نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۸، آذر - دی ۱۴۰۳، ص. ۷۶۷-۷۵۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 18, Dec.-Jan. 2024, p. 759-767

مقاله علمی-پژوهشی

تعیین زمان کاشت بهینه گندم رقم سیروان با مدل آکواکراپ در شهرستان بیرجند

پویا محمدی[۱]، نوید غلام‌پور[۲*]، فاطمه حاجی‌آبادی[۳]، حسین انصاری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۹

چکیده

آب یکی از مهم‌ترین نیازها برای تولید محصولات کشاورزی در مناطق مختلف جهان محسوب می‌شود. کشور ایران یکی از مناطق خشک جهان است و در حال حاضر با بحران شدید آب مواجه است؛ بنابراین، باید بیش‌ازپیش به استفاده بهینه از آب و حفاظت از منابع آبی توجه شود. گندم یکی از مهم‌ترین محصولات استراتژیک کشاورزی است که در تأمین غذای ساکنین کشورمان اهمیت زیادی دارد. و همچنین زمان کاشت ازجمله مهمترین تاریخ‌ها در تقویم زراعی یک گیاه است، زیرا سایر فعالیت‌های کشاورزی متناسب با آن تعیین می‌شود. یکی از جدیدترین مدل‌هایی که توانایی شبیه‌سازی میزان رشد و عملکرد محصولات مختلف زراعی و باغی را نسبت به میزان آب مصرفی دارد، مدل آکواکراپ نام دارد. هدف از این تحقیق، شبیه‌سازی و تعیین مناسب‌ترین تاریخ شروع کاشت گندم آبی رقم سیروان در استان خراسان جنوبی با استفاده از مدل شبیه‌ساز گیاهی آکواکراپ است. به این منظور، از داده‌های اقلیمی روزانه و همچنین سایر اطلاعات محیطی از ایستگاه سینوپتیک بیرجند در یک دوره دو ساله (۱۳۹۵ - ۱۳۹۶) و (۱۳۹۶ - ۱۳۹۷) استفاده شده است که با استفاده از داده‌های میدانی، کارایی مدل مورد ارزیابی قرار گرفته است. پس از اطمینان از کارایی مدل، تعداد ۳ تیمار با ۳ سطح آبیاری ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تامین نیاز آبی، با دو سطح شوری (۶ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) در تاریخ‌های کشت اول آبان الی ۱۰ دی مورد شبیه‌سازی قرار گرفتند. از بین تاریخ‌های ورودی به مدل، تاریخی که بیشترین عملکرد محصول را داشت، به‌عنوان بهترین تاریخ کاشت برای منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. نتایج تحقیق نشان داد تاریخ کاشت مناسب برای هر اقلیم متفاوت است و از سوی دیگر عملکرد گندم نسبت به ویژگی‌های هر منطقه در انتخاب نوع رقم و تغییر تاریخ کاشت حساسیت زیادی دارد. بنابراین در این پژوهش، بهترین تاریخ کاشت رقم گندم سیروان برای منطقه موردمطالعه نیمه دوم آبان ماه بود که قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت، رقم سیروان، عملکرد گندم، مدل شبیه‌ساز گیاهی

مقدمه

گندم در میان غلات از مهمترین، قدیمی‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان زراعی در جهان و ایران است که به عنوان غذای اصلی مردم مورد استفاده قرار می‌گیرد .زمان کاشت ازجمله مهمترین تاریخ‌ها در تقویم زراعی یک گیاه است، زیرا سایر فعالیت‌های کشاورزی متناسب با آن تعیین می‌شود. کشت زود و یا دیرهنگام با به همراه داشتن اثراتی همچون افزایش خطر سرمازدگی، شیوع آفات و بیماری‌ها، افزایش طول دوره رشد گیاه و کاهش فرصت لازم برای آماده‌سازی زمین در کشت‌های نوبت دوم می‌تواند خسارت‌های اقتصادی بسیاری را برای گیاهان به همراه داشته باشد (Senobar et al., 2010).

در ایران، نزولات جوی کم و منابع آب محدود است. برای دستیابی به تولید مطلوب در زراعت استفاده بهینه از منابع محدود آبی امری اجتناب‌ناپذیر است (احمدآلی و خلیلی، ۱۳۸۸). ستفاده از مدل‌ها به‌منظور پیش‌بینی رفتار یک پدیده در واقعیت، به اخذ تصمیمات راهبردی و کلان در زمینه‌های مختلف از جمله کشاورزی، کمک زیادی می‌نماید. برخی مدل‌ها به‌منظور شبیه‌سازی وضعیت رشد گیاهان و پیش‌بینی محصول توسعه یافته‌اند. مدل‌های گیاهی برای اهداف مختلفی استفاده می‌شوند و به‌طورکلی این مدل‌ها نتایج آزمایش‌ها و تحقیقات کشاورزی را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌دهند (Steduto et al., 2009). مدل‌های گیاهی جهت بهینه‌سازی عملیات مدیریتی در محیط‌های متغیر استفاده می‌شود که کاربرد آن در

۱- دانشجو دکترا آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- دانشجو دکترا آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳- دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۴- استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(* نویسنده مسئول: Email: navidgholampoor77@gmail.com)

برون‌یابی نتایج حاصل، مفید هست. مدل‌ها اجازه مرور دوباره اطلاعات گذشته، شبیه‌سازی حال و پیش‌بینی آینده را می‌دهند و قابلیت تغییر در تمام موقعیت‌ها را دارند و نیز با اعمال مدیریت مناسب می‌توانند احتمال خطر در آینده را به حداقل برسانند (Monteith., 1996). مجرد و همکاران، به شبیه‌سازی عملکرد و تعیین تاریخ کشت گندم دیم و آبی بر مبنای عوامل اقلیمی و محیطی در استان کرمانشاه با مدل آکواکراپ پرداختند و نتایج تحقیق نشان داد، از نظر عملکرد، دشت روانسر برای کاشت گندم دیم و دشت سرپل ذهاب برای کاشت گندم آبی مستعدتر است و عملکرد گندم نسبت به تغییر تاریخ کاشت حساسیت زیادی دارد (مجرد و همکاران، ۱۳۹۷). جرعه نوش و همکاران، به ارزیابی مدل آکواکراپ در شبیه‌سازی عملکرد گندم و تعیین تاریخ کشت در استان فارس پرداختند و نتایج نشان داد که مدل واسنجی شده، دقت بالایی در شبیه‌سازی پوشش تاجی، زیست‌توده و عملکرد دانه دارد و با اجرای مدل در سناریوهای مختلف اقلیمی، تاریخ کشت و کم آبیاری مشخص شد (جرعه نوش و همکاران، ۱۳۹۸). نتایج مطالعه استدوتو و همکاران، نشان داد که مدل آکواکراپ به‌صورت مناسبی پوشش تاجی، رشد وزنی زیست‌توده بخش هوائی و عملکرد دانه را برای چهار رقم ذرت در شش فصل رشد مختلف با تراکم، تاریخ کاشت و نیاز تعرقی مختلف با تیمارهای مختلف آبیاری شبیه‌سازی کرده است (Steduto et al., 2012). درا و همکاران، در کاوش دیگری توانایی مدل همانندساز آکواکراپ را به منظور تعیین تاریخ کاشت و راندمان مناسب پنج رقم (واریته) گوناگون جو در چهار دیار آمریکا، ایتالیا، اتیوپی و سوریه مطالعه نمودند. بر پایه نتایج این مطالعه، مدل امکان برآورد مناسب عملکرد جو بر پایه داده‌های محدود محیطی را به‌خوبی داشت و از مدل آکواکراپ برای تعیین تاریخ کاشت مناسب ارزن مرواریدی، سویا و آفتاب‌گردان استفاده شد (Dera et al., 2014). جین و همکاران، برای بهبود کارایی مصرف آب با استفاده از مدل آکواکراپ در شمال چین، مدیریت‌های مختلف آبیاری را بر روی گندم زمستانه طی ۴ سال کشت انجام دادند و نتایج نشان داد که آبیاری مکرر با مقدار آب کم در هر آبیاری، نتایج را بهبود می‌بخشد و آکواکراپ را می‌توان در ارزیابی استراتژی‌های مختلف آبیاری گندم زمستانه برای بهینه‌سازی تاریخ‌های کاشت گندم استفاده نمود (Jin et al., 2014). دب و بابل، از مدل آکواکراپ برای ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر تولید ذرت در شرق هند نیز استفاده کردند. در این بررسی مشخص شد، تغییر در تاریخ کاشت، مدیریت آبیاری و تغذیه گیاهی می‌تواند به‌عنوان عامل کنترل‌کننده تغییر اقلیم عمل کند (Deb and Babel., 2015). گارسیا و همکاران، در پژوهش خود نرم‌افزار آکواکراپ را با استفاده از نتایج آزمایش کم‌آبیاری گیاه چغندرقند مورد واسنجی قرار دادند. مدل با استفاده از داده‌های هشت مزرعه اعتبارسنجی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد کلی آکواکراپ برای شبیه‌سازی پوشش تاج، زیست‌توده و عملکرد نهایی دقیق بوده است (Garcia et al., 2019). لی و دانگ، پژوهشی تحت عنوان ارزیابی کارآمد تازیخ کاشت برای گندم با استفاده از مدل فائو – آکواکراپ را انجام دادند. هدف آنها از این مطالعه، تعیین زمان مناسب برای کاشت محصول گندم در منطقه سون هوآ به‌عنوان یک راه برای حل سازگاری و همچنین بهینه‌سازی عملکرد محصول در زمینه تغییرات آب‌وهوایی بود و نتایج آنها بیان کرد که تاریخ کاشت گیاهان زراعی نقش مهمی در کاهش تأثیر منفی تغییرات آب‌وهوا و کمک به بهبود عملکرد محصول خواهد داشت (Lee and Dang., 2020).

اثر خشکسالی به عنوان یک چالش مهم در تولید گندم را می‌توان از طریق معرفی رقم‌های گندم متحمل به کم آبی کاهش داد. ارتقاء کیفیت گندم به عنوان ماده اولیه صنایع آرد و نان نیز یکی از بحث‌های روز و اولویت‌های دولت بوده و با توجه به تغییر سیاست‌های اقتصادی کشور ارزش ارقام گندم با کیفیت نانوایی بالا بسیار بیشتر از گذشته شده است؛ و لذا چنانچه ارقام جدید گندم از این حیث در سطح خوب باشند کشت و کار آنها منجر به تولید گندم مرغوب‌تر می‌گردد که مورد توجه بخش خصوصی، صنایع مرتبط با فرآوری گندم و نیز مصرف‌کنندگان خواهد بود و بالطبع ارزش افزوده اقتصادی بالاتری خواهند داشت. گروه به نژادی موسسه تحقیقات بذر و نهال کرج، با بررسی و تحقیق در مراحل مختلف لاین گندم، گندم مشخص شده با کد ws-85-10 و با شجره (Prl/2*pastor) را برای نامگذاری و جایگزینی قسمتی از سطح زیر کشت ارقام آبی در مناطق مواجه با تنش خشکی تحت نام سیروان پیشنهاد نمود (نجفیان و همکاران، ۱۳۹۱). که برای اولین بار در منطقه بیرجند جهت مدلسازی تحت تنش‌های توام شوری و خشکی کشت گردید (حاجی آبادی و همکاران، ۱۳۹۹). گندم سیروان دارای عملکرد بالا، تحمل به بیماری زنگ زرد، زنگ قهوه‌ای، زنگ سیاه، نسبتا حساس به ریزش دانه و خوابیدگی بوته، تحمل به ریزش دانه با پنجه‌دهی زیاد و نسبتا زودرس است. تاریخ کاشت مناسب گندم سیروان برای مناطق نیمه گرم از ۲۰ آبان‌ماه تا آخر آذرماه و در مناطق گرم از ۲۰ آبان‌ماه تا ۱۵ آذرماه است (حاجی آبادی و همکاران، ۱۳۹۹). یکی از مدل‌های جدیدی که برای شبیه‌سازی رشد محصول با استفاده از سری‌های طولانی داده‌های اقلیمی گذشته می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، مدل AquaCrop است (نصیری و همکاران ۱۳۹۳). مدل AquaCrop را می‌توان به عنوان ابزاری جهت ارزیابی تنش آبی و میزان محصول در منطقه، ارزیابی محصول کشت دیم در طولانی مدت، برنامه‌ریزی کم آبیاری و آبیاری تکمیلی و غیره به کار برد (حیدری نیا و همکاران، ۱۳۸۹). بنابراین باتوجه به اهمیت جهانی گندم و اینکه در ایران نیز از مهم‌ترین محصولات راهبردی کشور محسوب می‌شود، همچنین اهمیت تغذیه‌ای آن در غذای انسان، صنایع غذایی کشاورزی و واحدهای تولیدات دامی، تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت گندم رقم

سیروان در بیرجند، جهت دستیابی به بیشترین عملکرد محصول در سال‌های زراعی (۱۳۹۵ – ۱۳۹۶) و (۱۳۹۶ – ۱۳۹۷) از اهداف مهم این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

هدف اصلی این پژوهش تعیین محدوده بهینه تاریخ کاشت رقم گندم سیروان در منطقه بیرجند است، بدین منظور از مدل آکواکراپ (ورژن V6.1) استفاده شد. بدین منظور کشت دو ساله گندم رقم سیروان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل و با دو فاکتور شوری آب آبیاری در دو سطح (S1 و S2 به ترتیب معادل ۶ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) و مقدار آب آبیاری در ۳ سطح (I1، I2 و I3 به ترتیب معادل ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) در دو سال زراعی ۱۳۹۵ – ۱۳۹۶ و ۱۳۹۶ – ۱۳۹۷ اجرا گردید (حاجی‌آبادی، ۱۳۹۹). همچنین براساس داده‌های دو سال کشت گندم، مدل توسط حاجی‌آبادی و همکاران، واسنجی و صحت سنجی شده است (حاجی‌آبادی، ۱۳۹۹). در این تحقیق، سعی شده از اطلاعات مدل فوق استفاده گردد و با اعمال سناریوی تاریخ کاشت‌های متفاوت از اول آبان‌ماه تا ۱۰ دی‌ماه (شامل ۷۰ روز) در مدل، نتایج خروجی مدل مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

شهرستان بیرجند مرکز استان خراسان جنوبی می‌باشد که دارای آب‌وهوایی بیابانی و نیمه‌بیابانی است. زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشکی دارد. میانگین بارندگی ۱۷۱ میلی‌متر است. بیشترین بارش از آذرماه تا اردیبهشت‌ماه است (جعفرزاده، ۱۳۹۴). برای اطلاعات اقلیمی موردنیاز از داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک بیرجند استفاده و تبخیر – تعرق مرجع نیز از روش فائو پنمن مانتیث با استفاده از نرم‌افزار ETO Calculator استفاده شده است.

تئوری مدل آکواکراپ

این مدل جدیدترین مدل شبیه‌سازی رشد گیاه است که بر پایه مقدار آب مصرفی می‌باشد که در مقایسه با سایر مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاه به پارامترهای کمتری نیاز دارد. مزیت دیگر مدل آکواکراپ نسبت به سایر مدل‌ها در این است که این مدل برای گیاهان، خاک‌ها، سیستم‌های آبیاری مختلف و راهکارهای مدیریت آبیاری قابل‌استفاده بوده و نیز قابلیت شبیه‌سازی اثرات تنش‌های محیطی از جمله: آبی، شوری، حاصلخیزی، گرما و ماندابی را دارد. در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در دنیا و ایران به‌منظور ارزیابی این مدل برای محصولات مختلف انجام شده است. آکواکراپ مدلی آب محور است که برای اولین‌بار سازمان خواربار جهانی (فائو) در سال ۲۰۰۹ معرفی کرد (Araya et al., 2010). این مدل بر پایه نشریه شماره ۳۳ فائو و با هدف تحت پوشش قراردادن گستره وسیعی از محصولات باغی و زراعی و بدون داشتن نگاه اقلیمی و منطقه‌ای، با قابلیت استفاده در سرتاسر دنیا، گسترش یافت.

مدل آکواکراپ باتوجه‌به مقدار آب مصرف شده توسط گیاه، میزان عملکرد محصول را بدون نیاز به تعداد قابل‌توجهی داده ورودی برآورد می‌کند. علاوه‌برآن، این مدل توانایی برآورد اجزای بیلان آب خاک را در طول فصل زراعی دارد. مبنای محاسبات عملکرد در مدل آکواکراپ از رابطه (۱) تبعیت می‌کند:

$$\frac{Y_x-Y_a}{Y_x} = K_y\left(\frac{ET_x-ET_a}{ET_x}\right) \quad (۱)$$

که دراین‌رابطه Y_x حداکثر عملکرد، Y_a عملکرد واقعی، ET_x تبخیر و تعرق حداکثر، ET_a تبخیر و تعرق واقعی و K_y ضریب تناسب بین کاهش عملکرد نسبی و کاهش نسبی تبخیر و تعرق است.

داده‌های موردنیاز مدل به چهار دسته داده‌های آب‌وهوا، داده‌های خاک، داده‌های محصول و داده‌های مدیریتی تقسیم می‌شود.

نتایج و بحث

همان‌گونه که بیان شد، هدف اصلی این مقاله بررسی و تعیین محدوده بهینه تاریخ کاشت گندم رقم سیروان، تحت ۳ تیمار آبیاری با درصد آبیاری‌های ۷۵ و ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد تامین نیاز آبی است. این تیمارها به ترتیب به نام های I1، I2 و I3 نامگذاری شدند. بر این اساس مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار اکوکراپ صورت گرفت. همان‌گونه که بیان شد تاریخ کاشت بهینه از اول آبان ماه تا ۱۰ دی ماه (شامل ۷۰ روز) مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه نتایج این مدل‌سازی به تفکیک در این بخش ارائه شده است.

تیمار I1

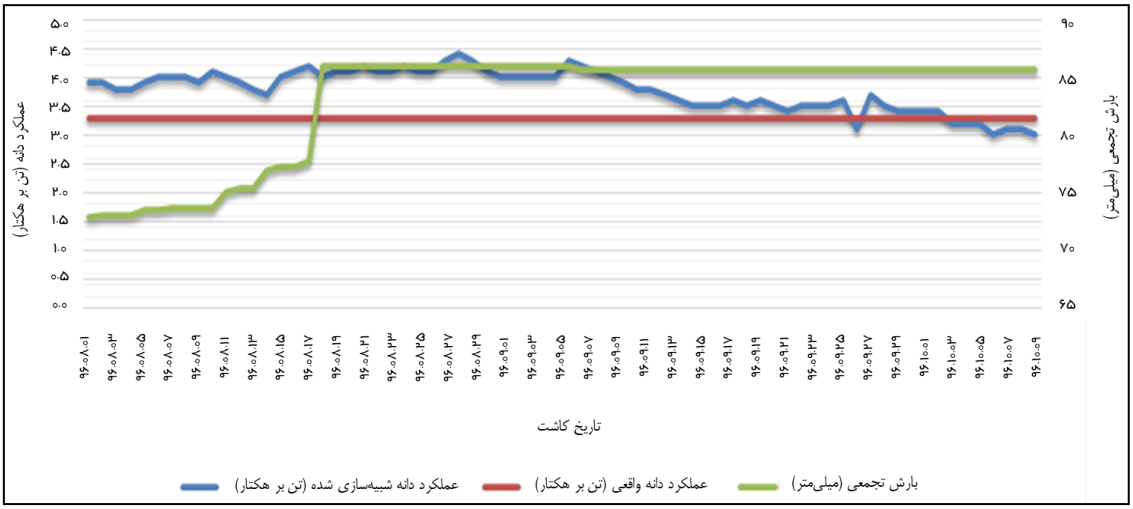
مقادیر حجم آب آبیاری و عملکرد واقعی در تیمار I1 (آبیاری با ۷۵ درصد آب مورد نیاز) و همچنین مقادیر شبیه‌سازی‌شده عملکرد دانه، بهره‌وری آب و بارندگی در تاریخ‌های کشت بین اول آبان تا ۱۰ دی برای سال ۱۳۹۶ در جدول (۱) ارائه شده‌است.

همان‌طور که در شکل (۱) مشاهد می‌گردد، امکان افزایش عملکرد با تغییر تاریخ کاشت وجود دارد. مقدار عملکرد واقعی در آزمایش میدانی برای تیمار I1، برابر ۳.۳ تن در هکتار بوده است، در حالی‌که نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که امکان افزایش عملکرد تا ۴.۱ تن در هکتار وجود دارد. در بررسی شرایط کشت مشاهده شد، که عملکرد در بازه زمانی کشت در آبان‌ماه افزایش یافته است و در این بازه زمانی مقدار بارش تجمعی افزایش داشته است. با توجه به شکل (۱) که مقدار بارش تجمعی پس از ۱۰ دی ماه تا پایان دوره کشت گندم مورد بررسی (۱۹۰ روز) نشان می‌دهد، مقدار بارش تجمعی از اواخر دی‌ماه در منطقه مورد مطالعه کاهش نموده و در نتیجه باعث کاهش عملکرد شبیه‌سازی شده در محدوده زمانی بعد از اواخر آبان،

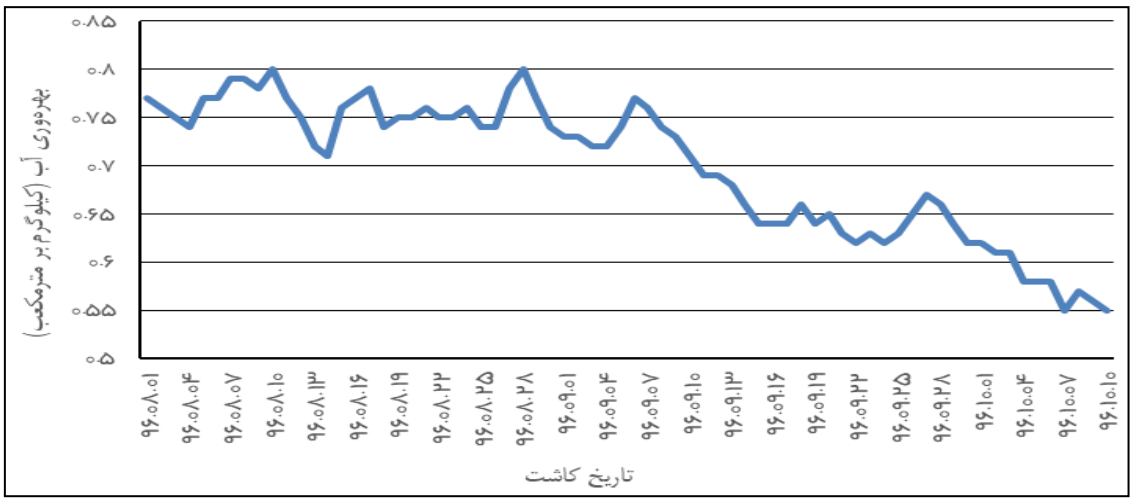
در بازه کشت گیاه شده است. همچنین در شکل (۲) مقادیر بهـره‌وری آب محصول در شرایط ذکر شده، نشان داده شـده اسـت، کـه مقـدار بهره‌وری آب محصول در بازه زمانی اواسط تا اواخر آبان ماه، متناظر با بازه زمانی افزایش عملکرد گیاه، افزایش یافته است.

جدول ۱- نتایج شبیه‌سازی شده برای تیمار I1 در محدوده تاریخ کاشت بهنیه

شرح	واحد	مقدار
حجم آب آبیاری	mm	۳۹۶
عملکرد دانه واقعی	ton/ha	۳.۳
میانگین عملکرد دانه خارج از محدوده زمانی بهینه	ton/ha	۳.۶
میانگین عملکرد دانه در محدوده زمانی بهینه	ton/ha	۴.۱
میانگین بهره‌وری خارج از محدوده زمانی بهینه	Kg/m^3	۰.۷
میانگین بهره‌وری در محدوده زمانی بهینه	Kg/m^3	۰.۸
میانگین تبخیر و تعرق خارج از محدوده زمانی بهینه	mm	۱۵۲۹.۵
میانگین تبخیر و تعرق در محدوده زمانی بهینه	mm	۱۲۶۱.۵
میانگین بارش خارج از محدوده زمانی بهینه	mm	۸۲.۱
میانگین بارش در محدوده زمانی بهینه	mm	۸۴.۹



شکل ۱- مقادیر عملکرد و بارندگی تجمعی در تاریخ‌های متفاوت کاشت گندم رقم سیروان با آبیاری ۷۵ درصد



شکل ۲- مقادیر شبیه‌سازی شده برای گندم رقم سیروان با آبیاری ۷۵ درصد در تاریخ‌های کشت متفاوت

جدول ۲- نتایج شبیه‌سازی شده برای تیمار I2 در محدوده تاریخ کاشت بهنیه

شرح	واحد	مقدار
حجم آب آبیاری	mm	۵۲۸
عملکرد دانه واقعی	ton/ha	۳.۰
میانگین عملکرد دانه خارج از محدوده زمانی بهینه	ton/ha	۲.۲
میانگین عملکرد دانه در محدوده زمانی بهینه	ton/ha	۳.۳
میانگین بهره‌وری خارج از محدوده زمانی بهینه	Kg/m^3	۰.۴
میانگین بهره‌وری در محدوده زمانی بهینه	Kg/m^3	۰.۶
میانگین تبخیر و تعرق خارج از محدوده زمانی بهینه	mm	۱۴۰۶.۰
میانگین تبخیر و تعرق در محدوده زمانی بهینه	mm	۱۲۱۸.۷
میانگین بارش خارج از محدوده زمانی بهینه	mm	۸۲.۸
میانگین بارش در محدوده زمانی بهینه	mm	۸۴.۲

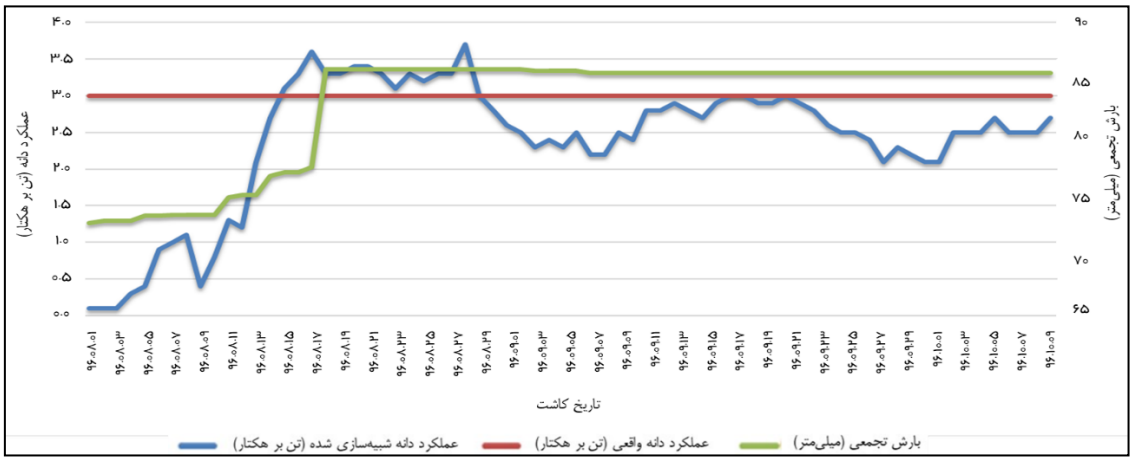
تیمار I2

مقادیر حجم آب آبیاری و عملکرد واقعی در تیمار I2 (آبیاری با ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز) و همچنین مقادیر شبیه‌سازی‌شده عملکرد دانه، بهره‌وری آب و بارندگی در تاریخ‌های کشت بین اول آبان تا ۱۰ دی برای سال ۱۳۹۶ در جدول (۲) ارائه شده‌است.

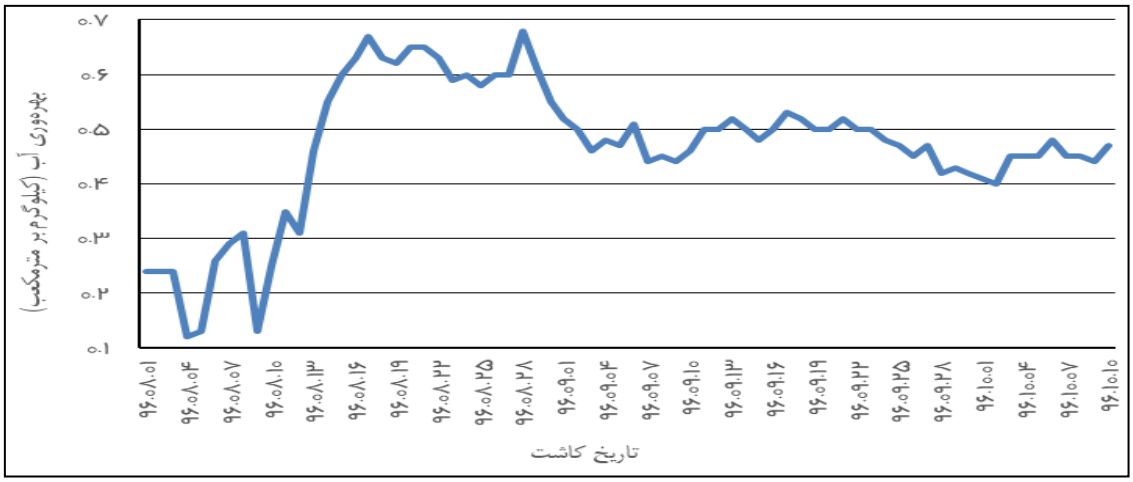
همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌گردد، امکان افزایش عملکرد با تغییر تاریخ کاشت وجود دارد. مقدار عملکرد واقعی در آزمایش میدانی برای تیمارI2، برابر با ۳.۰ تن در هکتار بوده است، در حالی‌که نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد امکان افزایش عملکرد تا ۳.۷ تن در هکتار وجود دارد. در بررسی شرایط کشت مشاهده شد، که عملکرد در بازه زمانی کشت در آبان‌ماه افزایش یافته است که در این بازه زمانی مقدار بارش تجمعی افزایش داشته است. همان‌گونه که بیان شد، مقدار بارش تجمعی برای تعیین تاریخ کاشت، از بازه زمانی ابتدای آبان ماه تا ۱۰ دی ماه مورد بررسی قرار گرفت که در شکل (۳) مشاهده می‌گردد که بارش تجمعی از اواخر دی‌ماه در منطقه مورد مطالعه کاهش نموده و در نتیجه باعث کاهش عملکرد شبیه‌سازی شده در محدوده زمانی بعد از اواخر آبان، در بازه کشت گیاه شده است. همچنین در شکل (۴) مقدار شبیه‌سازی شده بهره‌وری آب محصول در تاریخ‌های کشت متفاوت نمایش داده شده است، که مقدار بهره‌وری آب محصول در بازه زمانی اواسط تا اواخر آبان ماه، متناظر با بازه زمانی افزایش عملکرد گیاه، افزایش یافته است.

تیمار I3

مقادیر حجم آب آبیاری و عملکرد واقعی در تیمار I3 (آبیاری با ۱۲۵ درصد آب مورد نیاز) و همچنین مقادیر شبیه‌سازی‌شده عملکرد دانه، بهره‌وری آب و بارندگی در تاریخ‌های کشت بین اول آبان تا ۱۰ دی برای سال ۱۳۹۶ در جدول (۳) ارائه شده‌است.



شکل ۳- مقادیر عملکرد و بارندگی تجمعی در تاریخ‌های متفاوت کاشت گندم رقم سیروان با آبیاری ۱۰۰ درصد



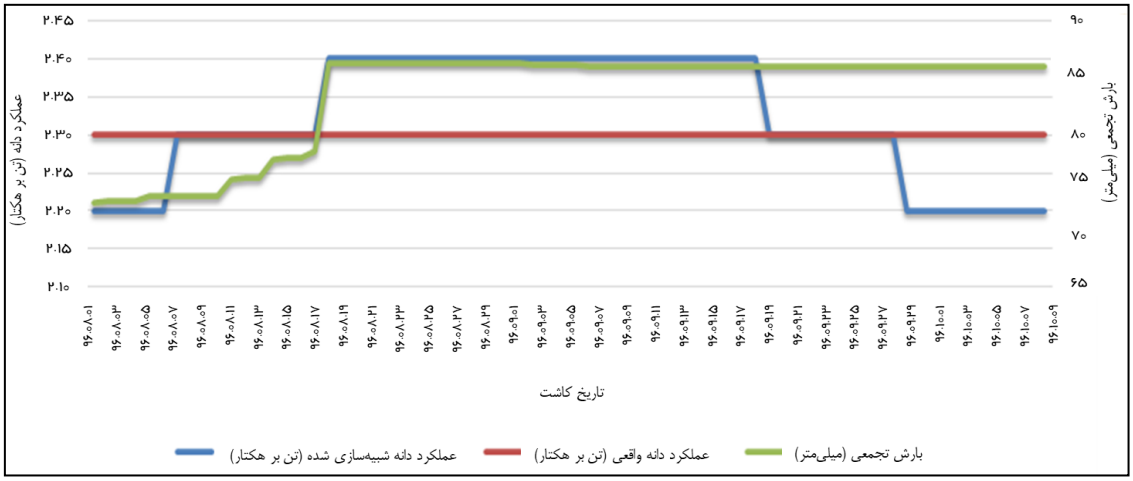
شکل ٤- مقادیر شبیه‌سازی شده برای گندم رقم سیروان با آبیاری ۱۰۰ درصد در تاریخ‌های کشت متفاوت

جدول ۳- نتایج شبیه‌سازی شده برای تیمار I3 در محدوده تاریخ کاشت بهنیه

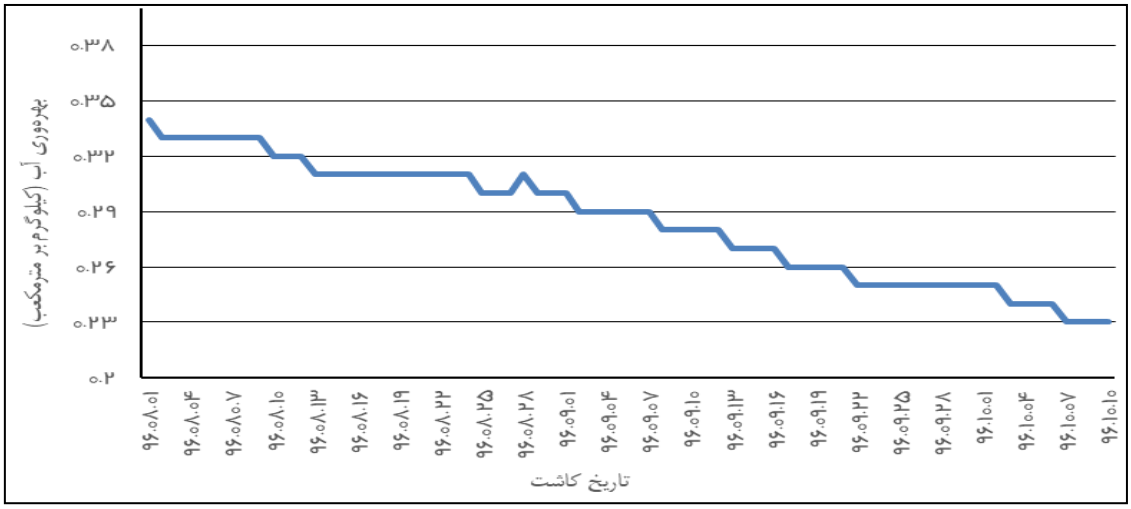
شرح	واحد	مقدار
حجم آب آبیاری	mm	۶۵۵
عملکرد دانه واقعی	ton/ha	۲.۳
میانگین عملکرد دانه خارج از محدوده زمانی بهینه	ton/ha	۲.۳
میانگین عملکرد دانه در محدوده زمانی بهینه	ton/ha	۲.۴
میانگین بهره‌وری خارج از محدوده زمانی بهینه	Kg/m^3	۰.۳
میانگین بهره‌وری در محدوده زمانی بهینه	Kg/m^3	۰.۳
میانگین تبخیر و تعرق خارج از محدوده زمانی بهینه	mm	۱۵۷۹.۵
میانگین تبخیر و تعرق در محدوده زمانی بهینه	mm	۱۳۱۷.۸
میانگین بارش خارج از محدوده زمانی بهینه	mm	۸۰.۷
میانگین بارش در محدوده زمانی بهینه	mm	۸۵.۹

همان‌طور که در شکل (۵) مشاهد می‌گردد، امکان افزایش عملکرد با تغییر تاریخ کشت وجود دارد. مقدار عملکرد واقعی در آزمایش میدانی برای تیمار I3، برابر با ۲.۳ تن در هکتار بوده است، در حالی‌که نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که با تغییر تاریخ کشت، امکان افزایش عملکرد تا ۲.۴ تن در هکتار وجود دارد. در بررسی نتایج شبیه‌سازی عملکرد در تاریخ‌های متفاوت کشت مشاهده شد، که عملکرد در بازه زمانی نیمه آبان‌ماه تا اواخر آذرماه در بهترین شرایط از نظر میزان عملکرد دانه می‌باشد. همان‌گونه که بیان شد، مقدار بارش تجمعی برای تعیین تاریخ کاشت، از بازه زمانی ابتدای آبان ماه تا ۱۰ دی ماه مورد بررسی قرار گرفت که در شکل (۵) مشاهده می‌گردد که بارش تجمعی از اواخر دی‌ماه در منطقه مورد مطالعه کاهش نموده اما نتایج شبیه‌سازی شده نشان داده است، که در چنین شرایطی میزان عملکرد واقعی گیاه و عملکرد دانه شبیه‌سازی شده تفاوت چندانی ندارد. همچنین شکل (۶) نشان می‌دهد که طول دوره رشد گندم، میزان بهره‌وری آب، در شرایط بیش‌آبیاری بالا نیست و بهترین میزان بهره‌وری مربوط به کشت گیاه در هفته اول آبان ماه می‌باشد و بعد از آن بهره‌وری آب به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج ارائه شده در شکل (۶)، آبیاری در این شرایط توصیه نمی‌گردد.

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده از سه تیمار I1، I2 و I3، تاریخ کاشت بهینه، تاریخی است که بتوان از بارش منطقه حداکثر استفاده را داشت که در منطقه موردمطالعه بازه زمانی اواسط تا اواخر آبان‌ماه می‌باشد. باتوجه‌به این که آب آبیاری استفاده شده برای آبیاری تیمارها از شوری نسبتاً بالایی برخوردار است، تیمار I1 بهره‌وری و عملکرد بهتری در مقایسه با دو تیمار I2 و I3 دارد، به این دلیل که حجم کمتری از آب‌شور آبیاری را دریافت می‌کند، در نتیجه نیاز آبی خود را از آب باران منطقه تأمین می‌کند و به همین ترتیب می‌توان عملکرد و بهره‌وری برای تیمار I2 را در مقایسه با تیمار I3 نیز توجیه نمود. تیمار I3 در بین ۳ تیمار آزمایشی بدترین عملکرد و پایین‌ترین بهره‌وری را به خود اختصاص داد. به این دلیل که حجم آب آبیاری اختصاص‌یافته برای این تیمار بیشتر از نیاز گیاه بوده (بیش‌آبیاری) و آب آبیاری منطقه هم از شوری بالایی برخوردار است.



شکل ۵- مقادیر عملکرد و بارندگی تجمعی در تاریخ‌های متفاوت کاشت گندم رقم سیروان با آبیاری ۱۲۵ درصد



شکل ٦- مقادیر شبیه‌سازی شده برای گندم رقم سیروان با آبیاری ۱۲۵ درصد در تاریخ‌های کشت متفاوت

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده برای ۳ تیمار با سه سطح آبیاری ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد با دو سطح شوری آبیاری می‌توان به این نتیجه دست یافت که نرم‌افزار شبیه‌ساز آکوکراپ به راحتی می‌تواند بازه زمانی بهینه، جهت تاریخ کاشت گندم رقم سیروان در شهرستان بیرجند را معرفی نماید و با کاشت گندم در این محدوده زمانی، برای هر تیمار، با پیاده‌سازی سناریوهای کم آبیاری و شوری بر روی این نوع رقم گندم منجر به افزایش بهره‌وری و همچنین بهبود عملکرد دانه خشک گندم شود. به جز تیمار با ۱۲۵ درصد آبیاری که نتایج مطلوبی را به دنبال نداشت. حجم آب و شوری آب بر عملکرد گیاه تأثیر بسزایی داشت، به همین علت، بازه‌ی بهنیه کاشت هر تیمار با دیگری متفاوت بود. با کاشت این رقم گندم نیز می‌توان از منابع آب شور برای تولید محصول استفاده نمود، به دلیل مقاوم‌بودن این گیاه به شوری آبیاری، کاشت این محصول در چنین شرایطی توجیه می‌شود.

همچنین در مجموع می‌توان گفت نرم‌افزار آکوکراپ عمدتاً برای علاقه‌مندان به این عرصه که در جهت توسعه خدمات تلاش می‌کنند، سازمان‌های دولتی، سازمان‌های غیردولتی و نیز انجمن‌های کشاورزان، کمک شایانی می‌کند. علاوه بر این، این مدل موردعلاقه اساتید، برای آموزش اهداف مدنظر، به‌عنوان یک ابزار آموزشی مربوط به نقش آب در تعیین بهره‌وری محصول است. مدل آکوکراپ قادر است مدیریت مصرف آب را برای هر مزرعه متناسب با شرایط اقلیمی، خاک و خصوصیات گیاهی محاسبه کرده و همچنین راهکارهای مدیریت مزرعه از جمله زمان کاشت و تراکم کشت را بهبود بخشیده و عملکرد محصول و کارایی مصرف آب را به‌خوبی شبیه‌سازی نماید.

منابع

احمدآلی، ج. و خلیلی، م. ۱۳۸۸. بررسی عملکرد و کارآیی مصرف آب در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و جوی پشته‌ای در وضعیت کشت یک ردیفه و دو ردیفه در ذرت دانه‌ای. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۳(۲): ۷۱-۷۸.

جرعه نوش، م.، برومندنسب، س.، ناصری، ع.، پاک پرور، م. و تقواییان، ص. ۱۳۹۸. ارزیابی مدل آکواکراپ در شبیه‌سازی عملکرد گندم و تعیین تاریخ کشت در استان فارس. مجله مدیریت آب و آبیاری، ۹(۱): ۹۵-۱۰۷.

جعفرزاده، ا. ۱۳۹۴. تهیه مدت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی جهت تعیین الگو کشت بهینه در شرایط تغییر اقلیم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

حاجی‌آبادی، ف. ۱۳۹۹. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم در دوره‌های خشکسالی بر عملکرد گندم دیم آبی در بیرجند، رساله دکترا، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه زابل.

حاجی‌آبادی، ف.، حسن پور، ف.، یعقوب زاده، م.، حمامی، ح. و سیدی، م. ۱۳۹۹. ارزیابی اثر میزان و شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم سیروان. پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب). ۳۴ (۱(ب)): ۶۵-۷۸.

حیدری نیا، م.، ناصری، ع.، برومند نسب، س. و سهرابی مشک آبادی، ب. ۱۳۸۹. کالیبراسیون مدل AquaCrop در برنامه‌ریزی آبیاری پنبه در گرگان. سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اسفندماه، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

مجرد، ف.، فرهادی، ب. و الفتی، ژ. ۱۳۹۷. شبیه‌سازی عملکرد و تعیین تاریخ کاشت گندم دیم و آبی بر مبنای عوامل اقلیمی و محیطی در استان کرمانشاه با مدل آکواکراپ. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی. ۲۲(۶۶): ۲۵۱-۲۷۱.

نجفیان، گ.، خدا رحمی، م. ، امینی، ا.، افشاری، ف.، ملیحی پور، ع و احمدی، غ. ۱۳۹۱. سیروان، رقم جدید گندم نان متحمل به خشکی آخر فصل و با کیفیت نانوایی خوب برای کشت در مزارع آبی ایران. مجله علمی- ترویجی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی. ۱(۱): ۱-۱۰.

نصیری اردلی، ش.، شمس نیا، ا. و افلاطونی، م. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی عملکرد محصول در کشت گندم دیم با استفاده از مدل AquaCrop(مطالعه موردی: چهارمحال و بختیاری: مناطق شهرکرد، بروجن). دومین همایش ملی بحران آب، شهریورماه، دانشگاه شهرکرد.

Araya, A., Keesstra, S.D. and Stroosnijder, L., 2010. A new agro-climatic classification for crop suitability zoning in northern semi-arid Ethiopia. Agricultural and forest meteorology. 150(7-8): 1057-1064.

Deb, P. and Babel, S., 2015. Assessment of impacts of climate change and adaptation measures for maize production in East Sikkim, India. Journal of Hydrology and Meteorology. 9(1): 15-27.

Dera, J., Mpofu, L.T. and Tavirimirwa, B., 2014. Response of pearl millet varieties to different dates of sowing at Makoholi and Kadoma research stations. Zimbabwe.

Garcia-Vila, M., Morillo-Velarde, R. and Fereres, E., 2019. Modeling sugar beet responses to irrigation with AquaCrop for optimizing water allocation. Water. 11(9): 1918.

Jin, X.L., Feng, H.K., Zhu, X.K., Li, Z.H., Song, S.N., Song, X.Y., Yang, G.J., Xu, X.G. and Guo, W.S., 2014. Assessment of the AquaCrop model for use in simulation of irrigated winter wheat canopy cover, biomass, and grain yield in the North China Plain. PloS one. 9(1): e86938.

Lee, S.K. and Dang, T.A., 2020. Assessment of efficient crop planting calendar for cassava crops using the FAO-Aqua crop model. Journal of Agrometeorology. 22(1): 83-85.

Monteith, J.L., 1996. The quest for balance in crop modeling. Agronomy journal. 88(5): 695-697.

Senobar, A., Dehghani, F. and Tabatabaei, S. A. 2010. Effect of irrigation on yield, water use efficiencyand some properties qualitative wheat varieties. Water in Agricuture Journal. 24(1): 31-40.

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(3): 426-437.

Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E. and Raes, D., 2012. Crop yield response to water (Vol. 1028, p. 99). Rome, Italy: fao.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 18, Dec.-Jan. 2024, p. 759-767

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۸، آذر - دی ۱۴۰۳، ص. ۷۶۷-۷۵۹

Determining The Optimal Planting Time of Sirvan Wheat With Aquacrop Model In Birjand City

P. Mohammadi[1], N. Gholampoor [2*], F. Hajiabadi[3], H. Ansari[4]
Recived: Jun.30, 2023 Accepted: Oct.10, 2023

Abstract

Water is one of the most important requirements for the production of agricultural products in different regions of the world. Iran is one of the dry regions of the world and is currently facing a severe water crisis. Therefore, more attention should be paid to the optimal use of water and the protection of water resources. Wheat is one of the most important strategic agricultural products, which is very important in providing food for the residents of our country. Also, planting time is one of the most important dates in the agricultural calendar of a plant, because other agricultural activities are determined accordingly. One of the newest models that has the ability to simulate the rate of growth and performance of various agricultural and horticultural crops in relation to the amount of water consumed is called the Aquacrop model. The purpose of this research is to simulate and determine the most appropriate date for planting Sirvan blue wheat in South Khorasan province using the AquaCrop plant simulator model. For this purpose, daily climate data as well as other environmental information from Birjand synoptic station have been used in a two-year period (1395-1396) and (1396-1397) and the efficiency of the model has been evaluated using field data. After ensuring the effectiveness of the model, 3 treatments with 3 irrigation levels of 75, 100 and 125% of water supply, with two levels of salinity (6 and 1.6 dS/m) were simulated on the planting dates of November 1st to December 10th. Among the input dates to the model, the date with the highest yield was selected as the best planting date for the study area. The results of the research showed that the suitable planting date is different for each climate, and on the other hand, the yield of wheat is very sensitive to the characteristics of each region in choosing the type of variety and changing the planting date. Therefore, in this research, the best planting date of Sirvan wheat cultivar for the studied area was the second half of November, which is recommended.

Keywords: Plant Simulation Model, Planting Date, Sirvan Variety, Wheat Yield.

1- PhD student of irrigation and drainage, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- PhD student of irrigation and drainage, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3- PhD in Irrigation and Drainage, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran.
4- Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding author: Email: navidgholampoor77@gmail.com)