوبتی و شوری، عملیات خاک‌ورزی مناسب و استفاده از فنون پیشرفته آبیاری و راه‌کارهایی از قبیل کم‌آبیاری برای صرفه‌جویی در مصرف آب میسر خواهند بود. روش آبیاری مزرعه تاثیر مهمی روی راندمان کاربرد آب آبیاری دارد (سهرابی و عباسی، ۱۳۸۸). همچنین ارتقای راندمان سامانه‌های آبیاری لزوماً به افزایش بهره‌وری آب منجر نمی‌گردد و از این رو در ارزیابی سامانه‌های آبیاری و در ارزیابی اقدامات و راهکارهای فنی و مدیریتی اتخاذ شده بایستی راندمان و بهره‌وری در کنار هم و به‌صورت تلفیقی بررسی گردد (Cai and Sharma, 2010). معرف‌پور و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی به ارزیابی راندمان آبیاری بر روی سه مزرعه شبکه آبیاری و زهکشی زرینه رود پرداختند. راندمان‌های به دست آمده قابل قبول ارزیابی شد. همچنین نتایج نشان داد در صورتیکه متولیان شبکه‌های آبیاری از برنامه عملی و عملیاتی خوبی در تحویل و توزیع آب به کشاورزان برخوردار باشد و آب در دسترس کشاورزان در حد مورد نیاز باشد، کشاورزان غالباً قادر به اعمال یک مدیریت مطلوب آبیاری در محدوده زراعی خود هستند. تناوب زراعی عامل مهمی است که در بحث مدیریت کشاورزی مورد توجه قرار می‌گیرد و همچنین به طور مستقیم بر روی تاریخ کاشت تاثیر گذار است (خواجه‌پور، ۱۳۶۵). به‌عنوان مثال در تحقیقی بهترین تاریخ کاشت آفتابگردان به‌منظور دستیابی به بیش‌ترین عملکرد و بهره‌وری آب را در لبنان، ماه آوریل گزارش دادند (Saab *et al.*, 2014). نتایج آزمایشات شیری و همکاران (۱۳۹۵) که بر روی ذرت و در منطقه‌ای از مغان ایران انجام گرفت نشان داد که کشت در دهه اول اردیبهشت از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دانه بهینه‌تر از پنجم تیر است. در راستای افزایش و بهبود کارایی مصرف آب، توجه روز افزونی به اعمال مدیریت کم آبیاری می‌شود. در شرایط خشکسالی و کم‌آبی، تکنیک کم‌آبیاری با یک تنش رطوبتی ملایم که حداقل تأثیر سوء را بر تولید محصولات زراعی می‌تواند با تولید حداکثری محصول به ازای هر واحد آب آبیاری، سبب افزایش سود اقتصادی محصول شود (بوستانی و همکاران، ۱۳۹۳). در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر گزینش الگوی کشت بهینه ی فرآورده‌های کشاورزی در شرایط بحران آب در استان فارس پرداخته شد. نتایج نشان داد که با اعمال کم‌آبیاری کامل به جای کم‌آبیاری در الگوی جاری و کاهش سطح زیر کشت تا سطح استفاده از موجودی آب، امکان افزایش درآمد مزرعه‌ی نماینده وجود دارد. علاوه بر آن، بسته به شدت بحران و اندازه کمبود آب، نحوه‌ی تصمیم‌گیری برای تعیین راهبرد آبیاری و الگوی کشت در شرایط خشکسالی متفاوت است، به شکلی که اگر کاهش سطح تامین آب به بیش از نصف موجود برسد، اتخاذ راهبرد کم‌آبیاری بهترین گزینه برای استفاده‌ی بهینه از زمین و کمینه‌ی آب موجود خواهد بود. در این خصوص، با پذیرش کاهش عملکرد برای بعضی از فرآورده‌ها و تغییر الگوی کشت آن‌ها منطبق با درآمد نهایی حاصله از هر واحد مصرف آب، می‌توان به کم‌ترین کاهش در بازه‌ی برنامه‌ای مزرعه دست یافت (بوستانی و همکاران، ۱۳۹۰)..

مدل‌های CROPWAT و AquaCrop از جمله مدل‌هایی هستند که در شبیه‌سازی نیاز آبی و آبیاری و بررسی سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرند. مدل CROPWAT که از طرف سازمان خواربار جهانی (فائو) ارائه شده، یک مدل ساده بیلان آب است که برآورد تبخیر – تعرق را در شرایط تنش رطوبتی گیاه و محاسبه میزان کاهش محصول و عکس‌العمل گیاه به تنش آبی را میسر می‌سازد (رمضانی اعتدالی و همکاران، ۱۳۹۵؛

Banerjee, 2016). در مدل CROPWAT فواصل مختلف کشت برای محصولات مختلف ثابت و از پیش تعیین شده است. البته وجود داده‌های کامل و صحیح برای اجرای مدل‌های مدیریتی آبیاری مانند CROPWAT ضروری است (Kuo *et al.*, 2001). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد مدل CROPWAT در برآورد تبخیر – تعرق مرجع، تبخیر – تعرق واقعی و آب آبیاری برای گیاهان زراعی و باغی از کارائی قابل قبول برخوردار است (Mansouri and Menani, 2017; Khattak, 2017).

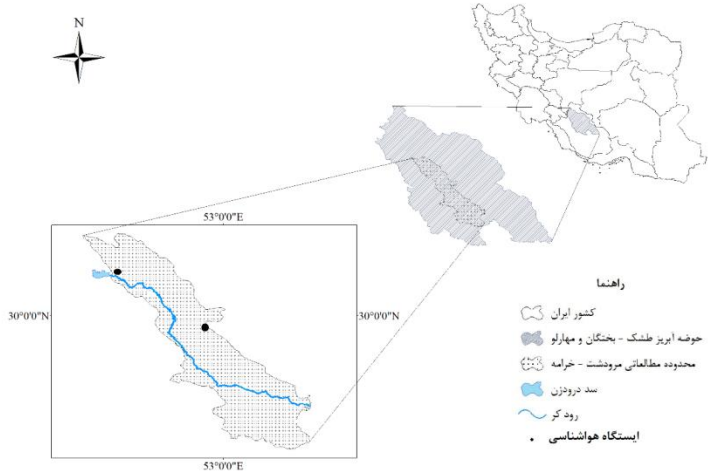
مدل AquaCrop برآورد آب مصرفی گیاه بر اساس پایش رطوبت خاک در منطقه ریشه انجام می‌دهد که تحت سناریوهای مختلف می‌تواند عملکرد محصول، نیاز آبی گیاه و کارائی مصرف آب گیاه را تحت شرایط مختلف از جمله کم‌آبیاری و تغییر تاریخ کاشت شبیه‌سازی کند (Salemi *et al.*, 2011). نتایج مطالعات مختلف برای محصولات گندم، جو، برنج، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، چغندرقند، نشان می‌دهد مدل شبیه‌سازی AquaCrop با توجه به امکان تعریف و تأثیر شرایط مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد محصول، می‌تواند بعنوان ابزاری کارآمد برای بهبود مدیریت مصرف آب در مزرعه و افزایش بهره‌وری آب مورد استفاده قرار گیرد (Geerts Farahani *et et al.*, 2009; Heng *et al.*, 2009; Andarzian *al.*, 2009; Garcia-Vila *et al.*, 2009; *et al.*, 2011; Tavakoli *et al.*, 2015).

در یک مطالعه مجزا نتایج مطالعات در محدوده مطالعاتی مرودشت – خرامه استان فارس ابتدا مقدار آب برداشت شده از منابع آب سطحی و زیرزمینی در طی دوره ۹۵ - ۱۳۸۵ به ترتیب به میزان ۱۱۷۴/۵ و ۳۱۲ میلیون متر مکعب برای شبکه مدرن درودزن و شبکه سنتی کربال مورد بررسی قرار گرفت (رجا و همکاران، ۱۳۹۷). افزایش سطح زیر کشت، کاهش نزولات آسمانی و تداوم خشکسالی در سال‌های اخیر سبب کاهش شدید منابع آب سطحی و در نتیجه برداشت بی‌رویه از منابع زیرزمینی و در نهایت موجب افت شدید سطح منابع آب زیرزمینی در این دشت شده است. با توجه به محدودیت منابع آب قابل دسترس در محدوده مرودشت – خرامه اهمیت بررسی راهکارهای مدیریت آب در جهت افزایش بازده آبیاری و کاهش تلفات آب در جهت پایداری منابع آب منطقه و در عین حال تداوم سطح کشت و بهبود وضعیت معیشت کشاورزان را بیش از پیش نشان می‌دهد.

در این راستا هدف از انجام این مطالعه ارائه سناریوهای مختلف بهبود راندمان آبیاری با توجه به شرایط برتر موجود در منطقه و امکان سنجی صرفه‌جویی در مصرف آب از طریق تغییر تاریخ کاشت و کم‌آبیاری و پیشگیری از اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی مرودشت – خرامه است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی منطقه مرودشت – خرامه با مساحت ۳۹۴۱ کیلومتر مربع بین طول‌های جغرافیایی ′۱۵ -°۵۲ تا ′۲۷ -°۵۳ شرقی و عرض های ′۱۹ -°۲۹ تا ′۲۵ -°۳۰ شمالی، در مرکز حوضه آبریز دریاچه‌های طشک- بختگان و مهارلو واقع شده است (شکل۱). از آن‌جا که تبخیر – تعرق مرجع (ET_O) وابسته به پارامترهای هواشناسی است، در این مطالعه از اطلاعات هواشناسی سال زراعی ۹۴ - ۱۳۹۳ دو ایستگاه سینوپتیک درودزن و تخت جمشید به ترتیب برای شبکه آبیاری و زهکشی مدرن درودزن و سنتی کربال جهت برآورد نیاز آبی گیاهان محصولات غالب منطقه استفاده شد.



شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی مرودشت – خرامه و ایستگاه‌های هواشناسی درودزن و تخت جمشید در استان فارس

دو شبکه آبیاری و زهکشی مدرن درودزن (رامجرد) و سنتی کربال در محدوده مطالعاتی مرودشت –خرامه بین سد درودزن و شهرستان‌های مرودشت و خرامه واقع شده‌اند که در نهایت به دریاچه طشک و بختگان منتهی می‌گردند. در این مطالعه با استفاده از اطلاعات هواشناسی شامل حداکثر و حداقل درجه حرارت هوا، حداکثر و حداقل رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و ساعات روشنایی و بکارگیری معادله پنمن –مانتیث فائو در نرم‌افزار CROPWAT تبخیر –تعرق گیاه مرجع محاسبه شد.

ضرایب گیاهی و طول دوره رشد در مراحل مختلف رشد کشت‌های غالب منطقه به مدل CROPWAT تعریف شد. از آنجا که ضرایب تنش آبی یکی از پارامترهای مهم ورودی در مدل است، لذا ضرایب تنش آبی در دوره‌های مختلف رشد (K_{yi}) با استفاده از مطالعات آرین و سپاسخواه (۱۳۷۰)، Hill و همکاران (۱۹۸۳) و هنر و سپاسخواه (۱۳۷۶) تعیین شد که در جدول (۱) ارائه شده است. اطلاعات مربوط به نوع خاک، ضرایب رطوبتی، حداکثر عمق ریشه و نفوذپذیری خاک متناسب با بافت خاک غالب منطقه (Silty Clay Loam) استفاده شد (جباری و همکاران، ۱۳۹۴).

جدول ۱. ضریب کاهش عملکرد گیاه به آب در مراحل رشد گیاهان غالب محدوده مطالعاتی مرودشت – خرامه

	مرحله رشد						
گیاه	استقرار	اوایل رشد رویشی	اواخر رشد رویشی	گلدهی	شکل‌گیری عملکرد محصول	رسیدن محصول	کل دوره رشد
گندم	۰	۰/۱۲	۰/۱۵	۲/۱	۰/۳۳	۰/۲	–
جو	۰	۰/۱۲	۰/۱۵	۱/۵	۰/۴	۰/۱۴	–
چغندرقند	۰/۱۲	۲	۲	–	۰/۳۶	۰/۱۲	–
ذرت	۰/۱	۱/۴۲	۱/۴۲	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۳	–
برنج	–	–	–	–	–	–	۱/۳۵

بهبود راندمان آبیاری

جهت ارزیابی شرایط مدیریتی موجود در محدوده مورد مطالعه، اطلاعات میدانی در موقعیت‌های مختلف جغرافیایی از ۱۵۸ مزرعه از قبیل (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع)، کیفیت آب آبیاری (شوری)، نوع محصول، تاریخ کاشت و برداشت، مقدار عملکرد، زمان‌بندی و تعداد آبیاری، روش آبیاری و دبی جریان از کشاورزان جمع‌آوری و تنظیم گردید. با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده، تعداد و فواصل آبیاری از کشاورزان سوال شد و دبی جریان چاه نیز مستقیماً اندازه‌گیری شد و نهایتاً مبنای مصرف مفید، مقدار خالص آبیاری برای محصولات غالب

محدوده مورد مطالعه در دو منطقه درودزن و کربال قرار داده شد. با استفاده از نرم افزار Cropwat 8.0 نیاز خالص آبی گیاهان مختلف و در نهایت نیاز خالص آبیاری با توجه به مقدار باران مؤثر در طول دوره رشد برآورد شد. در نهایت راندمان کاربرد موجود در نقاط مختلف مورد مطالعه از حاصل تقسیم نیاز خالص آبیاری به مقدار آب آبیاری مطابق با رابطه (۱) محاسبه شد.

$$E_a = \frac{ET_c - P_e}{I} \qquad (۱)$$

که در آن ETc، نیاز آبی گیاهان، Pe، باران موثر و I، مقدار آب آبیاری مصرفی است (لیاقت و همکاران، ۱۳۹۴).

این محاسبات در محدوده درودزن برای کشت‌های گندم، جو، برنج، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای و چغندرقند و در محدوده کربال برای کشت‌های گندم، جو، ذرت علوفه‌ای و یونجه به عنوان کشت‌های غالب هر دو منطقه صورت گرفت. نتایج راندمان کاربرد بدست آمده برای محصولات مختلف در مناطق مختلف مورد مطالعه در برگیرنده مقادیر متفاوتی است که بیانگر شرایط مدیریتی موجود کشاورزان مختلف است. راندمان مزارع مختلف با استفاده از رابطه (۱) به‌دست آمد که مقدار آب آبیاری برای مزارع مختلف متفاوت است، در عین حال برای صرفه‌جویی از راهکار بهبود راندمان بدون تغییر سیستم آبیاری استفاده شد. نکته قابل توجه در این بررسی آنست که راندمان‌های بهتر منطقه به‌عنوان راندمان قابل دست‌یابی مبنا قرار داده شد که در این صورت زمینه ارتقاء راندمان برای مزارع مختلف متفاوت است. میزان نیاز آبیاری در شرایط راندمان بهبود یافته برآورد شد. در نهایت با تفاضل میزان نیاز آبیاری واقعی کشاورزان محدوده و آب آبیاری در شرایط راندمان ارتقاء یافته، میزان کاهش تخصیص برآورد شد. بر این اساس میزان صرفه‌جویی در مقدار آب تخصیصی با توجه به سطح ارتقاء راندمان آبیاری برای کشت‌ها و موقعیت‌های مختلف بطور مجزا محاسبه و تعیین گردید.

سناریو تغییر تاریخ کاشت

واسنجی مدل AquaCrop برای شرایط منطقه‌ای و بر اساس عملکرد محصولات زراعی بر حسب وزن خشک[1] (DY_p) در منطقه مرودشت – خرامه انجام گردید. به دلیل اینکه مدل AquaCropعملکرد خشک محصولات را به عنوان خروجی در نظر می‌گیرد (Reas *et al.*, 2016)، ولی با توجه به این که محصولات ذرت علوفه‌ای و چغندرقند بر اساس وزن تر و قابل فروش گزارش می‌شوند لذا تبدیل وزن تر محصولات چغندرقند و ذرت علوفه‌ای به وزن خشک از نتایج تحقیقات متعددی که روی اجزاء عملکرد و خصوصیات این محصولات انجام گرفته، استفاده شد؛ به‌طور میانگین ۳۳ درصد از وزن تر بایومس بالای سطح زمین ذرت علوفه‌ای (Djaman, 2011) را وزن خشک و به طور میانگین ۲۵ درصد از وزن غده چغندرقند را وزن خشک تشکیل می‌دهد. بدین ترتیب جهت واسنجی مدل برای محصول ذرت علوفه‌ای، پتانسیل عملکرد کل بایومس بالای سطح زمین ذرت علوفه ای، ۲۰ تن در هکتار برای محدوده درودزن و ۱۳ تن در هکتار برای محدوده کربال و نیز پتانسیل عملکرد غده برابر با ۱۶ تن در هکتار برای چغندرقند در نظر گرفته شد. مقادیر Y_p[2] (عملکرد) مربوط به گندم، جو، ذرت دانه‌ای با توجه به اینکه بر حسب وزن دانه گزارش می‌شوند، به‌عنوان DY_p در واسنجی مدل استفاده شدند. از مدل AquaCrop به منظور در نظر گرفتن دمای هوا بر روی طول دوره رشد و برای شبیه‌سازی بهتر و متناسب با تغییرات هوا در حالت درجه روز رشد (GDD)[3] مطابق با آنچه در مقاله Steduto و همکاران (۲۰۱۲) اشاره شده است، اجرا شد. پارامترهای واسنجی شده مدل برای دستیابی به عملکرد خشک محصولات زراعی (DY_p)، شامل پارامترهای گیاهی از قبیل

[1] Dry Yield
[2] Yield
[3] Growing Degree Day

توسعه گیاه (پوشش تاج اولیه، میزان ضریب کاهش تاج گیاه)، اجزای تولید محصول (شاخص برداشت مرجع و ضریب بهره‌وری نرمال شده برای CO_2 و ET_O)، عوامل مؤثر بر تنش آبی (فاکتور شکل منحنی برای ضریب تنش آبی و رشد برگ، آستانه بالایی تخلیه رطوبت خاک، آستانه پایینی تخلیه رطوبت خاک برای رشد رویشی)، دمای پایه و دمای قطع رشد هستند. پارامترهای گیاهی که پس از واسنجی مدل، در شبیه‌سازی رشد محصولات زراعی گندم، جو، برنج، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای و چغندرقند برای محدوده شبکه درودزن و گندم، جو و ذرت علوفه‌ای برای شبکه کربال مورد استفاده قرار گرفت. خصوصیات فنولوژیکی مراحل مختلف رشد گیاهان که به‌وسیله حالت درجه – روز – رشد (GDD)AquaCrop محاسبه شدند که کلیه پارامترهای واسنجی با نتایج تحقیقاتی که قبلاً صورت گرفته مطابقت دارد و نتایج در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است (علیزاده، ۱۳۹۶؛ رمضانی اعتدالی و همکاران، ۱۳۹۵؛ کریمی اورگانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ امیری و همکاران، ۱۳۹۴؛ قربانیان کرد آبادی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Tavakoli *et al.*, 2015؛ Karandish *et al.*, 2017).

جدول۲. خصوصیات فنولوژیکی مراحل رشد گیاهان شبکه مدرن درودزن که توسط حالت GDD مدل AquaCrop در مرحله واسنجی مدل محاسبه شد.

پارامتر	واحد	گندم	جو	برنج	ذرت علوفه ای	ذرت دانه ای	چغندرقند
فاصله کاشت تا گلدهی	درجه – روز	۱۲۳	۹۸	۷۲	۸۹	۱۲۷	۹۳
فاصله کاشت تا حداکثر تاج	درجه – روز	۸۲۴	۸۵۴	۳۷۰	۱۲۴	۳۱۸	۹۱۶
فاصله کاشت تا شروع پیری	درجه – روز	۱۸۲۷	۹۲۴	۱۳۰۰	۱۴۰۹	۱۶۳۰	۱۷۰۴
فاصله کاشت تا اتمام رشد	درجه – روز	۲۵۲۹	۱۲۹۶	۱۹۰۱	۱۶۲۹	۲۰۴۷	۲۳۰۴

جدول۳. خصوصیات فنولوژیکی مراحل رشد گیاهان محدوده شبکه سنتی کربال که توسط حالت GDD مدل AquaCrop در مرحله واسنجی مدل محاسبه شد.

پارامتر	واحد	گندم	جو	ذرت علوفه ای
فاصله کاشت تا گلدهی	درجه – روز	۱۵۷	۹۲	۹۴
فاصله کاشت تا حداکثر تاج	درجه – روز	۱۰۹۲	۸۱۴	۱۲۱
فاصله کاشت تا شروع پیری	درجه – روز	۱۱۶۰	۹۴۷	۱۳۹۷
فاصله کاشت تا اتمام رشد	درجه – روز	۲۳۲۸	۱۳۰۷	۱۶۱۷

از یک تاریخ کاشت متوسط در بازه‌ی زمانی هر کشت بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده در منطقه برای واسنجی مدل، استفاده شد. در منطقه مورد مطالعه تاریخ‌های کاشت محصولات غالب در جداول ۴ و ۵

نشان داده شده است. بر همین اساس طول دوره رشد (LCM) هر یک از گیاهان بر اساس GDD محاسبه و ارائه شده است. تاریخ کشت‌های مذکور مبنای مقایسه اثر بخشی سناریوی تغییر تاریخ کاشت در مقدار آب مصرفی در طول دوره رشد متناظر هر کشت قرار داده شد (جدول‌های ۴ و ۵).

جدول ۴. اطلاعات مورد استفاده برای محدوه درودزن در واسنجی مدل Aquacrop

محصول	DY_P ($ton.ha^{-1}$)	متوسط تاریخ کاشت	متوسط تاریخ برداشت	LCM (روز)	I (mm)
گندم زمستانه	۶	۱۳۹۳/۰۸/۱۵	۱۳۹۴/۰۴/۰۳	۲۳۱	۹۵۰
جو زمستانه	۴	۱۳۹۳/۰۸/۲۵	۱۳۹۴/۰۳/۱۵	۲۰۵	۶۵۶
برنج	۶	۱۳۹۴/۰۴/۱۰	۱۳۹۴/۰۸/۰۲	۱۱۵	۱۵۲۴
ذرت علوفه ای	۲۰	۱۳۹۴/۰۴/۱۵	۱۳۹۴/۰۷/۲۱	۹۹	۹۴۶
ذرت دانه ای	۶	۱۳۹۴/۰۲/۲۰	۱۳۹۴/۰۶/۳۰	۱۳۴	۱۱۱۵
چغندرقند	۱۶	۱۳۹۳/۱۲/۱۰	۱۳۹۴/۰۶/۳۱	۲۲۶	۱۳۵۲

DY_P: عملکرد خشک گیاه، LCM: طول دوره رشد گیاه و I: عمق آبیاری کامل گیاه

جدول ۵. اطلاعات مورد استفاده برای محدوده کربال در واسنجی مدل Aquacrop

محصول	DY_P (ton/ha)	متوسط تاریخ کاشت	متوسط تاریخ برداشت	LCM (روز)	I (mm)
گندم زمستانه	۳	۱۳۹۳/۰۸/۱۵	۱۳۹۴/۰۴/۱۰	۲۳۸	۹۲۰
جو زمستانه	۲	۱۳۹۳/۰۸/۲۵	۱۳۹۴/۰۳/۲۱	۲۱۱	۶۳۰
ذرت علوفه‌ای	۱۳	۱۳۹۴/۰۴/۱۵	۱۳۹۴/۰۷/۲۵	۱۰۱	۹۴۶

DY_P: عملکرد خشک گیاه، LCM: طول دوره رشد گیاه و I: عمق آبیاری کامل گیاه

با استفاده از نرم افزار Aquacrop 6.0 آب آبیاری مورد نیاز محصولات در تاریخ‌های کاشت مختلف، البته در بازه کاشت غالب منطقه محاسبه شد. با توجه به اینکه به تعویق انداختن تاریخ‌های کاشت، متناسب با نیاز دمایی و GDD مربوط به هر گیاه، می‌تواند منجر به تغییر طول دوره کشت (LCM) برای گیاهان پاییزه و بهاره شود، در نتیجه مقدار نیاز آبیاری در طول فصل رشد متناسب با تغییر تاریخ کاشت تغییر خواهد کرد (علیزاده، ۱۳۹۶). جهت برآورد میزان صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی ابتدا نیاز آبی محصولات غالب منطقه ($ET_c - P_e$) در هر دو منطقه دوردزن و کربال برای تاریخ‌های مختلف کاشت برآورد شد. سپس تاریخ کاشت برتر برای هر محصول متناسب با حداقل نیاز آبیاری بعنوان گزینه برتر انتخاب شد. میزان صرفه‌جویی در مصرف آب برای هر محصول از مقایسه آب آبیاری مورد نیاز در شرایط موجود و شرایط تاریخ کاشت برتر بدست آمد. برای هر محصول متناسب با سطح زیر کشت و انتخاب تاریخ کشت برتر آن، میزان کل آب صرفه‌جویی شده برآورد شد.

در جدول‌های ۶ و ۷ پارامترهای گیاهی که پس از واسنجی مدل، در شبیه‌سازی رشد محصولات زراعی گندم، جو، برنج، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای و چغندرقند برای محدوده شبکه درودزن و نیز گندم، جو و ذرت علوفه‌ای برای شبکه کربال مورد استفاده قرار گرفت، نشان داده شده است.

جدول۶. پارامترهای مهم گیاهی به کار رفته در مدل Aquacrop برای شبیه‌سازی رشد محصولات زراعی محدوده شبکه مدرن درودزن

پارامتر	واحد	گندم	جو	ذرت علوفه ای	ذرت دانه ای	برنج	چغندرقند	توضیحات
پوشش تاج اولیه (CCo)	%	۴/۲	۴/۹	۰/۵۴	۰/۵۶	۶	۱	واسنجی
ضریب کاهش پوشش گیاهی در پیری (CDC)	$\%.GDD^{-1}$	۰/۵	۰/۶	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۵	۰/۳۸	واسنجی
ضریب افزایش پوشش گیاهی (CGC)	$\%.GDD^{-1}$	۰/۴	۰/۷	۱	۱	۰/۶۹	۱/۰۵	واسنجی
ضریب تعرق گیاه KcTrx		۱/۱	۱/۱	۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۱	۱/۱	واسنجی
ضریب بهره وری نرمال شده برای (CO2 و ETO)	g/m^2	۱۵	۲۲	۳۰/۷	۳۲	۱۹	۱۷	پیش فرض
ضریب عملکرد تحت شرایط افزایش غلظت CO_2	%	۵۰	۶۰	۵۰	۵۰	۵۵	۵۰	پیش فرض
آستانه بالا برای توسعه تاج گیاه	-	۰/۳	۰/۲	۰/۱۴	۰/۱۸	۰	۰/۲	پیش فرض
آستانه پایین برای توسعه تاج گیاه	-	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۴	۰/۶	پیش فرض
آستانه بالای بسته شدن روزنه ها	-	۰/۵	۰/۶	۰/۶۹	۰/۷	۰/۵	۰/۶۵	پیش فرض
فاکتور شکل برای توسعه تاج گیاه	-	۵	۳	۲/۹	۳/۱	۳	۳	پیش فرض
ضریب منحنی شکل برای تنش روزنه ها	-	۲	۳	۶	۶	۳	۳	پیش فرض
ضریب منحنی شکل برای پیری تاج گیاه	-	۰/۷	۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۵۵	۰/۷۵	پیش فرض
ضریب منحنی شکل تنش پیری	-	۲	۳	۲/۷	۲/۷	۳	۳	پیش فرض
شاخص برداشت (HI_O)	%	۴۰	۳۰	۳۱	۳۲	۳۷	۷۰	واسنجی
دمای پایه	سلسیوس	۰	۰	۸	۸	۶	۵	واسنجی
دمای بالا	سلسیوس	۲۶	۱۶	۳۰	۳۰	۳۲	۳۰	واسنجی
حداکثر عمق توسعه ریشه	m	۱/۵	۱/۳	۱/۵	۲/۳	۰/۵	۱	واسنجی

جدول۷. پارامترهای مهم گیاهی به کار رفته در مدل Aquacrop برای شبیه‌سازی رشد محصولات زراعی محدوده شبکه سنتی کربال

پارامتر	واحد	گندم	جو	ذرت علوفه ای	توضیحات
پوشش تاج اولیه (CCo)	%	۲/۷	۶/۷۵	۰/۵۴	واسنجی
ضریب کاهش پوشش گیاهی در پیری (CDC)	$\%.GDD^{-1}$	۱/۲۵	۰/۶	۰/۷۴	واسنجی
ضریب افزایش پوشش گیاهی (CGC)	$\%.GDD^{-1}$	۰/۳۵	۰/۷۲	۱	واسنجی
ضریب تعرق گیاه K_{cTrx}		۱/۰۵	۱/۱	۱/۰۵	واسنجی
ضریب بهره وری نرمال شده برای (CO_2 و ET_O)	g/m^2	۱۵	۳۳	۳۱	پیش فرض
ضریب عملکرد تحت شرایط افزایش غلظت CO_2	%	۵۰	۶۰	۵۰	پیش فرض
آستانه بالا برای توسعه تاج گیاه	-	۰/۳	۰/۲	۰/۱۴	پیش فرض
آستانه پایین برای توسعه تاج گیاه	-	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۷۲	پیش فرض
آستانه بالای بسته شدن روزنه ها	-	۰/۵	۰/۶	۰/۶۹	پیش فرض
فاکتور شکل برای توسعه تاج گیاه	-	۵	۳	۲/۹	پیش فرض
ضریب منحنی شکل برای تنش روزنه ها	-	۲	۳	۶	پیش فرض
ضریب منحنی شکل برای پیری تاج گیاه	-	۰/۷	۰/۵۵	۰/۶۴	پیش فرض
ضریب منحنی شکل تنش پیری	-	۲	۳	۲/۵	پیش فرض
شاخص برداشت (HI_O)	%	۴۰	۴۳	۱۶	واسنجی
دمای پایه	سلسیوس	۰	۰	۸	واسنجی
دمای بالا	سلسیوس	۲۶	۱۶	۳۰	واسنجی
حداکثر عمق توسعه ریشه	m	۱/۵	۱/۳	۱/۵	واسنجی

سناریو کم‌آبیاری

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در سطح منطقه از ۱۵۸ مزرعه، الگوهای مختلف آبیاری (کم‌آبیاری) در جهت صرفه‌جویی در میزان آب تخصیصی در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس کشت‌های غالب در محدوده مطالعاتی مرودشت – خرامه در هر دو منطقه درودزن و کربال سناریوهای مختلف کم‌آبیاری از قبیل کاهش عمق آب آبیاری، افزایش تخلیه رطوبتی RAW[1] و نیز افزایش دور آبیاری در سطوح مختلف با استفاده از مدل AquaCrop مورد ارزیابی قرار گرفت. هر دو عمل منجر به افزایش فاصله بین دو آبیاری می‌شود و لیکن در افزایش حد تخلیه رطوبتی مبنای زمان‌بندی آبیاری رطوبت باقیمانده در خاک است که لزوماً منجر به افزایش مشخص و ثابت نخواهد شد. حد تخلیه مجاز (MAD) متناسب با نوع خاک، عمق ریشه و شدت تبخیر – تعرق تعیین می‌شود و مبنای بررسی واقعی بودن این ضریب با توجه به تغییر زمان بندی آبیاری و افزایش درصد تخلیه قابل بررسی است. از آن جا که یکی از اهداف اصلی مطالعه کاهش برداشت از منابع آب به‌منظور به حداقل رساندن برداشت مازاد از منابع آب زیرزمینی در راستای پایداری منابع آب قرار داده شد، لذا میزان آب صرفه جویی شده متناسب با هر سناریو برآورد گردید. هر دو شاخص مقدار آب مصرفی و عملکرد متناظر تحت هر سناریو در جهت انتخاب گزینه برتر مبنا قرار داده شد. در ابتدا برای کشت‌های گندم، جو، ذرت دانه‌ای و ذرت علوفه‌ای ابتدا میزان آبیاری بر اساس نیاز خالص آب آبیاری تحت شرایط متعارف (RAW100%) برآورد شد. سپس مقادیر خالص آب آبیاری تحت شرایط افزایش تخلیه رطوبتی در سطوح مختلف (RAW120%، RAW140%، RAW160%) برآورد شد. افزایش RAW، منجر به افزایش دور آبیاری و در واقع اعمال سطوح مختلف تنش آبی در مقایسه با شرایط متعارف خواهد بود.

[1] Readily Available Water

این شرایط صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی منجر به سطحی از کاهش سطوح مختلف عملکرد گیاه خواهد بود (حقیقی و همکاران، ۱۳۹۴).

در عین حال با در نظر گرفتن عمق خالص آب آبیاری در RAW100% به عنوان مبنا، کاهش عمق آب آبیاری در سطوح مختلف (IRR80%، IRR60% و IRR40%) و تاثیر هر سناریو بر میزان آب مصرفی در طول دوره، میزان عملکرد محصولات و در نهایت میزان بهره‌وری مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به این که در مدل AquaCrop قابلیت تعریف الگوهای مختلف برنامه‌ریزی آبیاری فراهم است، میزان آب مصرفی برای کشت‌های گندم و جو با دورهای آبیاری ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ روز نیز برآورد گردید. دور آبیاری ۱۵ روز مطابق با اطلاعات جمع‌آوری شده در منطقه به عنوان مبنا در نظر گرفته شد و سپس تأثیر تغییر دور آبیاری در بازه‌های مختلف بر میزان آب صرفه جویی شده و عملکرد محصول مورد ارزیابی قرار گرفت. برآوردهای متناظر برای محصولات ذرت دانه‌ای و ذرت علوفه‌ای در دورهای آبیاری ۹، ۱۲، ۱۵ روز نیز بدست آمد. یکی از محصولات غالب محدوده درودزن برنج است، برای مدیریت و صرفه جویی در مصرف آب این محصول پر مصرف از طریق کنترل ارتفاع پشته‌ی مزرعه در حد یک و پنج سانتی‌متر در مدل مبنا قرار داده شد که بطور مستقیم بیانگر سطوح مختلف ارتفاع تیغه آب در شرایط آبیاری غرقابی (کرتی) است. در عین حال اثر بخشی تفاوت در عمق‌های آبیاری ۱۰، هشت، هفت و شش سانتی‌متر، در میزان صرفه‌جویی در آب مصرفی برنج مورد ارزیابی قرار گرفت.

پس از محاسبه‌ی مقادیر نیاز آبیاری برای هر یک از گیاهان مقدار (I) به‌عنوان آبیاری کامل و فایل ورودی آبیاری در مدل AquaCrop به منظور واسنجی اولیه مدل استفاده گردید. به‌طور خلاصه، پارامترهای گیاهی اشاره شده در بالا به منظور دستیابی به عملکرد خشک (DY_p) هر محصول با حداقل خطای نسبی (RE) واسنجی شدند.

$$RE = \left(\frac{DY_S - DY_P}{DY_P}\right) \times 100 \quad (۲)$$

در این رابطه، DY_S $(ton.ha^{-1})$ مقدار شبیه‌سازی شده عملکرد گیاهان توسط مدل است(Kamali et al., 2018).

نتایج و بحث

بهبود راندمان آبیاری

نیاز خالص آبی محصولات غالب دو محدوده درودزن و کربال با توجه به طول دوره رشد هر کشت و شرایط آب و هوایی با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT برای سال زراعی ۹۴ – ۱۳۹۳ در جدول ۸ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده نشان‌دهنده اهمیت تفکیک داده‌های هواشناسی متناسب با ایستگاه‌های معرف و نزدیک‌تر در برآورد نیاز آبی محصولات مختلف در دو منطقه مطالعه است.

جدول ۸. نیاز آبی گیاهان غالب محدوده مطالعاتی مرودشت – خرامه به تفکیک دو محدوده درودزن و کربال

محصول	نیاز خالص آبی (میلی‌متر)	باران مؤثر (میلی‌متر)	نیاز خالص آبیاری (میلی‌متر)	طول دوره رشد (روز)
		منطقه درودزن		
گندم پاییزه	۸۰۸	۲۴۶	۵۶۲	۲۴۰
جو پاییزه	۶۱۳	۲۴۶	۳۶۷	۲۳۰
ذرت علوفه ای	۵۳۳	۰	۵۳۳	۱۱۰
ذرت دانه ای	۸۱۱	۲۶	۷۸۵	۱۳۰
برنج	۸۰۳	۰	۸۰۳	۱۲۵
چغندرقند	۱۳۰۸	۵۶	۱۲۵۲	۲۲۵
		منطقه کربال		
گندم پاییزه	۵۹۶	۱۴۶	۴۵۰	۲۴۰
جو پاییزه	۴۸۷	۱۴۶	۳۴۱	۲۳۰
ذرت علوفه ای	۴۲۵	۰	۴۲۵	۱۱۰
یونجه	۱۱۵۶	۱۴۳	۱۰۱۳	۳۶۵

متوسط مقدار آب آبیاری در هر هکتار با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده میدانی در دو منطقه مطالعاتی با توجه به روش آبیاری، دفعات آبیاری و تعداد ساعات هر بار آبیاری و شدت جریان ورودی در اراضی زیر کشت محصولات غالب محدوده بدست آمد. نتایج نشان داد متوسط آب مصرفی در هر هکتار برای محصولات غالب در مناطق مختلف محدوده متفاوت بود، فلذا راندمان کاربرد آبیاری برای مزارع مختلف با توجه به نیاز خالص آبیاری (جدول ۸) و میزان آب تامین شده در مناطق مختلف بطور مجزا برآورد گردید که مقادیر آن در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۹. نتایج حاصل از بهبود راندمان در کاهش میزان آب تخصیصی در محدوده درودزن

شبکه درودزن							
محصول	متوسط آب تخصیصی در هر هکتار	سطح زیر کشت (ha)	کل آب تخصیص یافته (MCM)	کل نیاز خالص آبیاری (MCM)	دامنه راندمان (%)	راندمان بهبود یافته (%)	میزان کاهش تخصیص (MCM)
گندم	۹۹۰۰	۵۲۳۳۱	۵۱۵/۴۱	۲۹۴/۱	۳۹ – ۶۲	۵۵	۵۵/۶
جو	۹۰۲۵	۸۵۴۷	۷۷/۱۴	۳۱/۳۶	۳۲ – ۵۴	۵۲	۱۶/۱۶
برنج	۲۲۰۰۰	۷۵۸۸	۱۹۳/۰۳	۶۰/۹۳	۲۷ – ۴۲	۴۰	۴۰/۴۹
ذرت علوفه‌ای	۱۲۰۰۰	۷۴۵۸	۶۷/۰۵	۳۹/۷۵	۳۳ – ۵۲	۵۰	۱۱/۹۸
ذرت دانه‌ای	۱۷۲۰۰	۱۷۰۰	۲۹/۲۴	۱۲/۸۸	۳۹ – ۵۶	۵۰	۲/۹۳
چغندرقند	۲۲۲۰۰	۱۴۸۳	۳۲/۷۸	۱۸/۵۷	۴۵ – ۶۷	۶۵	۴/۴۸
مجموع		۷۹۱۰۷	۹۱۴/۶۴	۴۵۷/۶			۱۳۱/۵۸

برای هر کدام از محصولات، متوسط راندمان محاسبه شد. سپس سطح راندمان قابل ارتقاء به گونه‌ای انتخاب شد که چنین راندمانی در شرایط موجود با مدیریت بهتر مزرعه وجود دارد. این بررسی نشان می‌دهد بدون تأمین امکانات و تجهیزات مدرن و در شرایط مدیریتی برتر موجود در منطقه می‌توان در مصرف آب آبیاری مورد نیاز برای محصولات غالب در این محدوده که در بر گیرنده ٪۹۱ از اراضی تحت کشت است، با ارتقاء به راندمان برتر، در مجموع به میزان ۱۳۱/۵ میلیون متر مکعب صرفه‌جویی کرد. در این میان میزان صرفه جویی آب مصرفی برای کشت‌های چغندرقند، برنج و ذرت‌دانه‌ای بیش از دیگر محصولات است (جدول ۹).

میزان کاهش تخصیص یا به عبارتی صرفه‌جویی در مصرف آب برای هر کدام از محصولات غالب منطقه کربال که حدود ۸۹ درصد از اراضی آبی به محصولات گندم، جو، یونجه و ذرت علوفه‌ای اختصاص دارد درجدول (۱۰) ارائه شده است. ، با ارتقاء به راندمان برتر، در در این منطقه می‌توان در مجموع به میزان ۳۳/۸ میلیون متر مکعب صرفه‌جویی کرد (جدول ۱۰).

کاهش آب تخصیص یافته در اثر بهبود راندمان آبیاری در شرایط کمبود آب قابل دسترس (قابل تخصیص) در سال‌های کم‌آب اهمیت دارد. چرا که در شرایط محدودیت آب، امکان بهره‌برداری از حداکثر اراضی تحت کشت با حفظ عملکرد موجود امکان‌پذیر است. نگرشی نوین در خصوص مدیریت و راندمان آبیاری بیانگر این واقعیت است که مقدار صرفه‌جویی در میزان آب آبیاری در اثر بهبود راندمان آبیاری لزوماً مترادف با افزایش منابع آب قابل تأمین برای مصارف دیگر نخواهد بود چرا که سهم عمده از تلفات آبیاری (چه در قالب رواناب یا نفوذ عمقی) قابل بازیافت و استفاده مجدد است (لیاقت و همکاران، ۱۳۹۴). اهمیت این بررسی و تعیین سطح کاهش یافته آبیاری مورد نیاز، امکان تأمین آب سطح بیشتری از اراضی را در شرایط محدودیت آب قابل تخصیص فراهم می‌کند.

. جدول ۱۰. نتایج حاصل از بهبود راندمان در کاهش میزان آب تخصیصی در محدوده کربال

شبکه کربال							
محصول	متوسط آب تخصیصی در هر هکتار	سطح زیر کشت (ha)	کل آب تخصیص یافته (MCM)	کل نیاز خالص آبیاری (MCM)	دامنه راندمان (%)	متوسط راندمان بهبود یافته (%)	میزان کاهش تخصیص (MCM)
گندم	۹۲۰۰	۱۹۳۴۴	۱۷۷/۱۴	۸۷/۰۵	۳۹ – ۶۱	۵۵	۲۸/۳۵
جو	۷۸۰۰	۲۵۲۵	۱۹/۵۶	۸/۶۱	۳۴ – ۴۷	۴۵	۳/۷۸
یونجه	۲۳۵۰۰	۱۳۹۷	۳۲/۹۵	۱۴/۱۵	۳۷ – ۵۸	۵۵	۰/۶۸
ذرت علوفه‌ای	۹۸۰۰	۶۷۲	۵/۷۶	۲/۸۵	۳۳ – ۵۲	۵۰	۱
مجموع		۲۳۹۳۸	۲۳۵/۴۱	۱۱۲/۶۶			۳۳/۸

تغییر تاریخ کاشت

در ابتدا مدل AquaCrop توانست عملکرد محصولات زراعی مورد مطالعه را با کم‌ترین میزان خطای نسبی (RE) ۱/۱۲، ۰/۴۶، ۰/۰۴، ۱/۱۴–، ۰/۹۶– و ۰/۵۵ درصد RE به ترتیب برای گیاهان گندم، جو، برنج، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای و چغندرقند برای شبکه مدرن درودزن و ۰/۷۶، ۱/۳۶ و ۰/۸۲– به ترتیب برای گندم، جو و ذرت علوفه‌ای) در مرحله واسنجی مدل شبیه‌سازی کند. نتایج خطای شبیه‌سازی نشان از شبیه‌سازی خوب مدل است که با مطالعه علیزاده (۱۳۹۶) و رمضانی اعتدالی و هکاران (۱۳۹۵) مطابقت و هم‌خوانی خوبی دارد.

یکی از راهکارهای ممکن در کاهش مصرف آب آبیاری، تغییر تاریخ کشت محصولات مختلف است. تغییر تاریخ کشت می‌تواند منجر به کوتاه‌تر شدن دوره رشد، افزایش سهم باران مؤثر و در نتیجه کاهش نیاز آب آبیاری در طول دوره رشد گیاه شود. طبیعتاً تاریخ کاشت برتر متناسب با شرایط آب و هوایی و بارندگی منطقه و سال مورد نظر می‌تواند متفاوت باشد. امتیاز مدل AquaCrop در مقایسه CROPWAT در این است که امکان بررسی اینگونه سناریوها را فراهم می‌کند. نتایج حاصل از این بررسی برای منطقه درودزن در جدول ۱۱ ارائه شده است. در این بررسی تغییر تاریخ کاشت صورت گرفته بگونه‌ای بود که تاریخ کاشت و برداشت محصولات پاییزه و بهاره با هم تداخل پیدا نکند. تاریخ کاشت‌های مرسوم در منطقه درودزن در جدول (۱۱) ارائه شده است. به‌طور مشخص زمان بر بودن آماده‌سازی زمین، نیاز به نیروی کارگری و ماشین آلات برای کشت برنج سبب می‌شود کاشت این محصول از دهه اول تا دهه سوم تیر به طول انجامد. در نتیجه محصول برنج در سناریو تغییر تاریخ کاشت مورد بررسی قرار نگرفت. نتایج نشان داد با انتخاب تاریخ کاشت برتر در مجموع منجر به حدود ۳۱/۶ میلیون متر مکعب (٪ ۳/۵) صرفه‌جویی در مصرف آب خواهد شد (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. میزان آب صرفه‌جویی شده در طول دوره رشد گیاهان برای تاریخ‌های کاشت مختلف در منطقه درودزن

شبکه مدرن درودزن					
محصول	دامنه تاریخ کشت	تاریخ کشت پیشنهادی	سطح زیر کشت		آب صرفه جویی شده (MCM)
			هکتار	درصد	
گندم	دهه اول آبان – دهه اول آذر	دهه اول آبان	۵۲۳۳۱	۶۰	۲۵/۳۳
جو	دهه اول آبان – دهه اول آذر	دهه اول آبان	۸۵۴۷	۹/۸	۲/۶
برنج	دهه اول – دهه سوم تیر	–	۷۵۸۸	۸/۷	–
ذرت علوفه‌ای	دهه اول – دهه سوم تیر	دهه سوم تیر	۷۴۵۸	۸/۵	۰/۳۴
ذرت دانه‌ای	دهه اول – دهه سوم اردیبهشت	دهه سوم اردیبهشت	۱۷۰۰	۲	۲/۳۸
چغندرقند	دهه اول – دهه سوم اسفند	دهه سوم اسفند	۱۴۸۳	۱/۷	۱
مجموع			۷۹۱۰۷	۹۰/۷	۳۱/۶۴

نتایج تحقیق Walia و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که زمان مناسب کاشت برای یک محصول در مناطق مختلف متغیر است و تاریخ کاشت یک عامل مهم و تعیین کننده در تولید محصول و صرفه‌جویی در مصرف آب است. این بررسی نشان می‌دهد که میزان صرفه‌جویی در میزان آب آبیاری مورد نیاز به‌طور مشخص برای کشت گندم قابل توجه است که دلیل آن وسعت بالای اراضی تحت این کشت در منطقه است. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد با به تعویق انداختن تاریخ‌های کاشت، به‌دلیل نیاز دمایی و شرایط GDD مربوط به هر گیاه، طول دوره رشد (LCM) برای گیاهان پاییزه و بهاره به ترتیب کوتاه‌تر و طولانی‌تر می‌شود. دلیل تفاوت نسبتاً زیاد LCM گندم و جو ممکن هست به دلیل تفاوت در فیلوکرون (GDD مورد نیاز برای تشکیل برگ گیاه) این دو گیاه باشد که GDD مورد نیاز فیلوکرون برای گندم اغلب ۱۱۵–۱۰۰ درجه – روز (Frank and Bauer, 1995) و برای جو اغلب ۶۸–۶۵ درجه – روز (McMaster *et al*., 1994) است. در مجموع با مدیریت تقویم زراعی برای کشت‌های غالب منطقه کربال حدود ۹/۱۷ میلیون متر مکعب (۳/۹٪) در مصرف آب در منطقه کربال صرفه‌جویی خواهد شد (جدول ۱۲).

جدول ۱۲. میزان آب صرفه‌جویی شده در طول دوره رشد گیاهان برای تاریخ‌های کاشت مختلف در منطقه کربال

شبکه سنتی کربال					
محصول	دامنه تاریخ کاشت	تاریخ کشت پیشنهادی	سطح زیر کشت		آب صرفه جویی شده (MCM)
			هکتار	درصد	
گندم	دهه اول آبان – دهه اول آذر	دهه اول آبان	۱۹۳۴۴	۷۲	۷/۲۸
جو	دهه اول آبان – دهه اول آذر	دهه دوم آبان	۱۵۲۵	۹/۴	۰/۵۶
یونجه	دهه اول مهر – دهه دوم آبان	دهه دوم آبان	۱۳۹۷	۵/۲	۱/۰۱
ذرت علوفه‌ای	دهه اول – دهه سوم تیر	دهه سوم تیر	۶۷۲	۲/۵	۰/۳۱۵
مجموع			۲۳۹۳۸	۸۹/۱	۹/۱۷

کم‌آبیاری

از میان دیگر الگوهای مختلف صرفه‌جویی آب، مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری بود. بررسی سناریوهای مختلف کم‌آبیاری از طریق افزایش حد تخلیه مجاز (RAW)، کاهش عمق آب آبیاری (IRR) و افزایش دور آبیاری می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ٪۲/۲۳، ٪۷/۷۲ و ٪۱/۳۲ برای گندم و به میزان ٪۳/۸۳، ٪۶/۷۴ و ٪۳/۲۵ برای جو در منطقه درودزن و ٪۶/۶، ٪۸/۸۵ و ٪۵/۲۸ برای گندم و ٪ ۳/۶، ٪ ۵/۰۳ و ٪ ۱/۹۴ برای جو در منطقه کربال شود. در عین حال بررسی های انجام شده برای ذرت علوفه‌ای و ذرت دانه‌ای در منطقه درودزن نشان می‌دهد که سناریوی مختلف مدیریتی در مصرف آب به ترتیب به میزان ٪۳/۶، ٪ ۱۰/۷۴ و ٪۴/۶۲ برای ذرت علوفه‌ای به میزان ٪۲/۱۵، ٪۱۳/۳۴ و ٪۴/۱ برای ذرت دانه‌ای صرفه‌جویی در مصرف آب خواهد شد. بررسی الگوهای مدیریتی کم‌آبیاری مورد نظر برای چغندرقند در منطقه درودزن نشان می‌دهد، منجر به صرفه‌جویی آب به میزان ٪۴/۲۸، ٪۷/۰۱ و ٪۵/۱۸ خواهد شد. تحقیقات صمصامی‌پور و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که با مدیریت کم‌آبیاری می‌توان با حفظ عملکرد مطلوب و کاهش مصرف آب آبیاری، کارایی مصرف آب را افزایش داد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. بررسی سناریوهای مختلف کم‌آبیاری برای چغندرقند در منطقه درودزن نشان می‌دهد که سناریوی مدیریتی افزایش حد تخلیه در حد ۱۴۰ درصد، کم‌آبیاری در سطح ۸۰ درصد و افزایش دور آبیاری به ۲۵ روز منجر به کاهش عملکرد به ترتیب به میزان ٪۱۱/۸۷، ٪ ۱۳/۱۲و ٪۷/۵ و نیز منجر به به صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ۱/۴، ۲/۳ و ۱/۷ میلیون مترمکعب خواهد شد.

سناریوی مدیریت آبیاری برای برنج در منطقه درودزن بر مبنای کاهش تیغه آب در کرت به میزان یک و پنج سانتی‌متر و برای عمق های آبیاری ۱۰، ۸، ۷ و ۶ سانتی‌متر در مدل Aquacrop برای دو نوع خاک (خاک غالب محدوده و خاک با لایه سخت) مورد ارزیابی قرار گرفت. بافت خاک غالب منطقه Silty – Clay – Loam است که به مدل AquaCrop تعریف شد. در بررسی دیگر مقدار هدایت هیدرولیکی خاک در عمق ۵۰ سانتی متری به نصف کاهش یافت تا معرف یک لایه سخت در برابر نفوذ عمقی باشد. در این سناریو ارتفاع پشته‌ها ۲۵ سانتی‌متر، کیفیت آب ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر (کیفیت آب غالب محدوده درودزن برای کشت برنج) و نیز تیغه آب یک و پنج سانتی‌متر برای مدل تعریف شد، سپس در عمق‌های ذکر شده میزان عملکرد و عمق آب آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از مدل برای خاک با لایه سخت نشان داد که در مدیریت‌های با عمق آب آبیاری هفت سانتی متر در هر بار آبیاری و با حفظ تیغه یک و پنج سانتی‌متر، به ترتیب منجر به کاهش عملکرد ٪۱۱/۷ و ٪۱۰/۸ و صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ۱۱ و ۱۱/۵ میلیون متر مکعب خواهد شد. این بررسی نشان داد که افزایش عمق آب آبیاری به هشت سانتی متر در هر آبیاریبا توجه به کاهش دفعات آبیاری با حفظ میزان عملکرد می‌توان به ترتیب به میزان ۲۸/۲ و ۱۹/۵ میلیون متر مکعب در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. بنابراین گزینه برتر در هر دو حالت آبیاری به میزان هشت سانتی متر با حفظ حداقل تیغه آب (یک سانتی‌متر که در عمل حفظ رطوبت خاک در حد اشباع است) خواهد بود. مطالعه ذبیحی و همکاران (۱۳۹۵) نیز نشان داد می‌توان از مدل AquaCrop برای تعیین مناسب‌ترین سیستم مدیریت آب کشت برنج از نظر عملکرد محصول، کارایی مصرف آب و شوری ناحیه ریشه استفاده کرد.

به‌طور کلی با اعمال سناریوهای مختلف کم‌آبیاری برای محصولات غالب منطقه درودزن به ترتیب به روش‌های افزایش حد تخلیه (RAW)، کاهش عمق آب آبیاری (IRR) و افزایش فاصله آبیاری به ترتیب به میزان ۱۸/۶، ۵۲/۷ و ۱۴/۵ میلیون متر مکعب و در مجموع به میزان ۸۵/۸ میلیون متر مکعب در مصرف آب صرفه‌جویی

خواهد شد. همچنین در مجموع با اعمال سناریو کم‌آبیاری برای محصولات غالب منطقه کربال به ترتیب با روش‌های ذکر شده به ترتیب به میزان ۱۲/۵، ۸/۷ و ۵ میلیون متر مکعب و در مجموع به میزان ۲۶/۲ میلیون مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی خواهد شد.

نتیجه‌گیری

عدم استفاده از منابع آب تجدیدناپذیر، متضمن حفاظت و پایداری از منابع آب و از اصول اولیه مدیریت کلان و پایدار منابع طبیعی است. از چالش‌های اصلی مدیریت بهره‌برداری و مصرف از منابع آب در شرایط کم‌آبی و در مناطق با پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی، تخصیص بهینه آب در بخش‌های مختلف از جمله مصارف شهری، صنعت، محیط زیست و نهایتاً کشاورزی است. در این بین مدیریت مصرف در بخش کشاورزی بعنوان بزرگترین مصرف کننده منابع آب، نقش تعین‌کننده و مهمی را داراست. مبانی مطالعه حاضر با استناد به اطلاعات واقعی و در قالب مطالعه موردی (case study) انجام شده است. تابع هدف مطالعه صرفه جویی در مصرف آب یا هدف پیشگیری از برداشت مازاد از منابع آب زیرزمینی (پایداری سفره‌ها) قرار داده شده است. مدیریت جامع آب کشاورزی را می‌توان به دو رویکرد غیرسازه‌ای و مدیریت پرهزینه سازه‌ای (تغییر سیستم آبیاری) تقسیم کرد. از دستاوردها و ویژگی‌های بارز این مطالعه ارائه و بررسی راهکارهایی از قبیل بهبود راندمان، تغییر تاریخ کاشت و الگوهای مختلف کم‌آبیاری بر اساس شرایط واقعی موجود در منطقه است که مسلتزم تغییر سیستم آبیاری و متحمل هزینه‌های کلان در جهت تأمین امکانات و تجهیزات جدید از قبیل ماشین‌های تسطیح دقیق و غیره و حتی تغییر الگوی کشت نیست و نیز سطح زیر کشت در منطقه کاهش پیدا نکرده است. به عبارتی الگوهای مدیریتی ارائه شده شامل بررسی راهکارهای عملی است که با حداقل هزینه ممکن که بر معیشت کشاورزان تأثیر سوء نداشته باشد قابل اجرا باشد. راهکارهای بررسی شده در این مطالعه نشان داد با اعمال همین سناریوها می‌توان، برداشت مازاد صورت گرفته را کنترل کرده و برای پایداری منابع آب منطقه و صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی گام بزرگی برداشت. راهکارهای مدیریتی تکمیلی که در این مطالعه بررسی نشده از قبیل تغییر الگوی کشت مبتنی بر سیاست‌های کلان ملی (نظیر حذف کشت‌های پرآب بر (نظیر برنج)، کشت نشایی بجای کاشت بذر با ملحوظ داشتن ارزش اقتصادی محصولات، راهکارهای کاهش تبخیر مستقیم از سهم تبخیر – تعرق می‌تواند در جهت مدیریت صحیح و کارآمد از منابع آب و پیشگیری از مصرف بی‌رویه و ناپایدار از منابع آب زیرزمینی اثربخش باشد.

منابع مورد استفاده

امیری، ا.، بحرانی، ع.، خورسند، ا. و حقجو، م. ۱۳۹۴. ارزیابی مدل AquaCrop در پیش بینی عملکرد دانه و بیوماس گندم، تحت تنش کمآبی، نشریه آب و خاک، (۲) ۲۵: ۲۲۹ – ۲۱۷.

آرین، ا. و سپاسخواه، ع.ر. ۱۳۷۰. معرفی و کالیبراسیون عملکرد مدل شبیه سازی (CRSPM). چهارمین سمینار ملی آبیاری و انتقال تبخیر – تعرق. دانشگاه کرمان. کرمان.

بابازاده، ح. و سرائی‌تبریزی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی مدل AquaCrop تحت شرایط مدیریت کم‌آبیاری سویا. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی).(۲)۲۶: ۳۳۹ – ۳۲۹.

بوستانی، ف.، محمدی، ح. و معین الدینی، ز. ۱۳۹۳. پیامد سیاست‌های افزایش قیمت آب و کاهش آب آبیاری در استان فارس (رهیافت برنامه‌ریزس مثبت تصحیح شده)، مجله‌ی مهندسی منابع آب، ۷: ۷۷-۶۵.

بوستانی، ف.، محمدی، ح. و میر، ب. ۱۳۹۰. تاثیر کم‌آبیاری بر گزینش الگوی کشت بهینه‌ی فرآورده‌های کشاورزی در شرایط بحران آب: مورد استان فارس، مجله‌ی مهندسی منابع آب، ۴: ۷۴-۶۳.

جباری، س.، ابطحی، س.ع. و یثربی، ج. ۱۳۹۴. تهیه نقشه‌های پهنه بندی فیزیکوشیمیایی خاک‌های اراضی دشت مرودشت، همایش بین المللی پژوهش‌های کاربردی در کشاورزی، خرداد ۱۳۹۴.

حقیقی، ب.، برومند نسب، س. و ناصری. ع.ع. ۱۳۹۴. تاثیر مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری در روش‌های آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری بر عملکرد سیب‌زمینی و بهره‌وری آب. نشریه پژوهش آب در کشاورزی (۲)۲۹: ۱۹۳ – ۱۸۲.

خواجه‌پور، م. ۱۳۶۵. اصول و مبانی زراعت. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۱۲ صفحه.

ذبیحی، ا.، درزی نفت چالی، ع. و خوش‌روش، م. ۱۳۹۵. آنالیز و تاثیر تنش خشکی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شوری ناحیه ریشه برنج، تنش‌های محیطی در علوم زراعی. (۴)۹: ۳۸۵-۳۷۵.

رجا، ا.، پارسی‌نژاد، م. و سهرابی، ت. ۱۳۹۷. بررسی منابع آب موجود و تعیین برداشت مازاد برای مدیریت منابع آب پایدار (مطالعه موردی: منطقه مطالعات مرودشت-خرامه، استان فارس). هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران.

رمضانی اعتدالی، ه. ۱۳۹۱ . توسعه مدل تخصیص بهینه آب در اراضی آبی و دیم جهت افزایش بهرهوری اقتصادی. پایان نامه دکتری، دانشکده مهندسی و فناوری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۶۷ ص.

رمضانی اعتدالی، ه.، نظری، ب.، توکلی، ع. و پارسی‌نژاد، م. ۱۳۸۸. ارزیابی مدل CROPWAT در مدیریت کم‌آبیاری گندم و جو در منطقه کرج، مجله آب و خاک(علوم و صنایع کشاورزی). (۱)۲۳: ۱۲۹-۱۱۹.

رمضانی اعتدالی، ه.، لیاقت، ع.، پارسی نژاد، م. و توکلی، ع.ر. ۱۳۹۵. واسنجی و اعتبارسنجی مدل AquaCrop در مدیریت آبیاری غلات مهم، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، (۱۰)۳، ۳۸۹-۳۹۷.

سهرابی، ت. و عباسی، ف. ۱۳۸۸. ارزیابی بازده آبیاری در کشور و ارائه نقشه‌های هم بازده آبیاری، مجموعه مقالات دوازدهمین همایش کمیته ملی و آبیاری و زهکشی ایران، ۵-۶ اسفند، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳۰-۲۹.

شیری، م.، محرم نژاد، س.، حنیفه زاده، م. و بنده حق، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی پایداری عملکرد دانه ذرت (Zea mays L.) تحت تاثیر تاریخ کاشت در منطقه مغان. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۶(۲): ۲۰۳-۲۱۴.

صمصامی‌پور، م. امداد، م. ر. افراسیاب، پ. و دلبری م. ۱۳۹۵. بررسی اثر کم‌آبیاری جویچهای یک در میان متناوب در مراحل مختلف رشد ذرت. مجله‌ی مهندسی منابع آب. ۹: ۶۶-۵۷.

علیزاده، ع. ۱۳۹۶. تجزیه و تحلیل شبکه های ذینفع محلی به منظور ارتقای بهره وری آب کشاورزی در شرایط آبیاری (منطقه مورد مطالعه: شهر ارومیه). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

قربانیان کرد آبادی، م.، لیاقت، ع.، وطن خواه، ا. و نوری، ح. ۱۳۹۳. شبیه سازی عملکرد و تبخیر و تعرق با استفاده از مدل AquaCrop، نشریه حفاظت آب و خاک، (۲)۴، ۴۸-۶۳.

کریمی اورگانی، ح.، رحیمی‌خوب، ع. و نظری فرد، م.ه. ۱۳۹۵. واسنجی و صحت سنجی مدل آکوکراپ برای جو در منطقه پاکدشت، تحقیقات آب و خاک ایران، (۳)۴۷: ۵۳۹-۵۴۹.

لیاقت، ع.، مکاری قهرودی، ا.، نوری، ح. و ستوده نیا، ع. ۱۳۹۴. ارزیابی سیستم‌های آبیاری دشت قزوین با تعیین راندمان‌های آبیاری کلاسیک و نئوکلاسیک، تحقیقات آب و خاک ایران. (۲)۴۶: ۳۴۳-۳۵۱.

معرف‌پور، ع.، وطن‌خواه، ح. و بهزادی‌نسب، م. ۱۳۹۵. ارزیابی راندمان سیستم آبیاری نواری در برخی مزراع دشت زرینه رود میاندواب، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، (۲۵)۷: ۹۶-۸۳.

نجفی، پ. و ستار، م. ۱۳۸۴. ارزیابی دقت نرم افزار Cropwat در تخمین تبخیر و تعرق گیاه مرجع در منطقه اصفهان، مجله پژوهش آب در کشاورزی، (۱)۱: ۱۱-۱.

نیکبخت، ج. و نجیب، ز. ۱۳۹۴. اثر افزایش راندمان آبیاری بر نوسانات سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت عجب شیر – آذربایجان غربی)، مدیریت آب و آبیاری. (۱)۵. ۱۱۶-۱۲۷.

نیکبخت، ج.، میرلطیفی، س.م. و کمالی، غ.غ. ۱۳۸۰. مقایسه تبخیر- تعرق محاسبه شده با روش‌های فائو- پنمن – مانتیث، پنمن- رایت و هارگریوز – سامانی در منطقه تهران . مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، (۴)۸، ۱۳-۳.

هنر، ت. و سپاسخواه، ع.ر. ۱۳۷۶. کالیبراسیون مدل CRSPM در برآورد عملکرد و برنامه ریزی آبیاری ذرت. هشتمین سمینار ملی مصرف آب. ایران.

یاراحمدی، ج. ۱۳۸۲. ادغام تصاویر ماهواره ای، GIS و مدلCROPWAT برای بررسی بیلان آب در منطقه تحت آبیاری، مطالعه موردی سلماس، شبکه طسوج، ایران.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith M. 1998. FAO Irrigation and drainage paper No. 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations 56: 97-156.

Andarzian, B., Bannayan, M., Steduto, P., Mazraeh, H., Barati, M. E., Barati, M. A. and Rahnama. A. 2011. Validation and testing of the AquaCrop model under full and deficit irrigated wheat production in Iran. Agriculture Water Managment 100 (1): 1-8.

Banerjee, S., Chatterjee, S., Sarkar, S. and Jena, S. 2016. Projecting Future Crop Evapotranspiration and Irrigation Requirement of Potato in Lower Gangetic Plains of India using the CROPWAT 8.0 Model. Potato Research 59(4): 313-327.

Cai, X. L. and Sharma, B. R. 2010. Integrating Remote Sensing, Census and Weather Data For an Assessment For Rice Yield, Water Consumption and Water Productivity in The Indo-Gangetic River Basin. Agriculture Water Management 97(2):309-316.

Djaman, K. 2011. Crop evapotranspiration, crop coefficients, plant growth and yield parameters, and nutrient uptake dynamics of maize (Zea mays L.) under full and limited irrigation. THE UNIVERSITY OF NEBRASKA-LINCOLN.

Droogers, P., Immerzeel, W.W. and Lorite, I. J. 2010. Estimating actual irrigation application by remotely sensed evapotranspiration observations. Agriculture Water Management 97: 1351–1359.

Farahani, H. J., Steduto, P. and Oweis, T. Y. 2009. Parameterization and evaluation of AquaCrop for full and deficit irrigated cotton. Agronmi Journal 101: 469-476.

Frank, A. and Bauer, A. 1995. Phyllochron difference in wheat, barley and forage grasses. Crop Science 35: 19-23.

Garcia-Vila, M., Fereres, E. Mateos, L., Orgaz, F. and Steduto, P. 2009. Deficit irrigation optimization of cotton with AquaCrop. Agronmi Journal 101: 477- 487.

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. Agronmi Journal 101: 499-508.

Heng, L. K., Evett, S. R., Howell, T. A. and Hsiao, T. C. 2009. Calibration and testing of FAO AquaCrop model for maize in several locations. Agronmi Journal 101: 488-498.

Hill, R. W., Rayan, K. H., Butters, R. L., Keller, A.A., Stewart, F.R. and Bomen, R. j. 1983. CRSPM yield simulation model. Utah State University. Logan. Utah.

Kamali, P., Ebrahimian, H., & Parsinejad, M. (2018). Estimation of Manning roughness coefficient for vegetated furrows. Irrigation Science, 36(6): 339-348.

Karandish, F., Mousavi, S. S. and Tabari, H. 2017. Climate change impact on precipitation and cardinal temperatures in different climatic zones in Iran: analyzing the probable effects on cereal water-use efficiency. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 31(8): 2121-2146.

Khattak, M. S. 2017. Impacts of Climate Change on Crop Water Requirement under Multi-Representative Concentration Pathways during Mid-Century: A Case Study of Di Khan. Peshawa.36 (1).

Kuo, Sh. F., Lin B.J. and Shieh. H.J. (2001). CROPWAT Model to Evaluate Crop Water Requirements in Taiwan. International Commission on Irrigation and Drainage. First Asian Regional Conference, Seoul.

Mansouri, Z. and Menani, M. R. 2017. Assessment of the Water Needs Of Apricot and Olive Crops under Arid Climatic Conditions: Case Study of Tinibaouine Region (Northeast Of Algeria). International Journal of Geomate. 12(30): 46-52.

McMaster, G. L. Wilhelm W. Morgan J. 1994. Simulating winter wheat shoot apex phenology. The journal of agricultural science. 119: 1-12.

Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.C. and Freres, E. 2012. Refrence Manual Aquacrop, FAO, Land and Water Division, Rome Italy.

Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. and Fereres, E. 2016. Refrence Manual Aquacrop Version 5.0 Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Saab, M.A., Albrizio, R., Nangia, V., Karam, F., Rouphael, Y. 2014. Developing scenarios to assess sunflower and soybean yield under different sowing dates and water regimes in the Bekaa valley (Lebanon): Simulations with Aquacrop. International Journal of Plant Production 8, 4.

Salemi, H.R., Mohd Soom, M.A., Lee, T.S., Mousavi, S.F., Ganji, A. and Yusoff, M.K. 2011. Application of AquaCrop model in deficit irrigation management of winter wheat in arid region. African Journal of Agricultural Research, 610, 2204-2215.

Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres E. and Raes, D. 2012. Crop yield response to water. FAO Roma.

Tavakoli, A. R., Moghadam M. M. and Sepaskhah, A. R. 2015. Evaluation of the AquaCrop model for barley production under deficit irrigation and rainfed condition in Iran. Agricultural Water Management, 161: 136-146.

Wali, U.S., Walia, S.S., Sidhu, A.S. and Nayyar, S. 2014. Productivity of direct seeded rice in relation to different dates of sowing and varieties in central Punjab. Journal of Crop and Weed, 10 (1): 126-129.

ISSN 2251-7480

Evaluation of managment strategies to reduce water use in Marvdasht-Kharameh study area

Omid raja[1], masoud parsinejad[2]*, and Teymor sohrabi[3]

1) Ph.D. Student, Department of Irrigation and Reproduction Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.
2) Associate Professor, Department of Irrigation and Reproduction Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.
* Corresponding author: parsinejadmasoud@gmail.com
3) Professor Respectively, Department of Irrigation and Reproduction Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.

Received: 15-12-2018 Accepted: 29-04-2019

Abstract

The main objective of this study was to investigate the effect of possible non-structural management schemes with no need of changing irrigation systems and optimal use of agricultural water at the farm level, including improving irrigation water efficiency, changing planting dates and deficit irrigation with preserving the composition and area under cultivation in the region,. Management interventions were designed based on present irrigation management (amount, number of irrigation, etc.). The main goal was to improve the optimum use of water in the agricultural sector to prevent the continuation of excessive withdrawal of groundwater resources. The information was collected directly from 158 farms, which represents the distribution of the existing conditions of the whole region, and the scenarios for improving the efficiency of irrigation were based on improving available higher efficiency in the region The results showed that improvement of irrigation efficiency for dominant crops in two regions of Dorodzan and Korbal, leads to savings in water allocation by 131.5 (11.2%) and 33.8 (10.83%) million cubic meters, respectively. Management scenarios of change in planting date using AquaCrop model simulation showed that upto 31.6 (2.7%) and 9.17 (2.94%) million cubic meters of water in the two regions of Dorodzan and Korbal can be saved. At the same time, different levels of deficit irrigation can reduce water consumption by 85.5 (7.3%) and 26.2 (8.4%) million cubic meters respectively.. All in all the results of this study show that in many cases, significant amount of water can be saved with minimal operation costs and preserving the existing structural conditions, even without changing the pattern of cultivation.

Keywords: non - structural Management; sustainability of water resources; Water Saving