



تعیین زمان کاشت بهینه گندم با مدل آکواکراپ

پویا محمدی^۱، حسین انصاری^۲، فاطمه حاجی آبادی^۳✉، نوید غلامپور^۴

۱- دانشجو دکترا آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران..

۳- دکتری آبیاری و زهکشی و عضو گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۴- دانشجو دکترا آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

رشد گیاهان زراعی به عوامل مختلفی از جمله شرایط آب و هوایی، اقلیم و مدیریت کشاورزی وابسته است. تغییر در هر یک از این شرایط در میزان بازدهی محصول دخیل است. استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی به عنوان ابزاری کارآمد برای تحقیقات آزمایشی مطرح است. تأثیر تاریخ کاشت بهینه بر نحوه عملکرد گیاهان با ارزیابی خروجی‌های مدل گیاهی، سناریوهای کم آبیاری و شوری قابل بررسی می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است اثر تاریخ کاشت بهینه بر عملکرد گیاه گندم رقم سیروان در منطقه بیرجند بررسی شود. بدین منظور، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل انجام شد که در آن دو فاکتور شوری آب آبیاری در دو سطح (S1، S2) به ترتیب معادل ۶ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) و مقدار آب آبیاری در ۴ سطح (I1، I2، I3، I4) به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) در دو سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ و ۱۳۹۶-۱۳۹۷ اجرا گردید. مدل گیاهی Aqua Crop با استفاده از تیمارهای سال اول واسنجی و با استفاده از تیمارهای سال دوم صحت‌سنجی گردید و ارزیابی مدل با استفاده از پارامترهای آماری در محیط اکسل انجام شد. هدف اصلی این پژوهش بررسی و تعیین محدوده بهینه تاریخ کاشت گندم رقم سیروان، تحت تیمار آبیاری S1I3 می‌باشد که با اعمال سناریوی تاریخ کاشت بهینه از اول آبان‌ماه تا ۱۰ دی‌ماه (شامل ۷۰ روز) در مدل، نتایج خروجی مدل برای تیمار مورد بحث و بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد مقدار بهره‌وری آب محصول در بازه زمانی اواسط تا اواخر آبان‌ماه، متناظر با بازه زمانی افزایش عملکرد گیاه، افزایش یافته است و بازه زمانی بهینه برای این تیمار از تاریخ ۱۳۹۶/۸/۱۵ تا ۱۳۹۶/۸/۲۸ می‌باشد.

کلمات کلیدی: گندم رقم سیروان، عملکرد محصول، واسنجی و صحت‌سنجی، مدل‌سازی گیاهی.



۱- مقدمه

باتوجه به محدود بودن منابع آب برای کشاورزی و نیاز به تولید غذای بیشتر نسبت به رشد جمعیت جهان، استفاده از روش های کارآمد برای مصرف بهینه آب با حفظ بهره‌وری مصرف و نیز تولید غذای مناسب راهکاری برای سازگاری با بحران کمبود آب خواهد بود (شیاسی و همکاران، ۱۳۹۴). مدل های گیاهی جهت بهینه سازی عملیات مدیریتی در محیط های متغیر استفاده می شود که کاربرد آن در برون یابی نتایج حاصل، مفید هست. مدل ها اجازه مرور دوباره اطلاعات گذشته، شبیه سازی حال و پیش بینی آینده را می دهند و قابلیت تغییر در تمام موقعیت ها را دارند و نیز با اعمال مدیریت مناسب می توانند احتمال خطر در آینده را به حداقل برسانند. هدف اصلی مدل های گیاهی، کاربرد آن به عنوان ابزاری تحلیلی برای مطالعه اثر مدیریت سیستم های کشت روی عملکرد محصول است (مونتید، ۱۹۹۶). در این پژوهش از مدل گیاهی Aqua Crop استفاده شده است که به نسبت مدل های شبیه ساز دیگر، پارامترها و داده های ورودی کمتری برای شبیه سازی واکنش گیاه به آب احتیاج دارد و برای اغلب محصولات زراعی اصلی در سراسر جهان قابل استفاده است. گندم غذای اصلی مردم ایران و همواره محصولی مهم بوده که جنبه های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی زندگی مردم را تحت تأثیر خود داشته است. از این رو تولید گندم و خودکفایی آن یکی از مهم ترین اهداف دولت بوده است (موسوی و خلیلیان، ۱۳۸۴). گندم با تولید جهانی سالانه ۶۰۷ میلیون تن، بعد از ذرت و برنج رتبه سوم تولید را به خود اختصاص داده است. باتوجه به اینکه ایران رتبه هفتم جهان را از نظر حجم بالای مصرف گندم به خود اختصاص داده است، افزایش تولید گندم به کاهش قیمت غذا و کاهش فقر کمک شایانی خواهد کرد (زاهد، ۱۳۹۰). عوامل زیادی در فرایند رشد و عملکرد گیاهان تأثیرگذارند اما در این پژوهش اهمیت تاریخ کشت بهینه بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است. به طور کلی تعیین در ست تاریخ کشت موجب افزایش تولید محصول و همچنین باعث کاهش هزینه ها و انرژی می شود به همین دلیل از اهمیت بالایی به خصوص برای کشاورزان برخوردار است. برای پیش بینی و دستیابی به تاریخ کشت بهینه از نرم افزارهای شبیه ساز گیاهی هم استفاده می شود. در هر منطقه یک تاریخ کاشت بهینه وجود دارد که توسط شرایط آب و هوایی، فراهم بودن شرایط زمین، رطوبت، رقم و زمان محتمل برای شیوع آفات و بیماری ها تعیین می شود (راوسون، ۱۹۹۳). برای بسیاری از گیاهان زراعی در مناطق مختلف و تحت شرایط متفاوت آب و هوایی، تاریخ کاشت غیرفنی و نادرست منجر به افت شدید عملکرد و یا حتی شکست زراعت شده است. با مرور آزمایش های انجام شده بر روی گیاه گندم می توان به این نتیجه رسید که تأثیر تاریخ کاشت بهینه و درست نقش بسزایی در تولید و افزایش عملکرد گیاه ایفا می کند. در سایر محصولات زراعی نیز نتایجی مشابه حاصل شده است که همگی بر تعیین تاریخ دقیق کاشت و اهمیت آن به منظور دستیابی به عملکردهای بالاتر تأکید دارند. همچنین باید این نکته را نیز در نظر گرفت که کمبود آب در دسترس سبب اعمال تنش آبی به این گیاه می شود. تنش آبی یکی از عوامل محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می دهد (ابراهیمی و همکاران، ۲۰۱۹).

۲- داده ها و روش شناسی

هدف اصلی این پژوهش بررسی و تعیین محدوده بهینه تاریخ کاشت گندم رقم سیروان، تحت تیمار آبیاری تیمار I3 S1 با درصد آبیاری ۱۰۰ و شوری ۶ دسی زیمنس بر متر می باشد، که واسنجی و صحت سنجی مدل AquaCrop با داده های دو سال کشت گندم توسط (حاجی آبادی و همکاران، ۱۳۹۹) انجام شده بود که بدین منظور در منطقه بیرجند، آزمایشی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی به صورت فاکتوریل انجام شد، که در آن دو فاکتور شوری آب آبیاری در دو سطح (S1، S2) به ترتیب معادل ۶ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر) و مقدار آب آبیاری در ۴ سطح (I1، I2، I3 و I4 به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) در دو سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ و ۱۳۹۶-۱۳۹۷ اجرا گردید و در این تحقیق، سعی شد از اطلاعات مدل فوق استفاده گردد و با اعمال سناریوی تاریخ کاشت بهینه از اول آبان ماه تا ۱۰ دی ماه (شامل ۷۰ روز) در مدل، نتایج خروجی مدل مورد بحث و بررسی قرار گیرد. شهرستان بیرجند مرکز استان خراسان جنوبی می باشد، دارای آب و هوایی بیابانی و نیمه بیابانی است. زمستان های سرد و



تابستان های گرم و خشکی دارد. میانگین بارندگی ۱۷۱ میلی متر است. بیشترین بارش از آذرماه تا اردیبهشت ماه است (جعفرزاده و همکاران ۱۳۹۴). برای اطلاعات اقلیمی مورد نیاز از داده های روزانه ایستگاه سینوپتیک بیرجند استفاده و تبخیر-تعرق مرجع نیز از روش فائو پنمن مانیت با استفاده از نرم افزار ETo Caculator استفاده شد.

۱-۲- تئوری مدل AquaCrop

این مدل جدیدترین مدل شبیه سازی رشد گیاه است که بر پایه مقدار آب مصرفی می باشد که در مقایسه با سایر مدل های شبیه سازی رشد گیاه به پارامترهای کمتری نیاز دارد. مدل AquaCrop یکی از مدل های گیاهی است که در مناطق مختلف جهان از جمله ایران مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج مطلوبی در مقایسه با اندازه گیری های صحرایی داشته است. این مدل بر پایه نشریه شماره ۳۳ فائو و باهدف تحت پوشش قراردادن گستره وسیعی از محصولات باغی و زراعی و بدون داشتن نگاه اقلیمی و منطقه ای، با قابلیت استفاده در سرتاسر دنیا، گسترش یافت.

مدل AquaCrop با توجه به مقدار آب مصرف شده توسط گیاه میزان عملکرد محصول را بدون نیاز به تعداد قابل توجهی داده ورودی برآورد می کند. علاوه بر آن، این مدل توانایی برآورد اجزای بیابان آب خاک را در طول فصل زراعی دارد. مبنای محاسبات عملکرد در مدل AquaCrop از رابطه (۱) تبعیت می کند:

$$\frac{Y_X - Y_a}{Y_X} = K_y \left(\frac{ET_X - ET_a}{ET_X} \right) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن 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.

مدل AquaCrop با تفکیک اجزای تبخیر و تعرق گیاه (ET) به مقدار واقعی تعرق گیاه (Tr) و مقدار تبخیر از خاک (E) دو هدف اصلی را در طول محاسبات دنبال می کند. ابتدا با استفاده از مقادیر محاسبه شده تبخیر از خاک و مقادیر آب ورودی در قالب داده های ورودی به تکمیل و محاسبه اجزای بیابان آب خاک می پردازد. در بخش دیگر با استفاده از مقدار تعرق واقعی عملکرد محصول (Y_X) را با اتکا به شاخص برداشت (HI) محاسبه می کند. بدین ترتیب که با استفاده از شاخص بهره وری آب (WP) میزان زیست توده تولیدی (B) محاسبه و با کمک شاخص برداشت عملکرد محصول محاسبه می شود. پارامتر شاخص برداشت در این مدل جایگزین شاخص سطح برگ (LAI) است که عموماً در سایر مدل ها استفاده می شود. میزان پوشش تاج (CC) در محاسبات تبخیر از خاک و تعرق گیاه تأثیر فراوانی دارد.

مدل AquaCrop به چهار دسته داده ورودی شامل: داده های اقلیمی، گیاهی، خاک و مدیریت مزرعه ای نیاز دارد. مدل با استفاده از تیمارهای سال اول واسنجی و با استفاده از تیمارهای سال دوم صحت سنجی گردید و ارزیابی مدل با استفاده از پارامترهای آماری در محیط اکسل انجام شد.

۳- بحث و یافته ها

مقادیر حجم آب آبیاری و عملکرد دانه واقعی در تیمار S1I3 (آبیاری با ۱۰۰٪ آب مورد نیاز و شوری ۱٫۶ دسی زیمنس بر متر) در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین مقادیر شبیه سازی شده عملکرد دانه، بهره وری آب و بارندگی در تاریخ های کشت بین اول آبان تا ۱۰ دی برای سال ۱۳۹۶ در جدول ۲ ارائه شده است.



جدول ۱. مشخصات تیمار S1I3

نام تیمار	حجم آب آبیاری (میلی متر)	عملکرد دانه واقعی (تن بر هکتار)
S1I3 (۱۰۰٪)	۵۲۸	۳

جدول ۲. مقادیر شبیه سازی عملکرد محصول برای تیمار S1I3 در تاریخ های کشت مختلف

ردیف	تاریخ کشت	عملکرد دانه شبیه سازی شده (تن بر هکتار)	بهره وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	بارندگی (میلی متر)	ردیف	تاریخ کشت	عملکرد دانه شبیه سازی شده (تن بر هکتار)	بهره وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	بارندگی (میلی متر)
۱	۱۳۹۶/۰۸/۰۱	۰,۱	۰,۲۴	۷۲,۹	۳۶	۱۳۹۶/۰۹/۰۶	۲,۵	۰,۵۱	۸۵,۹
۲	۱۳۹۶/۰۸/۰۲	۰,۱	۰,۲۴	۷۳,۱	۳۷	۱۳۹۶/۰۹/۰۷	۲,۲	۰,۴۴	۸۵,۷
۳	۱۳۹۶/۰۸/۰۳	۰,۱	۰,۲۴	۷۳,۱	۳۸	۱۳۹۶/۰۹/۰۸	۲,۲	۰,۴۵	۸۵,۷
۴	۱۳۹۶/۰۸/۰۴	۰,۳	۰,۱۲	۷۳,۱	۳۹	۱۳۹۶/۰۹/۰۹	۲,۵	۰,۴۴	۸۵,۷
۵	۱۳۹۶/۰۸/۰۵	۰,۴	۰,۱۳	۷۳,۵	۴۰	۱۳۹۶/۰۹/۱۰	۲,۴	۰,۴۶	۸۵,۷
۶	۱۳۹۶/۰۸/۰۶	۰,۹	۰,۲۶	۷۳,۵	۴۱	۱۳۹۶/۰۹/۱۱	۲,۸	۰,۵۰	۸۵,۷
۷	۱۳۹۶/۰۸/۰۷	۱,۰	۰,۲۹	۷۳,۶	۴۲	۱۳۹۶/۰۹/۱۲	۲,۸	۰,۵۰	۸۵,۷
۸	۱۳۹۶/۰۸/۰۸	۱,۱	۰,۳۱	۷۳,۶	۴۳	۱۳۹۶/۰۹/۱۳	۲,۹	۰,۵۲	۸۵,۷
۹	۱۳۹۶/۰۸/۰۹	۰,۴	۰,۱۳	۷۳,۶	۴۴	۱۳۹۶/۰۹/۱۴	۲,۸	۰,۵۰	۸۵,۷
۱۰	۱۳۹۶/۰۸/۱۰	۰,۸	۰,۲۵	۷۳,۶	۴۵	۱۳۹۶/۰۹/۱۵	۲,۷	۰,۴۸	۸۵,۷
۱۱	۱۳۹۶/۰۸/۱۱	۱,۳	۰,۳۵	۷۵,۱	۴۶	۱۳۹۶/۰۹/۱۶	۲,۹	۰,۵۰	۸۵,۷
۱۲	۱۳۹۶/۰۸/۱۲	۱,۲	۰,۳۱	۷۵,۳	۴۷	۱۳۹۶/۰۹/۱۷	۳,۰	۰,۵۳	۸۵,۷
۱۳	۱۳۹۶/۰۸/۱۳	۲,۱	۰,۴۶	۷۵,۳	۴۸	۱۳۹۶/۰۹/۱۸	۳,۰	۰,۵۲	۸۵,۷
۱۴	۱۳۹۶/۰۸/۱۴	۲,۷	۰,۵۵	۷۶,۹	۴۹	۱۳۹۶/۰۹/۱۹	۲,۹	۰,۵۰	۸۵,۷
۱۵	۱۳۹۶/۰۸/۱۵	۳,۱	۰,۶۰	۷۷,۲	۵۰	۱۳۹۶/۰۹/۲۰	۲,۹	۰,۵۰	۸۵,۷
۱۶	۱۳۹۶/۰۸/۱۶	۳,۳	۰,۶۳	۷۷,۲	۵۱	۱۳۹۶/۰۹/۲۱	۳,۰	۰,۵۲	۸۵,۷
۱۷	۱۳۹۶/۰۸/۱۷	۳,۶	۰,۶۷	۷۷,۷	۵۲	۱۳۹۶/۰۹/۲۲	۲,۹	۰,۵۰	۸۵,۷
۱۸	۱۳۹۶/۰۸/۱۸	۳,۳	۰,۶۳	۸۶,۰	۵۳	۱۳۹۶/۰۹/۲۳	۲,۸	۰,۵۰	۸۵,۷
۱۹	۱۳۹۶/۰۸/۱۹	۳,۳	۰,۶۲	۸۶,۰	۵۴	۱۳۹۶/۰۹/۲۴	۲,۶	۰,۴۸	۸۵,۷
۲۰	۱۳۹۶/۰۸/۲۰	۳,۴	۰,۶۵	۸۶,۰	۵۵	۱۳۹۶/۰۹/۲۵	۲,۵	۰,۴۷	۸۵,۷
۲۱	۱۳۹۶/۰۸/۲۱	۳,۴	۰,۶۵	۸۶,۰	۵۶	۱۳۹۶/۰۹/۲۶	۲,۵	۰,۴۵	۸۵,۷
۲۲	۱۳۹۶/۰۸/۲۲	۳,۳	۰,۶۳	۸۶,۰	۵۷	۱۳۹۶/۰۹/۲۷	۲,۴	۰,۴۷	۸۵,۷
۲۳	۱۳۹۶/۰۸/۲۳	۳,۱	۰,۵۹	۸۶,۰	۵۸	۱۳۹۶/۰۹/۲۸	۲,۱	۰,۴۲	۸۵,۷
۲۴	۱۳۹۶/۰۸/۲۴	۳,۳	۰,۶۰	۸۶,۰	۵۹	۱۳۹۶/۰۹/۲۹	۲,۳	۰,۴۳	۸۵,۷
۲۵	۱۳۹۶/۰۸/۲۵	۳,۲	۰,۵۸	۸۶,۰	۶۰	۱۳۹۶/۰۹/۳۰	۲,۲	۰,۴۲	۸۵,۷
۲۶	۱۳۹۶/۰۸/۲۶	۳,۳	۰,۶۰	۸۶,۰	۶۱	۱۳۹۶/۱۰/۰۱	۲,۱	۰,۴۱	۸۵,۷
۲۷	۱۳۹۶/۰۸/۲۷	۳,۳	۰,۶۰	۸۶,۰	۶۲	۱۳۹۶/۱۰/۰۲	۲,۱	۰,۴۰	۸۵,۷
۲۸	۱۳۹۶/۰۸/۲۸	۳,۷	۰,۶۸	۸۶,۰	۶۳	۱۳۹۶/۱۰/۰۳	۲,۵	۰,۴۵	۸۵,۷
۲۹	۱۳۹۶/۰۸/۲۹	۳,۰	۰,۶۱	۸۶,۰	۶۴	۱۳۹۶/۱۰/۰۴	۲,۵	۰,۴۵	۸۵,۷
۳۰	۱۳۹۶/۰۸/۳۰	۲,۸	۰,۵۵	۸۶,۰	۶۵	۱۳۹۶/۱۰/۰۵	۲,۵	۰,۴۵	۸۵,۷
۳۱	۱۳۹۶/۰۹/۰۱	۲,۶	۰,۵۲	۸۶,۰	۶۶	۱۳۹۶/۱۰/۰۶	۲,۷	۰,۴۸	۸۵,۷
۳۲	۱۳۹۶/۰۹/۰۲	۲,۵	۰,۵۰	۸۶,۰	۶۷	۱۳۹۶/۱۰/۰۷	۲,۵	۰,۴۵	۸۵,۷
۳۳	۱۳۹۶/۰۹/۰۳	۲,۳	۰,۴۶	۸۵,۹	۶۸	۱۳۹۶/۱۰/۰۸	۲,۵	۰,۴۵	۸۵,۷
۳۴	۱۳۹۶/۰۹/۰۴	۲,۴	۰,۴۸	۸۵,۹	۶۹	۱۳۹۶/۱۰/۰۹	۲,۵	۰,۴۴	۸۵,۷
۳۵	۱۳۹۶/۰۹/۰۵	۲,۳	۰,۴۷	۸۵,۹	۷۰	۱۳۹۶/۱۰/۱۰	۲,۷	۰,۴۷	۸۵,۷

باتوجه به جدول ۲، بازه زمانی بهینه برای این تیمار از تاریخ ۱۳۹۶/۸/۱۵ تا ۱۳۹۶/۸/۲۸ می باشد و همان طور که در جدول ۳ مشاهده می شود، میانگین عملکرد دانه گندم در بازه زمانی بهینه، برابر با ۳,۳ تن بر هکتار است، در حالی که میانگین عملکرد دانه در خارج از این محدوده زمانی برابر با ۲,۲ تن بر هکتار می باشد. همچنین میانگین بهره وری از ۰,۴ به ۰,۶ کیلوگرم بر مترمکعب در بازه زمانی بهینه افزایش یافته است. میانگین بارش در محدوده بهینه بیشتر بوده و مقدار میانگین تبخیر و تعرق در این محدوده زمانی کمتر است که این خود نشان می دهد که عامل بارندگی در عملکرد محصول نقش بسزایی دارد.

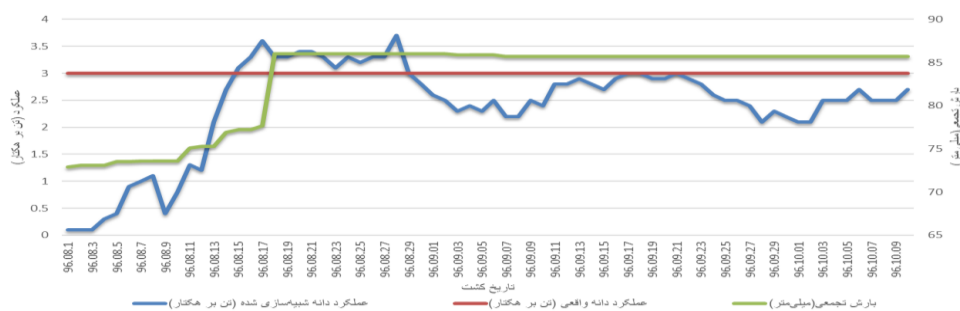


جدول ۳. نتایج برای تیمار S1I3 برای تعیین تاریخ کاشت بهینه

میانگین عملکرد دانه خارج از محدوده زمانی بهینه (تن بر هکتار)	میانگین عملکرد دانه در محدوده زمانی بهینه (تن بر هکتار)
۲,۲	۳,۳
میانگین بهره‌وری خارج از محدوده زمانی بهینه (کیلوگرم بر مترمکعب)	میانگین بهره‌وری در محدوده زمانی بهینه (کیلوگرم بر مترمکعب)
۰,۴	۰,۶
میانگین تبخیر عرق خارج از محدوده زمانی بهینه (میلی‌متر)	میانگین تبخیر عرق در محدوده زمانی بهینه (میلی‌متر)
۱۴۰۶,۰	۱۲۱۸,۷
میانگین بارش خارج از محدوده زمانی بهینه (میلی‌متر)	میانگین بارش در محدوده زمانی بهینه (میلی‌متر)
۸۲,۸	۸۴,۲

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، امکان افزایش عملکرد دانه با تغییر تاریخ کاشت وجود دارد. مقدار عملکرد دانه واقعی در آزمایش میدانی برای تیمار S1I3 برابر با ۳ تن در هکتار بوده است. در حالی که نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد امکان افزایش عملکرد تا ۳,۷ تن در هکتار وجود دارد.

در بررسی شرایط کشت ملاحظه می‌شود 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 آبان‌ماه تا ۱۰ دی‌ماه مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۱ مقدار بارش تجمعی پس از ۱۰ دی‌ماه تا پایان دوره کشت (۱۹۰ روز) نشان داده شده است. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که مقدار بارش تجمعی از اواخر دی‌ماه در منطقه مورد مطالعه کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه کاهش عملکرد شبیه‌سازی شده در محدوده زمانی بعد از اواخر آبان‌ماه می‌تواند به دلیل کاهش بارندگی در بازه کشت گیاه باشد.



شکل ۱. نمودار تعیین تاریخ کشت برای گندم رقم سیروان

در شکل ۲ مقدار شبیه‌سازی شده بهره‌وری آب محصول در تاریخ‌های کشت متفاوت نمایش داده شده است. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، مقدار بهره‌وری آب محصول در بازه زمانی اواسط تا اواخر آبان‌ماه، متناظر با بازه زمانی افزایش عملکرد گیاه، افزایش یافته است.



شکل ۲. نمودار مقادیر شبیه سازی شده برای گندم رقم سیروان با تیمار S1I3 در تاریخ های کشت متفاوت

۴- نتیجه گیری

باتوجه به نتایج حاصل از این پژوهش، می توان به این نتیجه رسید که در منطقه مورد مطالعه باتوجه به وضعیت بارندگی و شوری آب، کشت محصول مورد نظر در تاریخ بهینه کاشت، از نقطه نظر بهره وری آب بسیار مهم است. این مهم با شبیه سازی عملکرد توسط مدل اکوکراپ به دست آمد که نشان می دهد این مدل به خوبی توانسته است باتوجه به شرایط آب و هوایی و وضعیت شوری آب منطقه، عملکرد را مدل سازی نماید و امکان افزایش عملکرد دانه با تغییر تاریخ کاشت وجود دارد. مقدار عملکرد دانه واقعی در آزمایش میدانی برای تیمار S1I3 برابر با ۳ تن در هکتار بوده است. در حالی که نتایج شبیه سازی نشان می دهد امکان افزایش عملکرد تا ۳,۷ تن در هکتار وجود دارد.

۵- فهرست منابع

- جعفرزاده، ا. (۱۳۹۴). تهیه مدت بهره برداری از منابع آب زیرزمینی جهت تعیین الگو کشت بهینه در شرایط تغییر اقلیم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه بیرجند.
- حاجی آبادی، ف.، حسن پور، ف.، یعقوب زاده، م.، حمای، ح. و سیدی، س. (۱۳۹۹). ارزیابی اثر میزان و شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم سیروان. پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب). دوره ۳۴، شماره ۱، صفحات ۶۵-۷۸.
- شیاسی ارانی، م.، انصاری، ح. و داوری، ک. (۱۳۹۴). ارزیابی مدل اکوکراپ برای گندم زمستانه با اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد (مطالعه موردی: دشت مشهد). کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- زاهد، م. (۱۳۹۰). اثر تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام جدید و قدیم گندم. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. دوره ۱، شماره ۴، صفحات ۲۱۵-۲۰۱.
- موسوی، ح. و خلیلیان، ص. (۱۳۸۴). بررسی عوامل اثر گذار بر کارایی فنی تولید گندم. اقتصاد کشاورزی و توسعه. دوره ۱۳، شماره ۴، صفحات ۴۵-۶۰.

Ebrahimian, E., Seyyedi, S. M., Bybordi, A., Damalas, Ch. A. (2019). Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. *Agricultural Water Management*, 218, 149-157.

Monteith, J.L. (1996). The quest for balance in crop modelling. *Agronomy Journal* 88: 695-697.

Rawson, H. (1993). Radiation effects on rate of development in wheat grown under different photoperiods and high and low temperatures. *Funct Plant Biol.* 20: 719- 727.