Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱۴۰۰
۳۹-۵۲
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2021.17588.2625

شبیه‌سازی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب با استفاده از مدل SSM-Crop

منیره فغانی*[1]، خلیل قربانی[2]، قربان قربانی نصرآباد[3] و موسی حسام[2]

[1]دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب- آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران،
[2]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران،
[3]استادیار مؤسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲٤

چکیده

سابقه و هدف: پنبه به عنوان یکی از محصولات زراعی مهم در کشور از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و برای رسیدن به خودکفایی الیاف، نیاز به افزایش تولید آن می‌باشد. روش‌های صحیح مدیریت زراعی از جمله تاریخ کاشت، به‌منظور تعیین مناسب‌ترین شرایط رشد در راستای افزایش عملکرد و به حداکثر رسانیدن بهره‌وری از محیط رشد می‌باشد. تاریخ کاشت پنبه به‌دلیل محدودیت‌های محیطی و مواجه شدن دوره حساس پنبه با گرمای شدید تابستان و کشت دو محصول و سرمای زودرس و دیرهنگام ابتدا و انتهای فصل، از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف در این پژوهش دستیابی به بهترین تاریخ کاشت از لحاظ دستیابی به عملکرد بالا در پنبه و افزایش کارایی مصرف آب می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش داده‌های آماری ۳۵ ساله (۱۳۹۷-۱۳٦۳) ایستگاه هم‌دیدی هواشناسی هاشم‌آباد گرگان (بارش، دمای بیشینه، دمای کمینه، تابش خورشیدی روزانه) وارد مدل واسنجی شده آب و هوا و محصول (SSM-Crop) شده و با تعریف ۱۱ سناریوی تاریخ کاشت در مدل واسنجی‌شده آب و هوا و محصول (SSM-Crop) (۲٤ فروردین، ۳ اردیبهشت، ۱۳ اردیبهشت، ۲۳ اردیبهشت، ۲ خرداد، ۱۲ خرداد، ۲۲ خرداد، ۱ تیر، ۱۱ تیر، ۲۱ تیر، ۳۱ تیر)، تغییرات عملکردی و کارایی مصرف آب در پنبه و هم‌چنین خصوصیات آماری آن در سال‌های مختلف با شرایط آب و هوایی متفاوت بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از عملکرد و کارایی مصرف آب پیش‌بینی‌شده در مدل آب و هوا و محصول (SSM-Crop) نشان داد که با تأخیر در کاشت پنبه، متوسط عملکرد وش پنبه کاهش یافت اما بر اساس نتایج آزمون آماری t-student جهت مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد، نتایج عملکرد در تاریخ‌های کاشت مربوط به سناریوهای ۳، ۱۳ و ۲۳ اردیبهشت‌ماه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد در مورد متوسط کارایی مصرف آب از سناریوی ۲٤ فروردین الی سناریوی ۲ خرداد ماه روند افزایشی دیده شد و سپس از سناریوی ۲ خردادماه تا سناریوی ۳۱ تیرماه روند آن کاهشی بوده که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آن به‌ترتیب ۱۰/۰۷ و ۱/۷۵ در سناریوی ۲ خرداد و سناریوی ۳۱ تیرماه بود.

نتیجه‌گیری: پنبه گیاهی است که تاریخ کاشت می‌تواند نقش مؤثری در عملکرد و کارایی مصرف آب در آن داشته باشد اما بهترین تاریخ کاشت با توجه به مدل واسنجی‌شده آب و هوا و محصول، از نیمه دوم اردیبهشت تا اوایل خردادماه به‌دست آمد.

* مسئول مکاتبه: monir.faghani@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به کاهش متوسط عملکرد وش پنبه و متوسط کارایی مصرف آب به‌دلیل تأخیر کشت و دو کشت بودن در سال بسیاری از زمین‌های زراعی در گرگان، تأخیر در زمان کاشت به کشاورزان توصیه نمی‌شود و برای به‌دست آوردن عملکرد بهتر و استفاده بهینه از آب در کشت پنبه، استفاده از کشت نشایی پنبه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تأخیر کاشت، کشت نشایی، گرگان، مدیریت زراعی، واسنجی

مقدمه

پنبه از منابع اصلی تامین الیاف و روغن در ایران و جهان بوده و کنجاله آن از مواد غذایی با ارزش در بخش دامداری می‌باشد. هم‌چنین پنبه از محصولات زراعی مهمی است که در منطقه گرگان از دیرباز در سطح وسیعی کشت می‌شد. با توجه به الگوی کشت ۲ محصول در سال و مطابقت زمانی دوره رشد این محصول با فصل خشکی، تاریخ کاشت مهم‌ترین عاملی است که بر طول دوره رویشی و زایشی و توازن بین آن‌ها، سایر عوامل تولید و نهایتاً عملکرد و کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد. در واقع هدف از تاریخ مناسب کاشت دستیابی به زمانی است که مجموعه عوامل محیطی حادث در آن زمان برای سبز شدن، استقرار و بقای گیاهچه مناسب باشد ضمن آن‌که هر مرحله از رشد گیاه با شرایط مطلوب خود روبرو گردد و به شرایط نامناسب محیطی برخورد نکند. تاریخ کاشت اثر بارزی بر سرعت ظهور گیاهچه، شروع و طول مرحله غنچه‌دهی، غوزه‌دهی، باز شدن غوزه، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه رویا و تعداد شاخه زایا در پنبه دارد (۳). یکی از مزایای تاریخ کشت مناسب، ایجاد تطابق زمانی وقوع مراحل فنولوژیک گیاه با عوامل محیطی موثر بر آن‌ها می‌باشد به‌طوری‌که موجبات تولید عملکرد بالا را فراهم می‌آورد و با تأخیر در تاریخ کشت، وزن غوزه، تعداد غوزه رسیده، وزن هزاردانه کاهش و ریزش گل افزایش می‌یابد (۷). با بررسی اثر تاریخ کاشت بر کیفیت الیاف و درصد روغن بذر سه رقم پنبه در منطقه گرگان مشخص شد که با تأخیر در کاشت، درصد روغن بذر در همه ارقام کاهش می‌یابد (٦). تاریخ کاشت بر عملکرد و فنولوژی گیاه تغییرات بسیار مشخصی اعمال می‌کند به این صورت که با تأخیر در کاشت عملکرد نهایی وش و هم‌چنین عملکرد پنبه کاهش یافته و مرحله گلدهی گیاه بیش‌تر از سایر مراحل تحت‌تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفته و ریزش گل‌ها افزایش می‌یابد (۱). به‌منظور بررسی اثرات تاریخ کاشت دیرهنگام بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه (رقم سای اکرا) آزمایشی در سال ۱۳۸۱ در ایستگاه تحقیقات پنبه کارکنده-کردکوی انجام شد و نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت پنبه سبب کاهش عملکرد، تعداد غوزه در مترمربع و افزایش وزن و تعداد دانه در غوزه خواهد شد و بذرها و گیاهچه‌های کاشته‌شده در فروردین نسبت به کاشت‌های اردیبهشت و خرداد معمولاً با درجه حرارت‌های پایین خاک و هوا مواجه می‌شوند که این دمای پایین رشد گیاه را به تأخیر می‌اندازند و شیوع بیماری‌های گیاهچه‌ای را افزایش می‌دهد و علاوه بر این، تاریخ کاشت‌های زودتر زمان بیشتری برای گیاه برای تولید و بلوغ غوزه فراهم می‌کند (۱۳). تعداد روز تا باز شدن غوزه از ۱۳۵ روز در تاریخ کاشت ۱۲ نوامبر به ١٦١ روز در تاریخ کاشت ۲۹ ژانویه رسید (۹). به‌منظور تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت پنبه رقم ورامین در شرایط آب و هوایی شهرستان گرمسار، مراحل فنولوژیکی شامل جوانه‌زنی، شروع گل‌دهی، شروع غوزه‌دهی، باز شدن غوزه، رسیدگی و صفات تعداد غوزه در

www.SID.ir

Archive of SID

بوته، وزن هر غوزه، ارتفاع بوته و مقاومت یا حساسیت به بیماری‌ها و آفات یادداشت‌برداری شد و نتایج حاصل از تاریخ کاشت بر عملکرد وش و صفاتی مانند تعداد بوته در مترمربع، تعداد غوزه در بوته و ارتفاع بوته معنی‌دار بود اما این تیمار وزن غوزه را تحت‌تأثیر قرار نداد (۱۱). با بررسی رشد و عملکرد چهار رقم پنبه در دو تاریخ کاشت ۳۰ اردیبهشت و ۲۰ خرداد در فیصل‌آباد پاکستان، نتایج نشان داد که تاریخ کاشت نخست، از لحاظ تعداد گل در بوته، تعداد غوزه‌های باز شده در بوته، عملکرد وش و درصد الیاف نسبت به تاریخ کاشت دوم برتری داشت (۲). در آزمایشی دو ساله در منطقه‌ای با آب و هوای نیمه خشک در شمال غربی چین نتایج نشان داد که در چهار تاریخ کاشت مورد بررسی، عملکرد وش پنبه و کارایی مصرف آب در تاریخ کاشت نخست نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت برتری داشت (۸). تأخیر در کاشت به‌دلیل مواجه شدن دوره اوج گل‌دهی و غوزه‌دهی با شرایط گرم تیر و مردادماه موجب کاهش معنی‌دار عملکرد پنبه از طریق کاهش تعداد غوزه مؤثر بر عملکرد در پایان فصل رشد گردید (۱۰). پاسخ پنبه به سه تاریخ کاشت زود، متوسط و دیر (به‌ترتیب از پنجم می تا پایان همان ماه) نشان داد که میانگین عملکردهای تاریخ کاشت متوسط و دیر در چهار منطقه کارولینای شمالی به‌ترتیب ۳۱ و ۵۱ درصد تاریخ کاشت زودهنگام بود (۵). تاریخ کاشت زودهنگام، تعداد کل غوزه در گیاه، وزن غوزه و عملکرد وش را افزایش داد (٤). عملکرد پنبه در کاشت زودهنگام در مقایسه با کاشت در زمان معمول، ۱۰ درصد بیش‌تر بود (۱۲). هدف از این پژوهش بررسی اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه و هم‌چنین کارایی مصرف آب در این محصول با استفاده از مدل واسنجی شده آب، هوا و محصول (SSM-Crop) می‌باشد تا بر اساس ورود ۳۵ سال داده‌های آب و هوایی در منطقه هاشم‌آباد گرگان در مدل مذکور، بهترین سناریوی تاریخ کاشت معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی: منطقه مطالعاتی در این پژوهش ایستگاه تحقیقات پنبه هاشم‌آباد گرگان می‌باشد که ایستگاه هم‌دیدی هواشناسی کشاورزی هاشم‌آباد گرگان نیز در آن واقع شده است. این ایستگاه واقع در ۱۱ کیلومتری شمال غربی شهرستان گرگان با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۳٦ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی با ارتفاع متوسط ١٤ متر از سطح دریا می‌باشد و دارای آب و هوای مدیترانه‌ای بوده و زمستان‌های آن نسبتاً ملایم و تابستان‌های آن نسبتاً مرطوب است. متوسط بلندمدت بارش سالانه در این منطقه ۵۲۷ میلی‌متر بوده که عمده پراکنش آن در فصل‌های پاییز و زمستان است و متوسط سالانه دمای هوا در این ایستگاه ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این ایستگاه تحقیقاتی دارای خاکی با بافت سیلت کلی لوم و EC زیر یک دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. در ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد از سال ۱۳٦۳ شروع به داده برداری شده و داده‌های روزانه آن تا سال ۱۳۹۷ مورد استفاده قرار گرفت.

ساختار مدل: این مدل در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طراحی و ساخته شده است (١٦). در این مدل مقدار عملکرد پتانسیل بر مبنای داده‌های هواشناسی، شرایط خاک، نحوه مدیریت (مانند آبیاری) و پارامترهای گیاهی محاسبه می‌شود. مدل شبیه‌سازی را به‌صورت روزانه انجام می‌دهد و از اطلاعات قابل‌دسترس آب و هوا و خاک استفاده می‌کند (۱۵).

فنولوژی: پیش‌بینی دقیق فنولوژی گیاهان زراعی از ویژگی‌های ضروری مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی به شمار می‌رود. تولید و تسهیم ماده خشک در

www.SID.ir

Archive of SID

مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی تا حد زیادی به‌وسیله زمان‌بندی مراحل نمو تنظیم می‌شود (۱۷). فنولوژی براساس مفهوم واحد دمایی تعدیل شده و بر اساس مقدار رطوبت خاک پیش‌بینی می‌شود (۱۷). مدل مراحل سبزشدن، شروع مؤثر پر شدن دانه‌ها (در غوزه پنبه)، پایان مؤثر پر شدن دانه‌ها (در غوزه پنبه)، شروع پیرشدن برگ‌ها و رسیدگی را پیش‌بینی می‌کند. مدل، واکنش سرعت نسبی نمو در گیاه به میانگین دمای روزانه را با استفاده از یک تابع دندان مانند[1] توصیف می‌کند. بر اساس تابع دندان مانند سرعت نمو در یک دمای معین و کم‌تر از آن صفر می‌باشد که این دما، دمای پایه نامیده می‌شود. با افزایش دما نسبت به دمای پایه، سرعت نمو نیز افزایش می‌یابد و در دمایی به نام دمای مطلوب تحتانی، به حداکثر می‌رسد. با افزایش دما نسبت به دمای مطلوب تحتانی تا رسیدن به دمای مطلوب فوقانی، سرعت نمو در حداکثر مقدار خود باقی می‌ماند. با افزایش دما نسبت به دمای مطلوب فوقانی، سرعت نمو مجدداً کاهش می‌یابد تا این‌که در دمایی موسوم به دمای سقف به صفر می‌رسد. سرعت نمو در دمای بالاتر از دمای سقف نیز صفر می‌باشد.

بر اساس توضیحات ارائه شده مقدار واحد دمایی روزانه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$DTU=(TP1D-TBD)\times f(T) \quad (۱)$$

$$TU=\sum DTU \quad (۲)$$

که در آن‌ها، DTU واحد دمایی روزانه، TP1D دمای مطلوب تحتانی برای گیاه، TBD دمای پایه برای گیاه، f(T) سرعت نمو نسبی با توجه به دمای روزانه، TU واحد دمایی تجمعی.

گیاهان برای رسیدن به هر یک از مراحل (سبزشدن، شروع مؤثر پر شدن دانه‌ها، پایان مؤثر پر شدن دانه‌ها، شروع پیرشدن برگ‌ها و رسیدگی) نیاز به مقادیر مشخصی از واحد دمایی تجمعی دارند که این مقادیر به‌عنوان پارامترهای ورودی مدل (SSM-Crop) جهت مدل‌سازی مراحل فنولوژیک گیاهان محسوب می‌شوند. با محاسبه واحد دمایی روزانه از طریق رابطه ۱ و جمع این اعداد از زمان کاشت با استفاده از رابطه ۲، می‌توان زمان وقوع هر یک از مراحل فنولوژیک گیاه را پیش‌بینی کرد. سپس مرحله نمو نرمالیزه شده (NGS) که یک متغیر بدون بعد است و مقدار آن در کاشت صفر و در رسیدگی برداشت ۱ می‌باشد با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$NGS=CGDD/GDDM \quad (۳)$$

که در آن، GDDM زمان حرارتی مورد نیاز از کاشت تا رسیدگی برداشت برای رقم‌های زودرس، متوسط رس و دیررس به‌ترتیب (۱۳۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) و CGDD زمان حرارتی تجمعی برای مرحله نموی مورد نظر می‌باشد.

تولید و توزیع ماده خشک: در مدل تولید ماده خشک با روش ساده مبتنی بر کارایی استفاده از تشعشع (RUE)[2] پیش‌بینی می‌شود. مقدار PAR دریافت شده در هر روز (FINT) از شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی نور (K برای PAR) براساس قانون بیر- بوگر- لامبرت در مدل محاسبه می‌شود (۱۹). مقدار ماده خشک تولید شده در هر روز (DBP) از حاصل‌ضرب PAR دریافت شده، کسری از تشعشع رسیده که به‌وسیله جامعه گیاهی دریافت می‌شود (FINT، بدون واحد) و RUE به‌دست می‌آید:

1- Dent-link

2- Radiation use efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

$$DBP = PAR \times FINT \times RUE \quad (٤)$$

$$PAR = SRAD \times 0.5 \quad (٥)$$

مقدار ۰/۵ به عنوان ضریبی برای تبدیل کل تشعشع خورشیدی (SRAD) به تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در رابطه بالا منظور شده است. کسر تشعشع دریافت شده (FINT) به‌صورت تابع نمایی از LAI و ضریب استهلاک نور (KPAR) مطابق رابطه ٦ به‌دست می‌آید:

$$FINT = 1 - \exp(-K \times LAI) \quad (٦)$$

در این مطالعه مقدار KPAR برابر ۰/٦ تخمین زده شد (١٤). مقدار LAI طبق رابطه ۷ به‌دست می‌آید.

$$LAI = RLAI \times LAIMAX \quad (۷)$$

که در آن، LAI شاخص سطح برگ، LAIMAX حداکثر شاخص سطح برگ و RLAI نسبت LAI موجود به حداکثر LAI قابل حصول توسط محصول می‌باشد. مدل مقدار RUE در هر روز را از RUE در شرایط مطلوب IRUE و فاکتور تصحیح RUE برای دما (TCFRUE) محاسبه می‌نماید:

$$RUE = IRUE \times TCFRUE \quad (۸)$$

اگرچه RUE تحت شرایط مطلوب رشد ثابت بوده ولی دماهای نامناسب می‌توانند موجب کاهش آن شوند (۱۹). پارامترهای مشاهده شده برای پنبه در ایران در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱- پارامترهای SSM-Crop مشاهده شده برای پنبه در ایران.

Table 1. Observed parameters of SSM- Crop model for cotton in Iran.

مقدار value	علامت اختصاری (Abv)	پارامتر (واحد) Parameter (unit)
		فنولوژی Phenology
12	TBD	دمای پایه نمو Base temperature for development (°C)
30	TP1D	دمای بهینه تحتانی نمو Lower optimum temperature for development (°C)
30	TP2D	دمای بهینه فوقانی نمو Upper optimum temperature for development (°C)
45	TCD	دمای سقف نمو Ceiling temperature for development (°C)
1300-1600-2100	tuHAR	واحد دمایی لازم برای برداشت یا ریزش برگ Temperature unit for harvest (°C)
68-84-110	tuEMR	واحد دمایی لازم برای سبز شدن یا شروع رشد برگ Temperature unit from sowing to emergence(°C)
681-839-1101	tuBSG	واحد دمایی لازم برای شروع رشد بذر یا میوه Temperature unit from sowing to beginning seed growth(°C)
1105-1360-1785	tuTSG	واحد دمایی لازم برای پایان رشد بذر یا میوه Temperature unit from sowing to termination seed growth(°C)
1105-1360-1785	tuPM	واحد دمایی لازم برای رسیدگی فیزیولوژیکی (پایان تجمع ماده خشک) Temperature unit for physiological maturity (°C)
		پیری و توسعه سطح برگ Senescence and development of leaf area
(0.15 , 0.05)	x1, y1	نقطه شماره ۱ برای سطح برگ نرمال در مقابل واحد دمایی نرمال Point #1 for normalized leaf area vs normalized temperature unit
(0.5 , 0.95)	x2, y2	نقطه شماره ۲ برای سطح برگ نرمال در مقابل واحد دمایی نرمال Point #2 for normalized leaf area vs normalized temperature unit

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱-

Continue Table 1.

مقدار value	علامت اختصاری (Abv)	پارامتر (واحد) Parameter (unit)
5.3	LAIMX	شاخص سطح برگ حداکثر Maximum expected leaf area index
1235-1520-1995	tuBLS	واحد دمایی برای شروع پیری برگ Temperature unit for beginning leaf senescence Leaf senescence rate coefficient (°C)
1	SRATE	ضریب سرعت پیر شدن برگ‌ها Leaf senescence rate coefficient
8	FrzTh	آستانه انجماد برای مرگ برگ (دمای پایین) Freezing threshold for leaf death (Low temperature) (°C)
0.01	FrzLDR	مرگ برگ نسبی به ازای هر درجه کاهش دما زیر دمای پایین (آستانه انجماد) Relative leaf death per each degree below low temperature (freezing threshold)
37	HeatTH	دمای آستانه گرما برای پیرشدن برگ‌ها Heat threshold temperature for leaf senescence (°C)
0.1	HtLDR	افزایش نسبی سرعت پیری برگ به ازای هر درجه افزایش دما از دمای آستانه گرما Relative increase in leaf senescence rate per each degree above heat threshold (°C)
		تجمع ماده خشک Dry matter accumulation
10	TBRUE	دمای پایه برای تولید ماده خشک Base temperature for dry matter production (°C)
20	TP1RUE	دمای بهینه تحتانی برای تولید ماده خشک Lower optimum temperature for dry matter production (°C)
40	TP2RUE	دمای بهینه فوقانی برای تولید ماده خشک Upper optimum temperature for dry matter production (°C)
50	TCRUE	دمای سقف برای تولید ماده خشک Ceiling temperature for dry matter production (°C)
0.6	KPAR	ضریب خاموشی برای تشعشع فعال فتوسنتزی Extinction coefficient for photosyntheticaly active radiation
7/1	IRUE	کارایی استفاده از تشعشع در شرایط رشد بهینه Radiation use efficiency under optimal growth conditions (g MJ^{-1})
0.8	C3C4	ضریب برای واکنش کارایی استفاده از تشعشع به غلظت CO_2
		تشکیل عملکرد Yield Formation
0.4	HImax	بیشترین مقدار شاخص برداشت Maximum harvest index/Liner increase in harvest index
10	MC	محتوای رطوبت وش Moisture content (%, dwb)
		روابط آب و خاک Water and soil relations
200	iDEPORT	عمق اولیه ریشه در زمان سبز شدن یا شروع رشد برگ Initial depth of roots at emergence or beginning of growth (mm)
0.05	frBRG	کسر زمان حرارتی برای شروع رشد ریشه Fraction of tuHAR for beginning root growth(°C)
0.55	frTRG	کسر زمان حرارتی برای پایان رشد ریشه Fraction of tuHAR for termination root growth frTRG(°C)
1000	MEED	بیشترین عمق موثر ریشه Maximum effective depth of water extraction from soil (mm)
5	TEC	ضریب کارایی تعرق Transpiration efficiency coefficient (Pa)
0.3	WSSG	آستانه FTSW وقتی تولید ماده خشک شروع به کاهش می‌کند FTSW threshold when dry matter production starts to decline WSSG
0.4	WSSL	آستانه FTSW وقتی توسعه سطح برگ شروع به کاهش می‌کند FTSW threshold when leaf area development starts to decline WSSL
0.5	WSSD	ضریب تغییر سرعت نمو در شرایط کمبود آب A coefficient that specifies acceleration or retardation in development in response to water deficit

www.SID.ir

Archive of SID

سناریوهای تاریخ کاشت: در این پژوهش بعد از ورود پارامترهای هواشناسی هاشم‌آباد گرگان (۱۳۹۷-۱۳۶۳) در مدل (SSM-Crop)، ۱۱ سناریو تاریخ کاشت (۲٤ فروردین، ۳ اردیبهشت، ۱۳ اردیبهشت، ۲۳ اردیبهشت، ۲ خرداد، ۱۲ خرداد، ۲۲ خرداد، ۱ تیر، ۱۱ تیر، ۲۱ تیر، ۳۱ تیر) تعریف شد. در هر سناریو برای هر ۳۵ سال داده هواشناسی شامل بارش، بیشینه دما، کمینه دما و تابش خورشیدی در مقیاس زمانی روزانه، مدل (SSM-Crop) اجراء شد تا تغییرات عملکردی و هم‌چنین کارایی مصرف آب در پنبه در سال‌های مختلف با شرایط آب و هوایی متفاوت بررسی شود.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از مدل (SSM-Crop) نشان داد که با تأخیر در تاریخ کاشت، متوسط عملکرد وش پنبه کاهش می‌یابد به طوری که در سناریوی تاریخ کاشت ۳۱ تیرماه کم‌ترین عملکرد پنبه به صفر رسید که این بدان علت است که با تاخیر در تاریخ کاشت، فصل گلدهی پنبه با فصل سرما متقارن شده و این سبب شده که یا پنبه به گلدهی نرسیده و یا غوزه‌هایی که تشکیل می‌شوند ضعیف بوده و باز نشوند و همچنین ضریب تغییرات عملکرد وش پنبه به‌ازای تأخیر در تاریخ کاشت به‌خصوص در خرداد و تیرماه تفاوت فاحش داشته که این نشان‌دهنده متفاوت بودن عملکرد پنبه در دو شرایط مشابه بوده است (جدول ۲).

جدول ۲- خلاصه آماری عملکرد پنبه در سناریوهای مختلف تاریخ کاشت.

Table 2. Statistical summary of cotton yield in different scenarios of planting date.

ضریب تغییرات عملکرد پنبه Coefficient of variation of cotton yield	انحراف از معیار عملکرد پنبه (کیلوگرم در هکتار) Standard deviation of cotton yield (kg/ha)	دامنه تغییرات عملکرد پنبه (کیلوگرم در هکتار) Range of cotton yield changes (kg/ha)	متوسط عملکرد پنبه (کیلوگرم در هکتار) Average cotton yield (kg/ha)	کم‌ترین عملکرد پنبه (کیلوگرم در هکتار) Minimum cotton yield (kg/ha)	بیش‌ترین عملکرد پنبه (کیلوگرم در هکتار) Maximum cotton yield (kg/ha)	سناریو تاریخ کاشت Scenario of planting date
0.061	302.30	1316	4910	4419	5737	۲٤ فروردین 13 April
0.060	294.38	1339	4850	4396	5735	۳ اردیبهشت 23 April
0.061	295.52	1487	4780	4248	5735	۱۳ اردیبهشت 3 May
0.071	335.92	1687	4730	4049	5735	۲۳ اردیبهشت 13 May
0.107	499.20	3280	4650	2455	5735	۲ خرداد 23 May
0.106	486.43	2817	4550	2517	5333	۱۲ خرداد 2 June
0.178	758.83	3564	4240	1674	5238	۲۲ خرداد 12 June
0.288	908.73	3652	3150	1055	4708	۱ تیر 22 June
0.434	906.17	3584	2090	154	3737	۱۱ تیر 2 July
0.558	647.51	2705	1160	35	2740	۲۱ تیر 12 July
0.934	439.11	1502	470	0	1502	۳۱ تیر 22 July

www.SID.ir

Archive of SID

خروجی‌های مربوط به تعداد آبیاری، مقدار آب مصرفی، بارش، متوسط عملکرد پنبه، کل ماده خشک، متوسط کارایی مصرف آب از مدل (SSM-Crop) استخراج شد. تمامی صفات مذکور با تأخیر در تاریخ کاشت کاهش یافته ولی متوسط کارایی مصرف آب از اواخر فروردین‌ماه تا اوایل خردادماه سیر صعودی داشته داشته به‌طوری‌که سناریوی ۲ خردادماه با مقدار ۱۰/۰۷ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) بیش‌ترین متوسط کارایی مصرف آب را داشته و از سناریوی ۲ خردادماه به بعد متوسط کارایی مصرف آب سیر نزولی داشته و در سناریوی ۳۱ تیرماه متوسط کارایی مصرف آب به کم‌ترین مقدار خود یعنی ۱/۷۰ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) رسیده است (جدول ۳).

جدول ۳- صفات شبیه‌سازی‌شده در مدل SSM-Crop در انواع سناریوهای تاریخ کاشت.

Table 3. Simulated traits in Ssm-Crop model in different planting date scenarios.

سناریو تاریخ کاشت Scenario of planting date	تعداد آبیاری Irrigation number	مقدار آب مصرفی (میلی‌متر) Amount of water use (mm)	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	متوسط عملکرد پنبه (کیلوگرم در هکتار) Average cotton yield (kg/ha)	کل ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Total dry matter (kh/ha)	متوسط کارایی مصرف آب (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) Average water use efficiency (kg/ha/mm)
۲٤ فروردین 13 April	5	311	198	4910	12250	9.65
۳ اردیبهشت 23 April	5	308	194	4850	12110	9.66
۱۳ اردیبهشت 3 May	5	290	196	4780	11970	9.82
۲۳ اردیبهشت 13 May	4	286	191	4730	11870	9.89
۲ خرداد 23 May	4	275	187	4650	11780	10.07
۱۲ خرداد 2 June	4	268	187	4550	11690	9.99
۲۲ خرداد 12 June	4	254	178	4240	11400	9.80
۱ تیر 22 June	4	223	173	3150	10290	7.95
۱۱ تیر 2 July	3	192	160	2090	9020	5.92
۲۱ تیر 12 July	3	158	154	1160	7770	3.70
۳۱ تیر 22 July	3	130	145	470	6400	1.70

در سناریوی ٢٤ فرودین‌ماه بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد پنبه به‌ترتیب ٥٧٣٧ و٤٤٦٠ (کیلوگرم در هکتار) در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹٦ بوده است. کارایی مصرف آب در سناریوی ٢٤ فروردین‌ماه با مقدار ۱۳/۵۲ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۸٦ بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آن ٦/٠٥ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳٦۸ دیده شد (شکل ۱). در سناریوی ۳ اردیبهشت‌ماه بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد پنبه مشابه سناریوی ٢٤ فروردین‌ماه بود. کارایی مصرف آب در سناریوی ۳ اردیبهشت‌ماه

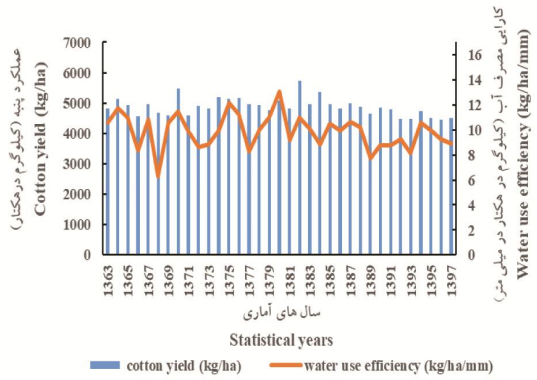
www.SID.ir

Archive of SID

با مقدار ۱۳/۰۱ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۸۰ بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین آن ٦/۲۸ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳٦۸ بوده است (شکل ۲). در سناریوی ۱۳ اردیبهشت‌ماه بیش‌ترین عملکرد پنبه مشابه سناریوی ۲٤ فروردین و ۳ اردیبهشت‌ماه بوده و کم‌ترین عملکرد آن ٤۲٤۸ (کیلوگرم در هکتار) در سال ۱۳۷۳ مشاهده شد. کارایی مصرف آب در سناریوی ۱۳ اردیبهشت‌ماه با مقدار ۱۳/۳۵ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳٦٤ بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین آن ٦/۳٤ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳٦۸ بوده است (شکل ۳). در سناریوی ۲۳ اردیبهشت‌ماه بیش‌ترین عملکرد پنبه مشابه سناریوهای قبل و کم‌ترین عملکرد آن با مقدار ٤۰٤۹ (کیلوگرم در هکتار) در سال ۱۳٦۷ دیده شد. کارایی مصرف آب در سناریوی ۲۳ اردیبهشت‌ماه با مقدار ۱۲/۱۹ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳٦٤ بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین آن ٦/۹۰ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳٦۸ بوده است (شکل ٤). در سناریوی ۲ خردادماه بیش‌ترین عملکرد پنبه نیز مشابه سناریوهای قبل و کم‌ترین عملکرد آن با مقدار ۲٤۵۵ (کیلوگرم در هکتار) در سال ۱۳۸۳ مشاهده شد. کارایی مصرف آب در سناریوی ۲ خردادماه با مقدار ۱۳/۹۵ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۸۲ بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین آن٦/۲۰ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۸۳ شبیه‌سازی گردید (شکل ۵). در سناریوی ۱۲ خردادماه بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد پنبه به‌ترتیب ۵۳۳۳ و ۲۵۱۷ در سال‌های ۱۳٦٤ و ۱۳۸۳ بوده است. کارایی مصرف آب در سناریوی ۱۲ خردادماه با مقدار ۱۳/۳۸ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۷۸ بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین آن ٦/۰۹ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۸۳ دیده شد (شکل ٦). در سناریوی ۲۲ خردادماه بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد پنبه به‌ترتیب ۵۲۳۸ و ۱٦۷٤ (کیلوگرم در هکتار) در سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۸٤ دیده شد. کارایی مصرف آب در سناریوی ۲۲ خردادماه با مقدار ۱۳/۳٤ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۷۹ بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین آن ۵/۳۳ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۸٤ مشاهده شد (شکل ۷). در سناریوی ۱ تیرماه بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد پنبه به‌ترتیب ٤٤۲۳ و ۱۰۵۵ (کیلوگرم در هکتار) در سال‌های ۱۳٦۹ و ۱۳٦۷ دیده شد. کارایی مصرف آب در سناریوی ۱ تیرماه با مقدار۱۲/۲۱ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۸۱ بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین آن ۳/۰۸ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳٦۷ بوده است (شکل ۸). در سناریوی ۱۱ تیرماه بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد وش پنبه به‌ترتیب ۳۷۲۵ و ۱۵٤ (کیلوگرم در هکتار) در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۸۲ مشاهده شد. کارایی مصرف آب در سناریوی ۱۱ تیرماه با مقدار ۹/۷٦ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۸۱ بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین آن ۰/۵۸ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۸۱ بوده است (شکل ۹). در سناریوی ۲۱ تیرماه بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد پنبه به‌ترتیب ۲۷٤۰ و ۳۵ (کیلوگرم در هکتار) در سال‌های ۱۳۹٦ و ۱۳٦٦ بوده است. کارایی مصرف آب در سناریوی ۲۱ تیرماه با مقدار ۷/٤٤ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۹٦ بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین آن ۰/۱٦ (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر آب) در سال ۱۳٦٦ دیده شد (شکل ۱۰). در سناریوی ۳۱ تیرماه بیش‌ترین عملکرد وش پنبه ۱۵۰۲ (کیلوگرم در هکتار) در سال ۱۳۹٦ و کم‌ترین عملکرد پنبه ۰ (کیلوگرم در هکتار) در ۸ سال از ۳۵ سال آماری بوده است. کارایی مصرف آب در سناریوی ۳۱ تیرماه با مقدار ۵/۱۱ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در سال ۱۳۹٦ بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین آن ۰ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر آب) در ۸ سال بوده است (شکل ۱۱).

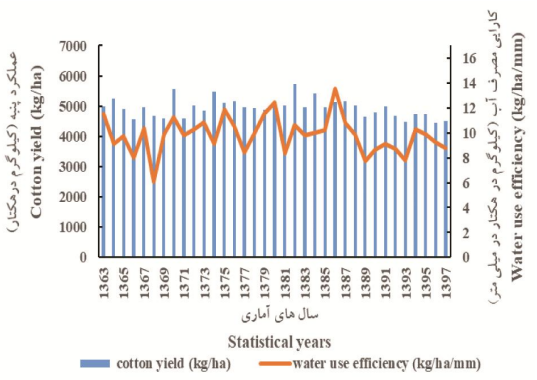
www.SID.ir

Archive of SID



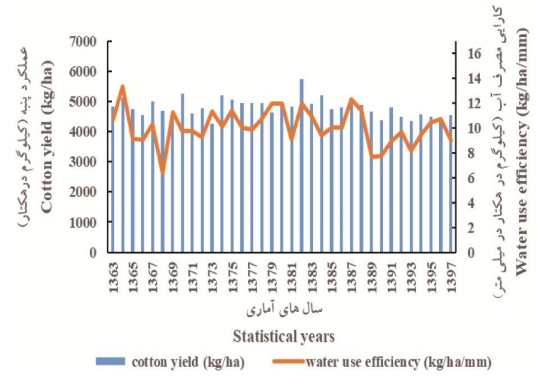
شکل ۱- عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب در سناریوی ۲۴ فروردین.

Fig. 1. Cotton yield and water use efficiency in 13 April scenario.



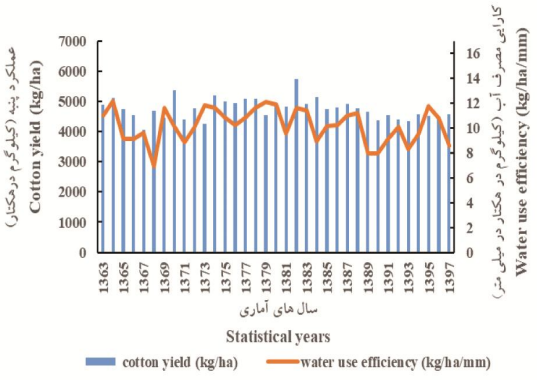
شکل ۲- عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب در سناریوی ۳ اردیبهشت.

Fig. 2. Cotton yield and water use efficiency in 23 April scenario.



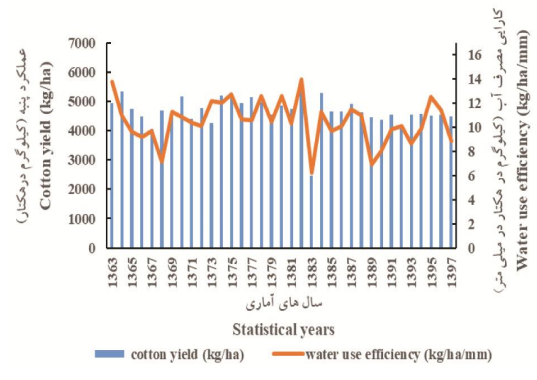
شکل ۳- عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب در سناریوی ۱۳ اردیبهشت.

Fig. 3. Cotton yield and water use efficiency in 3 May scenario.



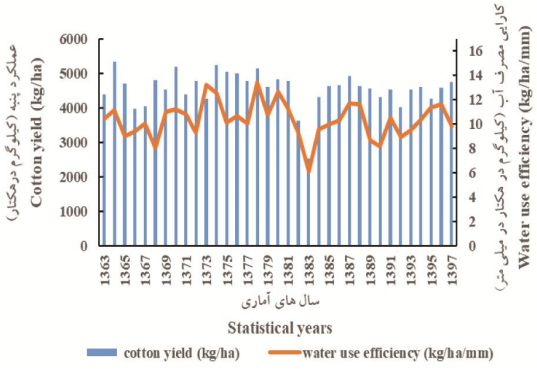
شکل ٤- عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب در سناریوی ۲۳ اردیبهشت.

Fig. 4. Cotton yield and water use efficiency in 13 May scenario.



شکل ۵- عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب در سناریوی ۲ خرداد.

Fig. 5. Cotton yield and water use efficiency in 23 May scenario.

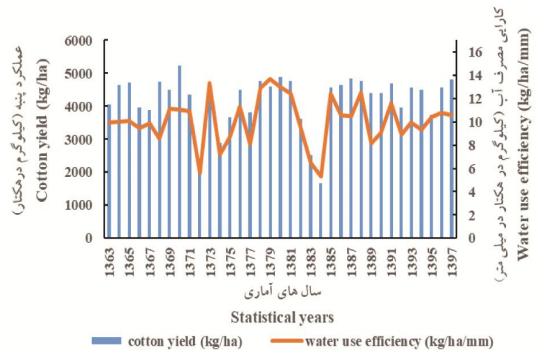


شکل ٦- عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب در سناریوی ۱۲ خرداد.

Fig. 6. Cotton yield and water use efficiency in 2 June scenario.

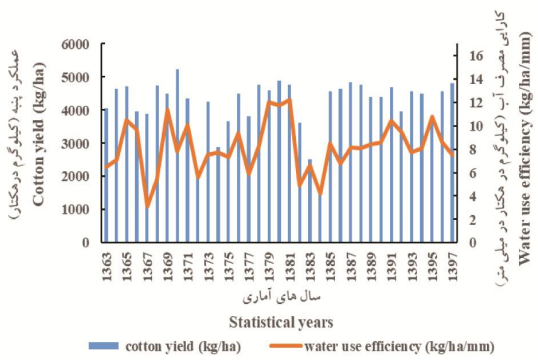
www.SID.ir

Archive of SID



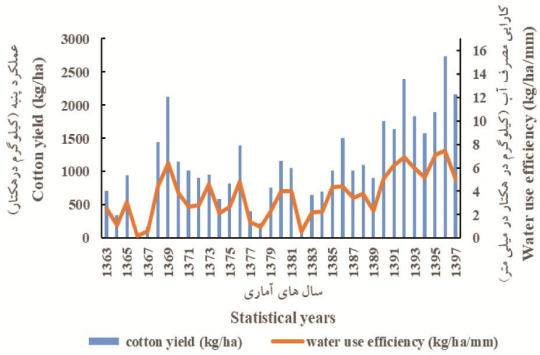
شکل ۷- عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب در سناریوی ۲۲ خرداد.

Fig. 7. Cotton yield and water use efficiency in 12 June scenario.



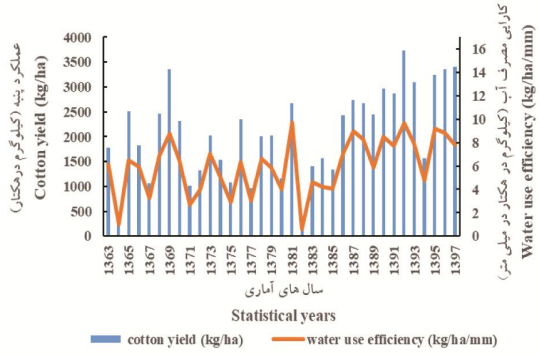
شکل ۸- عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب در سناریوی ۱ تیر.

Fig. 8. Cotton yield and water use efficiency in 22 June scenario.



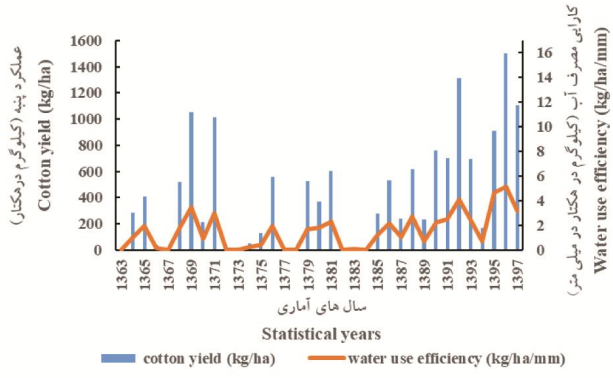
شکل ۹- عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب در سناریوی ۱۱ تیر.

Fig. 9. Cotton yield and water use efficiency in 2 July scenario.



شکل ۱۰- عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب در سناریوی ۲۱ تیر.

Fig. 10. Cotton yield and water use efficiency in 12 July scenario.



شکل ۱۱- عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب در سناریوی ۳۱ تیر.

Fig. 11. Cotton yield and water use efficiency in 22 July scenario.

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب با استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌ها: برای این منظور از آزمون t-student استفاده شد و آماره آزمون براساس معیار P-value برای بررسی معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها در سطح ۵ درصد آزمون شد. در صورتی که مقدار P-value بیش‌تر از ۰/۰۵ باشد بین سناریوهای کاشت تفاوت عملکرد معنی‌داری وجود ندارد. با توجه به میزان عملکرد در سناریوهای مختلف تاریخ کاشت تعریف شده در این پژوهش، بهترین تاریخ‌های کاشت مربوط به سناریوهای ۳ و ۱۳ و ۲۳ اردیبهشت‌ماه بود و آزمون t-student نیز اختلافات جزئی عملکردی آن‌ها را در طول ۳۵ سال اجرای مدل معنی‌دار تشخیص نداد (جدول‌های ٤ و ۵). نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از پژوهش‌ها (۱، ٦ و ۱۳)، از لحاظ کاهش عملکرد پنبه به‌ازای تأخیر در کاشت مشابه بوده است. به‌منظور بررسی بیش‌تر در نتایج حاصل از مدل واسنجی شده، پیشنهاد می‌شود پنبه در چند تاریخ از سناریوهای تاریخ کاشت، در مزرعه هاشم‌آباد کشت شود و نتایج حاصل از پارامترهای شبیه‌سازی‌شده در مدل با همان پارامترها در کشت مستقیم پنبه با یکدیگر مقایسه گردد و میزان تطابق آن‌ها سنجیده شود.

جدول ٤- مقدار P-value آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش t-student.

Table 4. P-value of mean comparison test by t-student.

۲ خرداد 23 May	۲۳ اردیبهشت 13 May	۱۳ اردیبهشت 3 May	۳ اردیبهشت 23 April	۲٤ فروردین 13 April	سناریو تاریخ کاشت Scenario of planting date
0.007	0.012	0.046	0.345	-	۲٤ فروردین 13 April
0.037	0.093	0.277	-	0.345	۳ اردیبهشت 23 April
0.187	0.498	-	0.277	0.046	۱۳ اردیبهشت 3 May
0.431	-	0.498	0.093	0.012	۲۳ اردیبهشت 13 May
-	0.431	0.197	0.037	0.007	۲ خرداد 23 May
0.337	0.057	0.013	0.001	0	۱۲ خرداد 2 June
0.005	0	<0.0001	<0.0001	<0.0001	۲۲ خرداد 12 June
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	۱ تیر 22 June
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	۱۱ تیر 2 July
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	۲۱ تیر 12 July
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	۳۱ تیر 22 July

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقدار P-value آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش t-student.

Table 5. P-value of mean comparison test by t-student.

سناریو تاریخ کاشت Scenario of planting date	۱۲ خرداد 2 June	۲۲ خرداد 12 June	۱ تیر 22 June	۱۱ تیر 2 July	۲۱ تیر 12 July	۳۱ تیر 22 July
۲٤ فروردین 13 April	0	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
۳ اردیبهشت 23 April	0.001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
۱۳ اردیبهشت 3 May	0.013	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
۲۳ اردیبهشت 13 May	0.057	0	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
۲ خرداد 23 May	0.337	0.005	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
۱۲ خرداد 2 June	-	0.035	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
۲۲ خرداد 12 June	0.035	-	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
۱ تیر 22 June	<0.0001	<0.0001	-	<0.0001	<0.0001	<0.0001
۱۱ تیر 2 July	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	<0.0001	<0.0001
۲۱ تیر 12 July	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	<0.0001
۳۱ تیر 22 July	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-

نتیجه‌گیری

در بررسی اثر تاریخ کشت بر عملکرد پنبه و کارائی مصرف آب در منطقه گرگان که بر اساس اجرای مدل واسنجی‌شده آب و هوا و محصول (SSM-Crop) در یک دوره آماری ۳۵ ساله اجراء شده است مهم‌ترین نتایج به‌دست آمده عبارتند از: ۱. بهترین زمان کاشت پنبه در گرگان بدون افت قابل‌توجه عملکرد از اواخر فروردین تا اواخر خرداد می‌باشد به‌طوری‌که در این زمان بالاترین عملکرد در بین سال‌های مختلف به‌دست می‌آید. ۲. از اواخر تیرماه به بعد با توجه به سرد شدن هوا در زمان غوزه‌دهی و عدم باز شدن غوزه‌ها عملکرد به شده افت پیدا کرده به‌طوری‌که عملاً عملکردی حاصل نمی‌شود. ۳. در سال‌های اول شبیه‌سازی در تاریخ کاشت ۲۱ تیر عملکرد صفر و یا بسیار کم بود اما در سال‌های اخیر عملکرد حاصل شد که در واقع به‌دلیل گرم‌تر شدن هوا در سال‌های اخیر است. ٤. با وجود این‌که در مدل آب و هوا و محصول شرایط آبیاری برای پنبه در نظر گرفته شد و کمبود نیاز آبی با آبیاری تأمین شد با این وجود در سال‌های مختلف به‌دلیل متنوع بودن شرایط آب و هوایی، عملکردهای متفاوتی به‌دست آمد و این نقش شرایط آب و هوایی به‌ویژه بارش را در عملکرد محصولات زراعی نشان می‌دهد. ۵. با تأخیر در کاشت از اواخر فروردین، متوسط تعداد دفعات آبیاری کاهش می‌یابد به‌دلیل این‌که طول دوره رشد کاهش یافته و هم‌چنین دوره فنولوژی

www.SID.ir

Archive of SID

گلدهی که حساس‌ترین دوره به کم‌آبی می‌باشد با فصل بارش و هم‌چنین سردی هوا مطابق می‌شود. با این حال کارایی مصرف آب تا اوایل خرداد افزایشی و پس از آن به‌دلیل افت عملکرد محصول کاهشی خواهد بود. ٦. در پایان با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص می‌شود که برای به‌دست آوردن عملکرد بهتر و استفاده بهینه از آب در کشت پنبه، تأخیر در زمان کاشت توصیه نمی‌شود ولی با توجه به این‌که بیش‌تر زمین‌های زراعی در گرگان در سال دوبار کشت می‌شوند و برداشت محصول اول ممکن است تا اواخر خرداد طول بکشد پس به کشاورزان توصیه می‌شود تا به کشت نشایی پنبه توجه خاصی کنند.

منابع

1. Adamsen, F.J. 2005. Planting date effect on flowering seed yield and oil content. Agron. J. 3: 132-145.
2. Arshad, M., Wajid, A., Maqsood, M., Hussain, K., Aslam, M. and Ibrahim, M. 2007. Response of growth, yield and quality of different cotton cultivars to sowing dates. Pak. J. Agric. Sci. 44: 2. 208-212.
3. Eid, H.M., Hosny, A., Ainer, N.G. and Sherif, M.A. 1992. Prediction of seed cotton yield under different sowing dates and plant population densities in middle Egypt. Ann. Agric. Sci. (Cario). 1: 205-218.
4. Eldebaby, A.S., Hammam, G.Y. and Nagible, M.A. 1995. Effect of planting date. N and P application levels on the yield of giza 80 cotton cultivar. Ann. Agric. Sci. Moshtohor.
5. Guthrie, D.S. 1991. Cotton response to starter fertilizer placement and planting dates. Agron. J. 83: 836-839.
6. Gadry, F. and Latefi, N. 2006. Effect of planting date on fiber quality and seed oil content of cotton cultivars in Gorgan. Agric. Res. J. 3: 20-32.
7. Ghayame Tafaroshe, A. 2008. Cotton. J. Agric. Sci. Agric. 9: 25-27. (In Persian)
8. Huang, J. 2016. Different sowing dates affected cotton yield and yield components. Int. J. Plant. Pro. 10: 1. 63-68.
9. Lamas, F.M., Vieira, J.M., Begaza, J.C. E.O. and Sediama, C.S. 1989. Study of the interaction of between row spacing and sowing date in tree cotton crops. Rev. Cer. 36: 247-263.
10. Mehrabadi, H.R. 2000. Effect of Different Pplanting dates and methods on quantity and quality traits of Varamin cotton cultivar. J. Comp. Pathol. 7: 2. 61-72. (In Persian)
11. Naderi Arefi, A. and Abedini Esfahlani, M. 2013. Effect of planting date and final irrigation on cotton yield at Garmsar condition. J. Agric. 15: 3. 201-211. (In Persian)
12. Pettigrew, W.T. 2002. Improved yield potential with and early planting cotton production system. Agron. J. 87: 947-952.
13. Panjeh Koob, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Gagari, A. 2007. Effect of late sowing dates and plant density on yield and yield components of cotton. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 13: 2. 157-168. (In Persian)
14. Soltani, A. and Sinclair, T.R. 2012. Modeling physiology of crop development, growth and yield. Europ. J. Agron. 44: 13-22.
15. Soltani, A. and Sinclair, T.R. 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. Field Crops Res. 124: 252-260.
16. Soltani, A., Maddah, V. and Sinclair, T.R. 2013. SSM-Wheat: a simulation model for wheat development, growth and yield. Int. J. Plant Prod. 7: 711-740.
17. Sinclair, T.R., Kitani, S., Hinson, K., Bruniard, J. and Horie, T. 1991. Soybean flowering date: linear and logistic models based on temperature and photoperiod. Crop Sci. 31: 786-790.
18. Sinclair, T.R. 2006. A reminder of the limitations in using Beer's law to estimate daily radiation interception by vegetation. Crop Sci. 46: 2343-2347.
19. Soltani, A. 2009. Mathematical modeling in filed crops. Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad University Publications. 175p. (In Persian)

www.SID.ir