

مدل‌سازی تأثیر کشت نشایی بر عملکرد و مصرف آب سویا در شرایط گرگان

گلشاد سلیمان‌زاده^۱، افشین سلطانی^{۲*}، بنیامین ترابی^۳، حسین ابراهیمی^۴ و احسان شاکری^۵

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰)

چکیده

کشت نشایی محصولات زراعی یکی از روش‌هایی است که در سال‌های اخیر به‌عنوان یک روش مؤثر برای مصرف بهینه آب و حصول عملکرد بالاتر پیشنهاد شده است. شبیه‌سازی شرایط کشت نشایی با استفاده از مدل‌های مرتبط از مهم‌ترین ابزارهایی است که قابلیت بررسی اثر این نوع سیستم کاشت بر عملکرد، مصرف آب و سایر خصوصیات سویا را دارد. به این منظور تأثیر کشت نشایی بر عملکرد و مقدار مصرف آب سویا تابستانه در گرگان با استفاده از مدل شبیه‌سازی گیاهی SSM-iCrop2 در چهار تاریخ کاشت مختلف با چهار اندازه گیاهچه شامل (۱۳، ۱۸، ۲۴ و ۲۹ سانتی‌متر مربع در بوته سطح برگ و به ترتیب در ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰ و ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد دمای جمععی) به همراه کشت بذری ارزیابی شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد کشت بذری در تاریخ کاشت دیرهنگام (۲۳ تیر) و هر دو روش کاشت در تاریخ کاشت خیلی دیرهنگام (۵ مرداد) به دلیل اختلال در کشت محصول بعدی نامطلوب در نظر گرفته شده و از مقایسات کنار گذاشته شد. کشت نشایی در تاریخ کاشت زودهنگام (۲۰ خرداد)، معمول (۴ تیر) و دیرهنگام باعث زودرسی محصول نسبت به کشت بذری شد. از نظر عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت زودهنگام و معمول تفاوت معنی‌داری بین دو روش کاشت وجود نداشت؛ اما در تاریخ کاشت دیرهنگام کشت نشایی باعث کاهش افت عملکرد نسبت به کشت مستقیم شد. اندازه نشا اثر معنی‌داری بر عملکرد نداشت. همچنین هیچ‌کدام از تاریخ کاشت‌های مختلف در دو روش نشایی و بذری اثر معنی‌داری بر نیاز آبی خالص سویا نداشت. به‌طور کلی روش کشت نشایی سویا در تاریخ کاشت دیرهنگام، به دلیل عملکرد بالاتر قابل توصیه است؛ ولی از نظر اقتصادی برای کشاورز مقرون به‌صرفه نبوده و می‌بایست راهکاری برای کاهش هزینه‌های این روش در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی، تاریخ کاشت، اندازه گیاهچه، بازدهی اقتصادی

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۴. کارشناس مسئول دانه‌های روغنی، سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، ایران

۵. دانش آموخته دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

*مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: afshin.soltani@gmail.com

مقدمه

سویا (*Glycine max* (L.)) از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی محسوب می‌شود (۱۷) و یکی از منابع گیاهی یک‌ساله مهم تولید کننده روغن خوراکی و پروتئین گیاهی هست که در بین گیاهان روغنی مقام اول را از نظر تولید روغن و پروتئین داشته و حدود ۵۰ درصد تولید دانه‌های روغنی دنیا را به‌خود اختصاص داده است (۱۶). سویا در ایران بیشتر در استان‌های گلستان، مازندران و اردبیل کشت می‌شود که در این میان استان گلستان دارای بیشترین سطح زیر کشت (۷۹/۹ درصد) و تولید (۷۳/۷ درصد) سویا در کشور است (۲). در این مناطق می‌توان از این گیاه به‌عنوان محصول تابستانه، پس از برداشت غلات زمستانه (گندم و جو) استفاده کرد. کشت گیاهان تابستانه به‌دلیل محدودیت منابع آبی همواره با خطر کاهش قابل توجه تولید همراه است. برای تعدیل این شرایط، پژوهشگران در حوزه‌های مختلف، روش‌های مختلفی از جمله کاهش دوره رشد، مدیریت کم آبیاری، مدیریت بستر بذر، کشت نشایی و ... را مورد بررسی قرار می‌دهند (۱۵).

نشاکاری نقش مؤثری در بهبود استفاده از نهاده‌هایی مانند بذر و کود در واحد سطح دارد (۳۳). همچنین کاهش دوره رشد یا کمتر شدن زمان تولید گیاه در مزرعه می‌تواند موجب افزایش کارایی استفاده از نهاده‌هایی مانند آب و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید شود (۳۳). بیان شده است کشت نشایی می‌تواند از طریق کاهش تعداد دفعات آبیاری نسبت به کشت معمول، منجر به کاهش مصرف آب شود (۳۴). اگرچه قدمت استفاده از نشا به زمان پیدایش تمدن روم است، ولی سابقه تحقیقات علمی روی نشاکاری به اوایل قرن بیستم باز می‌گردد (۱۵) از مزایایی که برای روش نشاکاری گزارش شده است می‌توان به ایجاد تراکم مطلوب و مطمئن، بهره‌گیری بهینه از زمان و دما برای رسیدن به حداکثر عملکرد و افزایش کارایی مصرف آب، پیش‌رس کردن محصول، کوتاه کردن زمان رشد محصول، پیشگیری از طغیان آفات و شیوع بیماری، کاهش تنک کردن، تنوع کشت محصول و کاهش تردد در مزرعه اشاره کرد

که تمام این موارد سبب کاهش هزینه تولید و صرفه اقتصادی تولیدات کشاورزی می‌شود؛ اما در میان این مزایا کاهش مصرف آب برای کشورهایی که با بحران آب روبرو هستند، بسیار مهم است (۷). گزارش شده نشاکاری در مقایسه با کشت مستقیم ذرت می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود که این امر موجب توجیه کردن هزینه‌های اضافی نشاکاری می‌شود (۶).

تعیین تاریخ کاشت یکی از اساسی‌ترین جنبه‌های مدیریت زراعی است. کاشت در تاریخ مناسب در مناطق مختلف، ضمن تأثیر بر رشد رویشی و زایشی گیاه، باعث افزایش بازدهی فتوسنتز، انتقال مواد فتوسنتزی و ذخیره آنها در دانه‌ها شده و افزایش عملکرد را سبب می‌شود (۵). خادم‌حمزه و همکاران (۱۴) اظهار داشتند تأخیر در کاشت سویا باعث کاهش ارتفاع گیاه، ارتفاع اولین گره از سطح زمین و عملکرد دانه می‌شود. طی یک بررسی روی سه تاریخ کاشت نشاکاری ذرت (۱۷ خرداد، ۱ تیر و ۱۶ تیر) و سه روش کاشت (کشت مستقیم، نشای دوهفته‌ای و نشای سه‌هفته‌ای) گزارش شده است که تیمار نشای سه‌هفته‌ای در تاریخ کاشت اول بیشترین مقدار شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و در نتیجه بالاترین عملکرد علوفه تر و خشک را تولید کرد (۱۰).

امروزه مدل‌های شبیه‌سازی این امکان را فراهم ساخته‌اند تا با استفاده از آنها، تیمارهای مورد نظر را اجرا کرده و در زمان و هزینه صرفه‌جویی کرد. مدل‌های شبیه‌سازی برای درک واکنش گیاهان زراعی به پویایی سیستم آب- خاک- گیاه- اقلیم استفاده می‌شوند (۲۸). ساختار مدل SSM توسط سلطانی و سینکلر (۲۹) برای شبیه‌سازی گیاهان زراعی مختلف تهیه شده است. این مدل دارای کد باز بوده و چون دارای ساختار ساده است برای اهداف آموزشی نیز قابل استفاده است. از آنجایی که مدل از صفحه گسترده اکسل برای ورودی و خروجی استفاده می‌کند کار با آن ساده است. از این مدل می‌توان در موارد متعددی نظیر کاربردهای تحقیقاتی، مدیریت زراعی و آموزشی استفاده کرد (۲۹).

در صورتی که درآمد حاصل از فروش دانه تولید شده با

به‌طور کامل توسط نه‌بندانی (۱۹) پارامتریابی و ارزیابی شده است. در مدل میزان روزانه ماده خشک تولید شده با به‌کارگیری کارایی استفاده از تشعشع محاسبه می‌شود و برای پیش‌بینی تبخیر- تعرق بالقوه در هر روز از روش پریستلی و تیلور (۱۹۷۲) تغییر یافته توسط ریچی (۱۹۸۵، ۱۹۹۸) استفاده می‌شود (۲۳، ۲۵، ۲۶ و ۲۸). برای اجرای مدل به داده‌های هواشناسی شامل دمای حداقل و حداکثر، بارندگی و تشعشع در مقیاس روزانه نیاز است. داده‌های هواشناسی ایستگاه هاشم‌آباد واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ درجه برای دوره زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ (۲۰۱۵-۲۰۰۰) از اداره کل هواشناسی استان گلستان تهیه شد. شرایط کشت در مدل آبی لحاظ شد. آبیاری وقتی کسر آب قابل دسترس خاک به کمتر از ۵٪ کاهش می‌یافت، انجام می‌شد (۲۸). مقادیر ویژگی‌های خاک مورد استفاده در مدل طبق جدول ۱ در نظر گرفته شد (۳۰). از مشخصات رقم DPX که در منطقه رایج است در مدل استفاده شد (۱۹) (جدول ۲).

شبیه‌سازی کشت نشایی سویا در چهار تاریخ کاشت شامل: زود هنگام: ۲۰ خرداد (۱۶۰)، معمول: ۴ تیر (۱۷۵)، دیر هنگام: ۲۳ تیر (۱۹۴) و خیلی دیر هنگام: ۵ مرداد (۲۰۷) بر اساس تاریخ به میلادی انجام شد. تاریخ انتقال نشاها به مزرعه و شروع شبیه‌سازی تولید بر اساس آزادسازی زمین از محصول پاییزه انتخاب شد. عمدتاً محصول پاییزه در استان گلستان گندم است، بنابراین این تاریخ بر مبنای زمان برداشت گندم انتخاب شد. برای هر تاریخ کاشت شبیه‌سازی در شرایط کشت بذری (Seed) و چهار حالت کشت نشایی با گیاهچه دارای سطح برگ ۱۳ سانتی‌متر مربع در بوته و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S۱)، سطح برگ ۱۸ سانتی‌متر مربع در بوته و ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S۲)، سطح برگ ۲۴ سانتی‌متر مربع در بوته و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S۳) و سطح برگ ۲۹ سانتی‌متر مربع در بوته و ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S۴) انجام شد. اندازه نشاها بر اساس رابطه سطح برگ نشا و واحد دمایی تجمعی که از یک آزمایش

هزینه‌های تولید و انتقال نشا به‌گونه‌ای باشد که ضمن پوشش دادن هزینه‌ها، سود معقول و مناسبی برای کشاورز داشته باشد، کشت نشایی سویا به‌دلیل فراهم ساختن امکان انجام مدیریت متمرکز در یک ماهه اول، صرفه‌جویی در آب و سایر نهاده‌ها اعم از کود، سم و بذر، پوشش مناسب، امکان کنترل بهتر علف هرز و کاهش خسارت بدسبزی ناشی از عوامل مختلف به‌ویژه در کشت‌هایی که با تأخیر انجام می‌شود بهتر خواهد بود.

با توجه به بررسی‌های انجام شده به‌نظر می‌رسد تا به‌حال پژوهش‌های جامع در زمینه بررسی کشت نشایی سویا انجام نشده است و بیشتر پژوهش‌ها در زمینه کشت نشایی، شامل محصول ذرت و پنبه می‌شود؛ بنابراین هدف از انجام این پژوهش استفاده از مدل شبیه‌سازی گیاهی در جهت مقایسه کشت نشایی با کشت مستقیم سویا در تاریخ‌های مختلف کاشت از نظر عملکرد، میزان مصرف آب و سود/ هزینه اقتصادی بود. همچنین احتمال اینکه کشاورزان بتوانند به‌منظور پیشگیری از کاهش دوره رشد رویشی، با تهیه نشای سویا با اندازه مناسب در زمان تأمین بارندگی، از کاشته نشدن اراضی جلوگیری کنند نیز بررسی شد.

مواد و روش‌ها

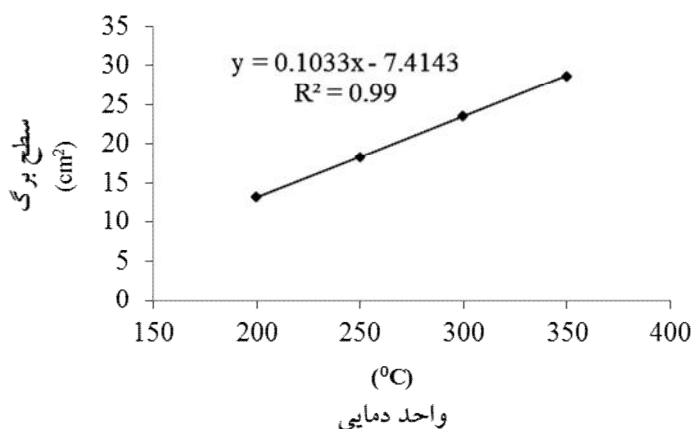
در این مطالعه مدل شبیه‌سازی گیاهی SSM-iCrop2 تهیه شده توسط سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) و تغییر یافته توسط سلطانی و همکاران استفاده شد (۲۹ و ۳۱). در این مدل مقدار عملکرد و سایر خصوصیات گیاه بر مبنای داده‌های هواشناسی، شرایط خاک، نحوه مدیریت (مانند آبیاری) و مؤلفه‌های گیاهی محاسبه می‌شود. این مدل توانایی شبیه‌سازی مراحل فنولوژی، گسترش و پیری برگ، توزیع ماده خشک، تشکیل عملکرد و موازنه آب خاک را دارد، مدل شبیه‌سازی را به‌صورت روزانه انجام می‌دهد (۴، ۲۱ و ۲۸). همچنین فرض شده است که کمبود عناصر غذایی وجود ندارد و آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز نیز به‌طور مؤثر کنترل شدند و شبیه‌سازی در شرایط عدم محدودیت آب انجام شد. این مدل برای گیاه سویا

جدول ۱. ویژگی‌های مهم خاک لوم رسی در موازنه آب خاک (۳۰)

پارامترها	واحدها	مقدار
آلبیدوی خاک (Soil albedo) SALB	ندارد	۰/۰۵
کسر حجمی آب خاک در حالت ظرفیت زراعی (Volumetric soil water content at drained upper limit) IDUL	(cmcm ⁻¹)	۰/۴۰۵
کسر حجمی آب خاک در حالت پژمردگی (Volumetric soil water content at crop lower limit) ILL	(cmcm ⁻¹)	۰/۲۲۳
کسر حجمی آب خاک در حالت اشباع (Volumetric soil water content at saturation) ISAT	(cmcm ⁻¹)	۰/۴۵۸
شماره منحنی خاک (Curve number) CN	ندارد	۸۵
ضریب زهکشی آب (Drainage factor) DRAINF	ندارد	۰/۲

جدول ۲. مشخصات رقم کتول (DPX) در منطقه مورد مطالعه (۲۰)

رقم	گروه رسیدگی	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	عملکرد (تن در هکتار)	نیاز آبیاری (میلی متر)
کتول	دیررس	قبل از ۱۳ تیر	مهر تا اواخر آبان	۳ - ۵	۴۰۰ - ۵۵۰



شکل ۱. رابطه بین واحد دمایی تجمعی در زمان برداشت نشا و سطح برگ بوته جهت تخمین اندازه گیاهچه در سناریوهای مختلف

بود، نتایج آنها قابل توصیه نیستند؛ اگرچه در آنالیز مورد استفاده قرار گرفته و ارائه شده‌اند. شبیه‌سازی رشد و عملکرد سویا به مدت ۱۶ سال (۲۰۱۵-۲۰۰۰) بعد از ورود تمامی اطلاعات مربوط به خاک، مدیریت و گیاه در مدل SSM-iCrop2، تحت سناریوهای مختلف در منطقه هاشم‌آباد گرگان انجام شد. برای تجزیه و تحلیل هزینه/درآمد اقتصادی تولید محصول، داده‌های مربوط به هزینه‌های قبل از کاشت، داشت و برداشت و پس از برداشت با توجه به قیمت روز شهرستان گرگان با

گلخانه‌ای تولید نشا به دست آمده بودند، استخراج شدند (شکل ۱). این آزمایش در شرایط گلخانه پلاستیکی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۷ در چهار زمان برداشت نشا (روز + دمای تجمعی) انجام شده بود. با توجه به اینکه در استان گلستان و در شهرستان گرگان، بعد از سویا اقدام به کشت محصول پاییزه می‌شود، باید زمین تا تاریخ یک آذر آزاد شود؛ بنابراین در شبیه‌سازی برای تاریخ‌های کاشت و تیمارهایی که زمان برداشت محصول بعد از یک آذر

جدول ۳. عملیات مدیریتی و هزینه‌های مرتبط با تولید سویا از مرحله قبل از کاشت تا پس از برداشت در دو کشت مستقیم و نشایی

عملیات انجام گرفته		
مراحل تولید محصول	کاشت مستقیم	کاشت نشایی
قبل از کاشت	هزینه شخم، دیسک، سایر عملیات، حمل کود و بذر	هزینه شخم، دیسک، سایر عملیات، حمل کود و بذر
مراحل کاشت	هزینه تهیه بذر، ضدعفونی بذر، باکتری تلقیح، بذرپاشی با ردیف‌کار	هزینه تهیه خاک، تهیه سینی، چتایی، تهیه بذر، ضدعفونی بذر، باکتری تلقیح، کارگری کشت بذر در سینی، هرس هوا* (سبد میوه)، کارگری نگهداری سینی‌های نشا تا انتقال، انتقال نشا به دستگاه، انتقال نشا از خزانه به زمین (کرایه)، کارگر دستگاه نشاکار، کود مایع و اوره، هزینه دستگاه نشاکار، هزینه استقرار نوار تیپ، انتقال دستگاه به مزرعه (جرثقیل، رفت و برگشت)
مراحل داشت	هزینه کود اوره، کود پتاسه، کود فسفات، کود ریزمغذی، کودپاشی، کودکش، حشره‌کش، سمپاشی و اجاره سمپاش، تنک، واکاری، جمع هزینه‌های جاری، هزینه متفرقه	هزینه کود اوره، کود پتاسه، کود فسفات، کود ریزمغذی، کودپاشی، علف‌کش، حشره‌کش، سمپاشی و اجاره سمپاش، آب بها، برق پمپ آب، جمع هزینه‌های جاری، هزینه متفرقه
مراحل برداشت و پس از برداشت	هزینه جمع‌آوری و برداشت، کیسه‌گیری و بارگیری، هزینه حمل تا کارخانه	هزینه جمع‌آوری و برداشت، کیسه‌گیری و بارگیری، هزینه حمل تا کارخانه

* ایجاد فاصله بین زمین اصلی و سینی نشا سبب می‌شود که ریشه‌ها وقتی به انتهای خانه نشا می‌رسند موقع خروج در معرض هوا قرار گیرند و اصطلاحاً می‌سوزند این عمل را اصطلاحاً هرس ریشه با هوا می‌گویند. این عمل را برای جلوگیری از نفوذ ریشه به زمین انجام می‌دهند. در این پژوهش سبد میوه برای این روش لحاظ شد.

و نشایی (S1, S2, S3, S4) به‌عنوان تیمار (روش کاشت) برای هر تاریخ کاشت منظور شد، و هر تاریخ کاشت به‌طور جداگانه تجزیه و تحلیل شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. بر اساس نتایج، تیمارهای کشت نشایی و بذری، در مواردی که باعث اختلال در کشت محصول بعدی می‌شود از آنالیز کنار گذاشته نشده‌اند؛ بلکه فقط قابل توصیه نیستند. عملیات مدیریتی و هزینه‌های مرتبط با تولید سویا از مرحله کاشت تا پس از برداشت در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج و بحث

شرایط محیطی محل

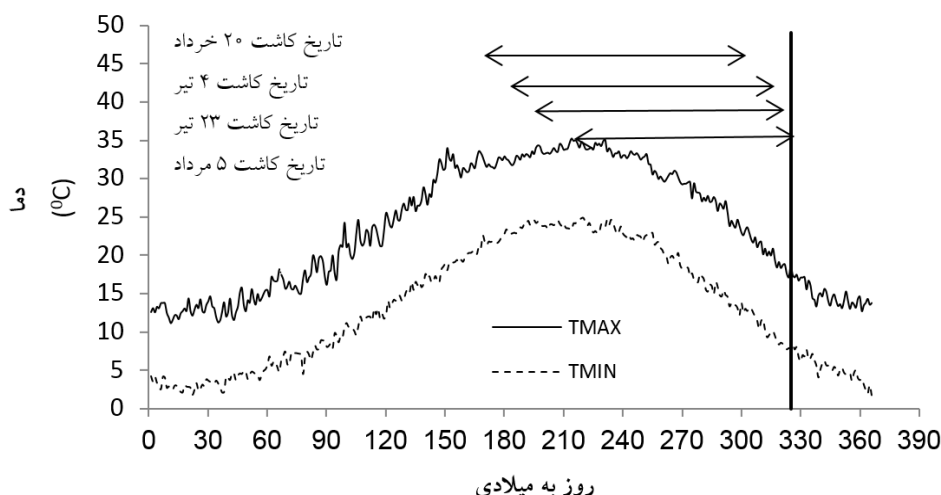
در شکل ۲ میانگین دمای حداقل و حداکثر روزانه بلندمدت

استفاده از پرسشنامه (جدول ۳) از کارشناسان منطقه جمع‌آوری شد. عملکرد محصول برای تیمار نشایی و بذری بر اساس ۷۰ درصد عملکرد شبیه‌سازی شده توسط مدل در تاریخ کاشت معمول به‌عنوان عملکرد قابل حصول لحاظ شد. قیمت تضمینی محصول توسط جهاد کشاورزی استان و کارشناسان گلستان در سال ۹۷ تعیین شد و شاخص‌های اقتصادی شامل، درآمد ناخالص و درآمد خالص با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد:

$$\text{قیمت محصول در بازار} \times \text{عملکرد قابل حصول} = \text{درآمد ناخالص}$$

$$\text{هزینه‌ها} - \text{درآمد ناخالص} = \text{درآمد خالص}$$

آنالیز آماری داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۷) انجام شد. تجزیه واریانس نیز به این صورت که سال (تکرار) به‌عنوان بلوک و کشت بذری



شکل ۲. میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه از فروردین لغایت اسفند (۲۰۱۵-۲۰۰۰) - ایستگاه هواشناسی هاشم آباد و محدوده فصل رشد گیاه سویا کشت بذری در تاریخ کاشت‌های، زود هنگام، معمول، دیر هنگام و خیلی دیر هنگام. خط عمودی نشان‌دهنده تاریخ یک آذر است.

برسانند. چون در تاریخ کاشت خیلی دیر هنگام همه تیمارهای کشت بذری و نشایی باعث اختلال در کشت محصول بعدی شدند، قابلیت اجرایی و توصیه ندارد. تیمارهای نشایی در تاریخ کاشت زود هنگام ۱۳ تا ۲۱ روز، در تاریخ کاشت معمول ۲۰ تا ۳۲ روز بسته به اندازه گیاهچه باعث کاهش تعداد روز تا رسیدگی (خالی شدن زودتر زمین) نسبت به تیمار بذری شدند. نتایج نشان داد که اندازه بیشتر گیاهچه برای کشت نشایی سبب کاهش تعداد روز تا رسیدگی می‌شود. در تاریخ کاشت دیر هنگام، کشت نشایی باعث تأخیر رسیدگی تا اول آذر شد (شکل ۳ و جدول ۵). در تیمار ۵۴ تاریخ کاشت دیر هنگام کمترین تعداد روز تا رسیدگی (۱۲۳ روز) نسبت به بقیه تیمارها مشاهده شد (شکل ۳). استفاده از نشاهای جوانه زده در شرایط گلخانه و انتقال آن به مزرعه، زودرسی محصول را مضاعف می‌کند، به طوری که با استفاده از نشاء، دوره رشد محصول جلو انداخته می‌شود. سان و ونگ (۳۲) بیان داشتند که استفاده از روش نشاکاری زودرسی محصول را افزایش می‌دهد. فانادزو و همکاران (۹) بیان کردند که با کاربرد نشای ذرت با توجه به شرایط آب‌وهوایی منطقه در مقایسه با کاشت متداول بذری، بلوغ گیاه حدود ۱۰

(۲۰۱۵-۲۰۰۰) ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد گرگان برای ۱۶ سال (۲۰۱۵-۲۰۰۰) جمع‌آوری شده است. میزان بارندگی سالانه گرگان حدود ۵۱۸/۲ میلی‌متر و میانگین کل دمای سالانه ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد بود. میانگین دمای روزانه در طول سال بین ۳ تا ۳۵ درجه متغیر بود. متوسط دما برای دوره رشدی سویا حدود ۲۵/۴ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی برای این دوره به طور میانگین حدود ۱۴۸ میلی‌متر بوده است. محدوده هر تاریخ کاشت (کشت بذری) توسط خطوط افقی مشخصی نشان داده شده است. خط عمودی، ۱ آذر را نشان داده که در این مطالعه فرض شد گیاه سویا باید در این تاریخ از مزرعه خارج شود تا در کشت گیاه بعدی (گندم) اختلال ایجاد نکند.

روز تا رسیدگی

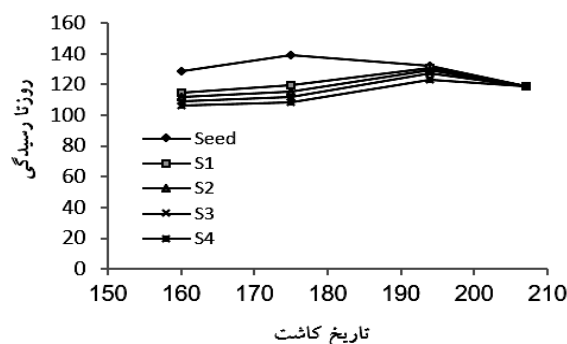
نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری از نظر روز تا رسیدگی در تاریخ‌های کاشت زود هنگام، معمول (یک درصد) و دیر هنگام (پنج درصد) بین روش کشت نشایی و بذری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد وجود داشت (جدول ۴). در تاریخ کاشت دیر هنگام کشت بذری نتوانست تا یکم آذر دوره رشد خود را به اتمام

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای نشایی و بذری بر روز تا رسیدگی، عملکرد دانه (ماده خشک)، مقدار آب آبیاری، تبخیر از سطح خاک و تعرق از سطح گیاه در تاریخ‌های مختلف کاشت (شبیه‌سازی)

تاریخ کاشت	منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
			روز تا رسیدگی	عملکرد دانه	مقدار آب آبیاری	تبخیر از سطح خاک
۲۰ خرداد	روش کاشت	۴	۱۲۱۶/۳**	۲۴۲/۷ ^{ns}	۱۲۶۰/۸ ^{ns}	۲۷۱۹/۵**
	بلوک	۱۵	۲۰/۱۵**	۲۱۷۲/۴	۱۶۹۷۲/۸**	۲۲۳۰/۸**
	خطا	۶۰	۱/۰۴	۸۶/۲۲	۳۵۴/۸	۵۵/۹
	ضریب تغییرات	(%)	۰/۸۹	۲/۲۳	۵/۱۱	۷/۶۸
۴ تیر	روش کاشت	۴	۲۳۶۱/۸**	۱۰۹/۶ ^{ns}	۵۹۴/۷ ^{ns}	۳۶۹۶/۴**
	بلوک	۱۵	۵۵/۱**	۲۹۵۶/۵**	۲۰۴۸۷/۶**	۲۱۹۱/۳**
	خطا	۶۰	۶/۲	۶۹/۵	۷۴۸/۱	۱۳۵/۵
	ضریب تغییرات	(%)	۲/۱	۲/۰۷	۷/۸	۱۱/۱
۲۳ تیر	روش کاشت	۴	۲۰۹/۹*	۲۹۳۱/۲**	۳۷۷۳/۱ ^{ns}	۸۰۹/۱ ^{ns}
	بلوک	۱۵	۶۹/۷**	۲۳۳۳/۴**	۲۳۰۸۴/۴**	۳۲۳۷/۴**
	خطا	۶۰	۱۰/۶	۲۳۲/۹	۸۲۶/۶	۱۰۱/۷
	ضریب تغییرات	(%)	۲/۵	۳/۹	۹/۰۶	۸/۴
۵ مرداد	روش کاشت	۴	۰"	۷۸۶۵۰/۵**	۱۳۰۷۰/۷*	۵۱۰/۶۶ ^{ns}
	بلوک	۱۵	۰"	۷۰۲۹/۴**	۱۷۱۰۹/۰۴*	۱۸۹۷/۲۹**
	خطا	۶۰	۰"	۳۹۶/۴	۶۹۴/۲	۶۵/۶
	ضریب تغییرات	(%)	۰"	۶/۰۶	۹/۶	۷/۰۴

^{ns}، غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

" در تاریخ چهارم، به دلیل برخورد تاریخ برداشت به دوم آذر روز تارسیدگی در انواع روش‌های کاشت یکسان بود.



شکل ۳. روز تا رسیدگی شبیه‌سازی شده برای تیمارهای مختلف نشایی و بذری در تاریخ‌های مختلف (۲۰۱۵-۲۰۰۰)

(لازم به ذکر است که در تاریخ کاشت آخر همه تیمارها و در تاریخ کاشت ماقبل آخر تیمار seed، باعث اختلال در کشت محصول بعدی می‌شوند و قابلیت اجرایی و توصیه ندارند.)

جدول ۵. روز تا رسیدگی و تاریخ برداشت برای انواع کشت در تاریخ کاشت‌های ۲۰ خرداد، ۴ تیر، ۲۳ تیر و ۵ مرداد و بررسی ایجاد اختلال در هر یک از آنها

تاریخ کاشت	نوع کاشت	روز تا رسیدگی	تاریخ برداشت	روز برداشت (میلادی)	اختلال*
۲۰ خرداد	بذر (Seed)	۱۲۸	۲۴ مهر	۲۸۹	خیر
	نشایی ۱ (S1)	۱۱۵	۱۱ مهر	۲۷۵	خیر
	نشایی ۲ (S2)	۱۱۲	۸ مهر	۲۷۲	خیر
	نشایی ۳ (S3)	۱۰۹	۵ مهر	۲۶۹	خیر
	نشایی ۴ (S4)	۱۰۷	۳ مهر	۲۶۷	خیر
۴ تیر	بذر (Seed)	۱۴۰	۱۸ آبان	۳۱۲	خیر
	نشایی ۱ (S1)	۱۲۰	۳۰ مهر	۲۹۴	خیر
	نشایی ۲ (S2)	۱۱۶	۲۶ مهر	۲۹۰	خیر
	نشایی ۳ (S3)	۱۱۲	۲۳ مهر	۲۸۷	خیر
	نشایی ۴ (S4)	۱۰۸	۲۰ مهر	۲۸۴	خیر
۲۳ تیر	بذر (Seed)	۱۳۲	۲ آذر	۳۲۶	بله
	نشایی ۱ (S1)	۱۳۱	۱ آذر	۳۲۵	خیر
	نشایی ۲ (S2)	۱۳۰	۲۹ آبان	۳۲۳	خیر
	نشایی ۳ (S3)	۱۲۷	۲۶ آبان	۳۲۰	خیر
	نشایی ۴ (S4)	۱۲۳	۲۰ آبان	۳۱۴	خیر
۵ مرداد	بذر (Seed)	۱۱۹	۲ آذر	۳۲۶	بله
	نشایی ۱ (S1)	۱۱۹	۲ آذر	۳۲۶	بله
	نشایی ۲ (S2)	۱۱۹	۲ آذر	۳۲۶	بله
	نشایی ۳ (S3)	۱۱۹	۲ آذر	۳۲۶	بله
	نشایی ۴ (S4)	۱۱۹	۲ آذر	۳۲۶	بله

* در مدل تعریف شد که دوره رسیدگی سویا باید تا اول آذر خاتمه پیدا کند و اگر طول این دوره از اول آذر بگذرد باعث اختلال در کشت محصول بعدی می‌شود.

تأیید می‌کند (شکل ۲). در کاشت زود هنگام نشایی، محصول سریع‌تر به رسیدگی و قابلیت برداشت می‌رسد و امکان اجتناب از سرمای زودرس پاییزه در برخی مناطق که امکان وقوع آن وجود دارد فراهم می‌آید (۱۱ و ۱۳).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه آماری عملکرد دانه نشان می‌دهد که اختلاف عملکرد تیمارهای نشایی و بذری در تاریخ‌های کاشت زود هنگام و معمول معنی‌دار نشدند، ولی تفاوت عملکرد در

تا ۱۵ روز تسریع شد؛ بنابراین با کاهش طول دوره رشد، مصرف آب در مقایسه با کاشت متداول کاهش یافت.

با توجه به شکل ۳ در تاریخ کاشت دیر هنگام تیمارهای نشایی روز تا رسیدگی بیشتری نسبت به تاریخ کاشت زود هنگام و معمول داشتند در تاریخ کاشت دیر هنگام رویارویی گیاه با دماهای بیشتر از دمای مطلوب در اول فصل رشد و کاهش دما در آخر فصل رشد باعث افزایش روز تا رسیدگی شده است (شکل ۳). آمار هواشناسی مربوط به درجه حرارت منطقه طی این دوره از رشد رویشی تا حدودی این نتایج را

اثربخشی کشت نشایی به‌شدت به تاریخ کاشت وابسته بود (جدول ۴). در تاریخ کاشت دیرهنگام، دوره رشد تیمار کشت بذری باعث اختلال در کشت بعدی شد و بنابراین قابل اجرا و توصیه نیست؛ درحالی که تیمارهای کشت نشایی تا یکم آذر دوره رشدونمو خود را به اتمام رساندند. در تاریخ کاشت خیلی دیرهنگام هیچ کدام از تیمارها نتوانستند رشدونمو خود را تا یکم آذر به اتمام برسانند بنابراین قابل توصیه نیستند (جدول ۵).

مقدار مصرف آب (نیاز آبیاری خالص)

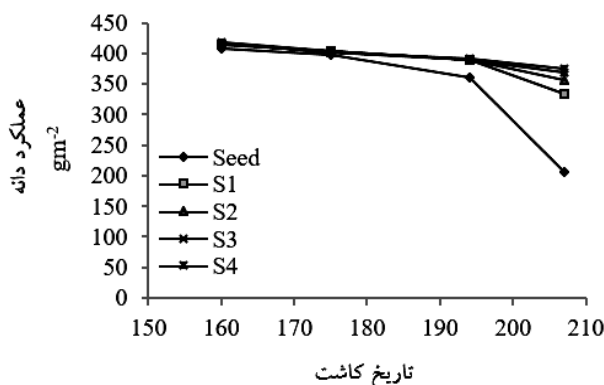
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در تاریخ‌های کاشت زودهنگام، معمول و دیرهنگام بین دو روش کاشت (نشایی و بذری) از نظر مقدار مصرف آب تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). لازم به‌ذکر است با توجه به کامل نشدن دوره رشد محصول در کشت بذر و نشایی در تاریخ کاشت خیلی دیرهنگام، این مقایسه صورت نگرفت.

مقدار آب مورد نیاز برای جبران تلفات تبخیر و تعرق گیاه در مزرعه، نیاز آبی گیاه نامیده می‌شود (۸). مقدار نیاز آبی گیاه وابسته به تبخیر و تعرق است. تعرق جزء اصلی فرایند اتلاف آب است. با توجه به میزان تبخیر و تعرق شبیه‌سازی شده، وجود سطح برگ بالاتر سبب افزایش تعرق گیاه شده و از جهتی با توجه به نفوذ کمتر نور به درون تاج‌پوشش کاهش تبخیر از سطح خاک می‌شود (شکل ۵). با توجه به اینکه در روش کشت نشایی در تاریخ کاشت‌های زودهنگام، معمول و دیرهنگام، محصول زودرس‌تر نسبت به روش کشت مستقیم شده است، به‌نظر می‌رسد به‌دلیل افزایش دمای هوا در این تاریخ کاشت‌ها و داشتن سطح برگ بیشتر در ابتدای دوره رشد و همچنین تعرق بیشتر در تیمار نشایی باعث کاهش میزان مصرف آب نسبت به روش کشت بذری در این تاریخ کاشت‌ها نشده است. شاخص سطح برگ متغیر کلیدی در تعیین میزان رشد، جذب نور و کارایی فتوسنتزی، تعیین‌کننده میزان تبخیر و تعرق و پاسخ گیاه به مدیریت زراعی است (۳). علاوه بر مشخصه‌های گیاه (نوع گیاه و مرحله رشد آن)، پارامترهای هواشناسی از قبیل دما، تشعشع و رطوبت تأثیر بسزایی در مقدار تبخیر - تعرق گیاه دارند (۱).

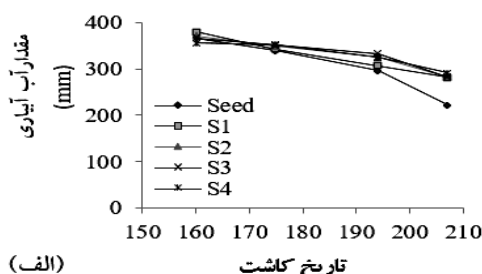
برخلاف نتایج به‌دست آمده در این پژوهش فن‌آدزو و همکاران (۹) و اسوالد و همکاران (۲۲) امکان صرفه‌جویی در مصرف آب را در کشت نشایی گزارش کردند.

تاریخ کاشت دیرهنگام بین دو روش کاشت مشاهده شد (جدول ۴). در تاریخ کاشت دیرهنگام، دوره رشد تیمار کشت بذری باعث اختلال در کشت بعدی شد و بنابراین قابل اجرا و توصیه نیست؛ درحالی که تیمارهای کشت نشایی تا یکم آذر دوره رشدونمو خود را به اتمام رساندند. در تاریخ کاشت خیلی دیرهنگام هیچ کدام از تیمارها نتوانستند رشدونمو خود را تا یکم آذر به اتمام برسانند بنابراین قابل توصیه نیستند (جدول ۵).

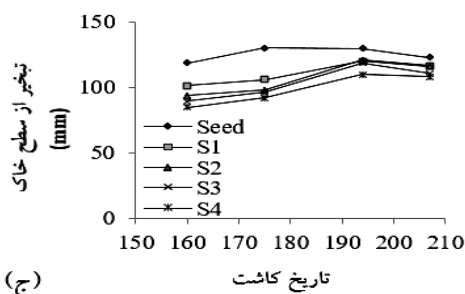
با توجه به شکل ۴ در تاریخ‌های کاشت زودهنگام و معمول عدم تفاوت عملکرد در هر دو روش کاشت بذری و نشایی مشاهده شد که دلایل آن در قسمت بعدی (عدم اختلاف عملکرد) توضیح داده شده است؛ ملاحظه می‌شود که در هر دو روش مستقیم و نشائی تأخیر در کاشت موجب سیر نزولی عملکرد شده است ولی آنچه مهم است و جالب‌تر اینکه تأخیر بیشتر در کاشت موجب افزایش اختلاف معنی دار بین دو شیوه کاشت شده است، تیمارهای نشایی نقش مؤثری در کاهش افت عملکرد (با میانگین ۳۹۰ گرم در بوته) نسبت به تیمار بذری (۳۶۰ گرم در بوته) داشته‌اند. عملکرد در سطوح مختلف اندازه نشا تفاوت معنی دار نداشت (شکل ۴). این مسئله مشخص کرد که، کشت نشایی به‌خصوص در کشت‌های دیرهنگام اهمیت بیشتری دارد و خسارت ناشی از عوامل محدودکننده عملکرد را به‌واسطه استقرار بهتر بوته‌ها و آمادگی بیشتر برای رشدونمو به حداقل می‌رساند پژوهش‌های مشابه نشان داد که نشاکاری در کشت تأخیری در مقایسه با کشت مستقیم بذر در مزرعه سبب افزایش عملکرد پنبه شد (۱۲). همچنین نتایج پژوهش دوساله دیگری که در کشور آرژانتین انجام شد نشان داد اگرچه کشت نشایی ذرت شیرین در مقایسه با کاشت مستقیم دارای هزینه استقرار اولیه بیشتری بود، اما به‌طور معنی‌داری تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در سنبله، تعداد بلال، شاخص برداشت و درنهایت محصول بیشتری در مقایسه با کاشت مستقیم تولید کرد. همچنین یافته‌های این پژوهشگران نشان داد کشت نشایی ذرت شیرین در تاریخ کاشت دیرتر مؤثرتر بود و در نتیجه



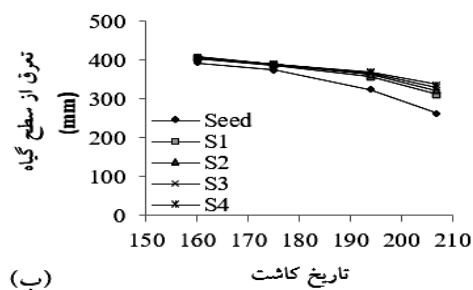
شکل ۴. عملکرد شبیه‌سازی شده برای تیمارهای مختلف نشایی و بذری در تاریخ کاشت‌های مختلف (۲۰۱۵-۲۰۰۰) (لازم به ذکر است که در تاریخ کاشت آخر همه تیمارها و در تاریخ کاشت ماقبل آخر تیمار seed، باعث اختلال در کشت محصول بعدی می‌شوند و قابلیت اجرایی و توصیه ندارند.)



(الف)



(ج)



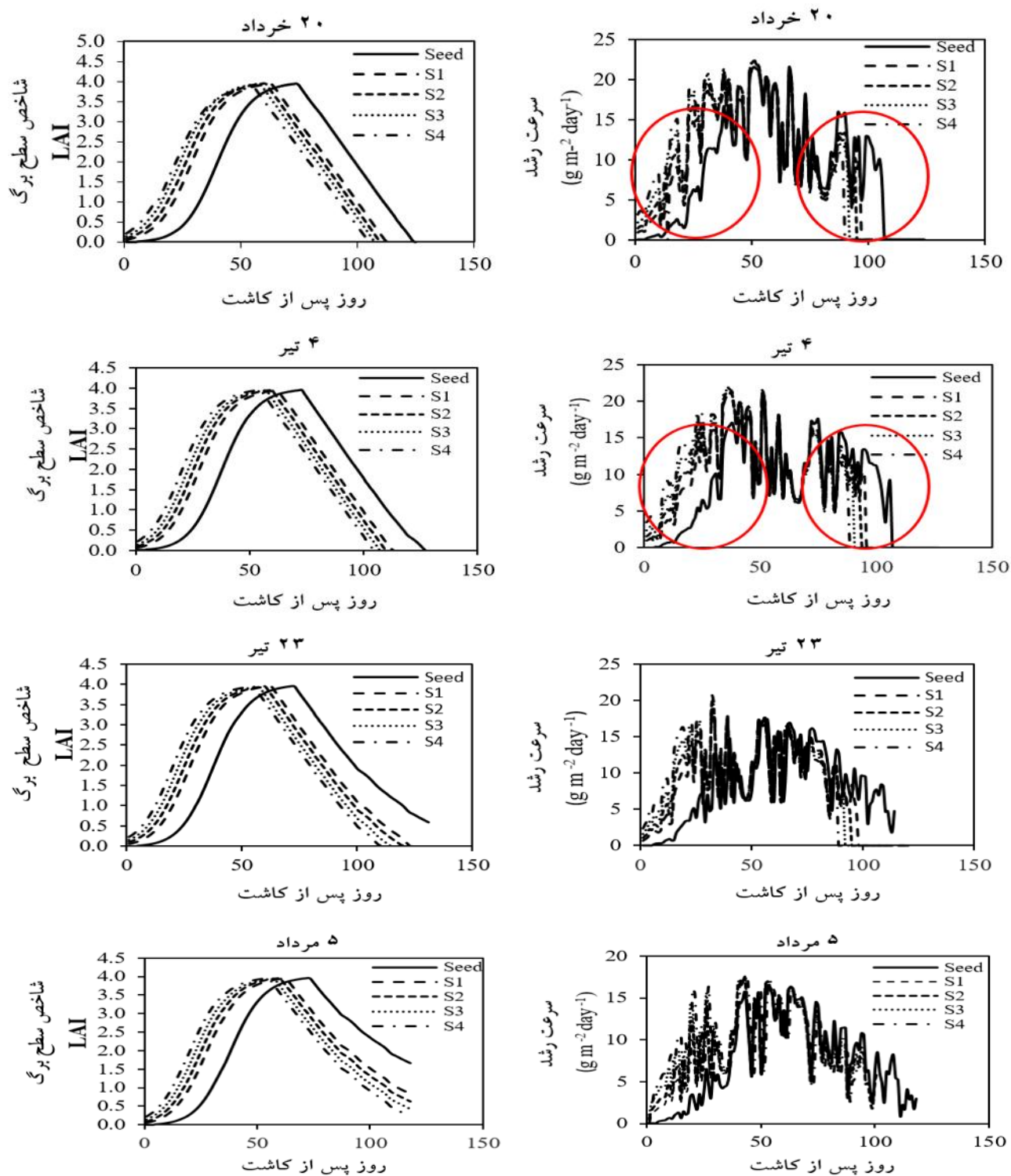
(ب)

شکل ۵. الف) مقدار آب آبیاری، ب) تعرق و ج) تبخیر از سطح خاک شبیه‌سازی شده برای تیمارهای مختلف نشایی و بذری در تاریخ کاشت‌های مختلف (۲۰۱۵-۲۰۰۰) (لازم به ذکر است که در تاریخ کاشت آخر همه تیمارها و در تاریخ کاشت سوم تیمار Seed باعث اختلال در کشت محصول بعدی می‌شوند و قابلیت اجرایی و توصیه ندارند.)

تولید بیشتری داشته و آب کمتری هم مصرف کند اما در شبیه‌سازی این نتیجه حاصل نشد. دلیل این موضوع با استفاده از داده‌های روزانه سطح برگ و سرعت رشد شبیه‌سازی شده مربوط به سال ۲۰۰۲ توضیح داده شده است. به نظر می‌رسد. دلیل اصلی این امر (همانگونه که در شکل ۶ ارائه شده است)

دلایل عدم اختلاف بین کشت نشایی و بذری

علت عدم اختلاف از نظر عملکرد یا مصرف آب بین کشت نشایی و بذری در تاریخ کاشت‌های زود هنگام و معمول ممکن است سوال برانگیز باشد. چون کشت بذر در گلخانه نسبت به کشت بذر در مزرعه زودتر اتفاق می‌افتد، انتظار می‌رود رشد و



شکل ۶. روند تغییرات سطح برگ و سرعت رشد روزانه برای سال ۲۰۰۲ برای تیمارها و تاریخ‌های مختلف (عدم ادامه نمودار شاخص سطح برگ و سرعت رشد در نقطه صفر به دلیل برخورد به دوم آذر است که توسط مدل دوره رشد آن قطع شده است).

جدول ۶. ارزیابی اقتصادی در دو روش کشت نشایی و بذری سویا (واحد: تومان در هکتار)

روش کاشت		روش	
		هزینه	
بذرکاری	نشاکاری		
۲۵۹۰۰۰	۲۵۹۰۰۰	هزینه قبل از کاشت	هزینه‌ها (تومان)
۲۸۰۵۰۰	۴۱۳۶۵۰۰	هزینه کاشت محصول	
۲۳۶۴۸۰۰	۱۷۱۴۸۰۰	هزینه داشت محصول	
۲۶۹۰۰۰	۲۶۹۰۰۰	هزینه برداشت و پس از برداشت	
۳۱۷۳۳۰۰	۶۳۷۹۳۰۰	جمع هزینه‌ها	
۲۵۰۰	۲۵۰۰	قیمت هر کیلو بذر	
۲۷۷۹	۲۸۱۶		میانگین عملکرد قابل حصول*
۶۹۴۷۵۰۰	۷۰۴۰۰۰۰	درآمد ناخالص	درآمدها
۳۷۷۴۲۰۰	۶۶۰۷۰۰	درآمد خالص	

قیمت تضمینی محصول توسط جهاد کشاورزی استان گلستان در سال ۹۷ تعیین شد (۲۵۰۰ تومان).

نشا در گلخانه (تهیه خاک بستر کاشت مناسب، سینی نشا، هزینه نگهداری نشاها و غیره)، انتقال نشاها به مزرعه و عملیات کاشت اشاره کرد که در مجموع می‌توان بیان داشت روش کشت نشایی ظاهراً در شرایط فعلی توجیه اقتصادی ندارد. گزارش شده است که کاهش نیروی انسانی مورد نیاز در کشت مستقیم که ناشی از عدم نیاز به پرورش نشا و آماده‌سازی خزانه است باعث کاهش هزینه تولید شده است (۱۸).

نتیجه‌گیری

در تاریخ کاشت زود هنگام (۲۰ خرداد) و معمول (۴ تیر) نشاکاری از نظر عملکرد و مقدار مصرف آب نسبت به کشت بذری برتری نشان نداد ولی باعث زودرسی محصول شد. کشت نشایی در زمانی که تاریخ کاشت برای محصول سویا دیر شده باشد (۲۳ تیر) می‌تواند از طریق زودرس‌تر کردن گیاه، از برخورد برداشت گیاه با کشت گیاه زمستانه بعدی جلوگیری کند و اختلال در سیستم زراعی را برطرف سازد. به‌طور کلی کشت نشایی فقط در صورت تأخیر در کاشت (تا نیمه دوم تیر) قابل توصیه است تا از تداخل برداشت سویا با محصول بعدی

مربوط به سن بیشتر و گسترش سریع‌تر سطح برگ در مراحل ابتدایی رشد در کشت نشایی و به‌دنبال آن سرعت رشد بیشتر باشد که این امر در کشت بذری با تأخیر اتفاق افتاده است. از آنجایی که رابطه بین سرعت رشد و تعرق یک رابطه خطی است. بنابراین گسترش سطح برگ و سرعت رشد محصول در مراحل اولیه رشد برای کشت نشایی و با دوام سطح برگ و سرعت رشد بیشتر در مراحل انتهایی رسیدگی محصول در کشت بذری، جبران شده است تا مصرف آب و عملکرد کشت بذری و نشایی تفاوت ناچیزی داشته باشد (شکل ۶).

ارزیابی اقتصادی

نتایج تجزیه اقتصادی نشان داد که با توجه به برابر بودن تقریبی عملکرد سویا در کشت نشایی و بذری (بیشتر بودن جزئی درآمد ناخالص کشت نشایی در مقایسه با کشت بذری) و به‌علت بالا بودن هزینه‌های کشت نشایی نسبت به بذری، درآمد خالص کشت نشایی حدود ۳۱۱۳۵۰۰ تومان کمتر از کشت مستقیم خواهد بود (جدول ۶). از دلایل بیشتر بودن هزینه کشت نشایی می‌توان به مواردی مانند هزینه‌های مربوط به تولید

جلوگیری کند ولی از لحاظ هزینه و جنبه اقتصادی مناسب نیست. با توجه به نتایج، کشت نشایی سویا باعث افزایش هزینه‌های تولید شده و درآمد خالص آن نسبت به کشت بذری کمتر خواهد بود، که توجیه اقتصادی ندارد؛ بنابراین می‌بایست راهکارهایی در روش کشت نشایی سویا در نظر گرفته شود تا با هزینه کمتر بتوان به عملکرد بالاتر دست یافت.

منابع مورد استفاده

1. Abedi- Koupai, J., S. S. Eslamian and M. J. Zareian. 2011. Measurement and modeling of water requirement and crop coefficient of cucumber, tomato and pepper using a micro lysimeter in greenhouse. *Journal of Greenhouse Culture Science and Technology* 2(7): 51- 64. (In Farsi).
2. Agricultural Statistics. 2017. Ministry of Agriculture Jihad, Available at: <https://dpe.maj.ir/>. (In Farsi).
3. Ameh, G. I. and C. E. A. Okezie. 2005. Growth analysis studies of some accessions of African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa* Hoechst. Ex. A. Rich) harms. *Plant Products Research Journal* 10: 20-25.
4. Azad, H., G. A. Akbar and G. A. Akbari. 2018. Parameterization of SSM model to analyze wheat growth and yield potential under Pakdasht condition. *Biomedical and Pharmacology Journal* 11: 1913-1926.
5. Daneshian, J., E. Jamshidi, A. Ghalavand and E. Farrokhi. 2008. Determination of the suitable plant density and planting date for new hybrid (CMS-26 × R-103) of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 10(1): 72-87. (In Farsi).
6. Di Benedetto, A. and J. Rattin. 2008. Transplant in sweet maize: A tool for improving productivity. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology* 2: 69-108.
7. Dong, H. Z., W. Li, W. Tang, H. Z. Li and D. M. Zhang. 2005. Increased yield and revenue with a seedling transplanting system for hybrid seed production in Bt cotton. *Agronomy and Crop Science* 19: 116-124.
8. Ehsani, A., H. Arzani, M. Farahpour, H. Ahmadi, M. Jafari and M. Akbarzadeh. 2012. Evapotranspiration estimation using climatic data, plant characteristics and cropwat 8.0 software (case study: steppic region of Markaziprovince, Roodshore station). *Iranian Journal of Range and Desert Reseach* 19(1): 1-16. (In Farsi).
9. Fanadzo, M., C. S. Chiduza and P. N. S. Mnkeni. 2010. Comparative response of direct seeded and transplanted maize (*Zea mays* L.) to nitrogen fertilization at Zanyokwe irrigation scheme, Eastern Cape, South Africa. *African Journal of Agricultural Research* 4: 689-694.
10. Ghiasabadi, M., M. Khajeh Hosseini and A. A. Mohammad-Abadi. 2014. The study of transplanting date on growth analyses and forage yield of maize (*Zea mays* L.) under Mashhad conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(1): 137-145. (In Farsi).
11. Greer, N. W., K. S. Mclean and J. W. Klopper. 2003. Potential of cotton transplants and rhizobacteria to shorten the growing season. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. San Antonio, TX, USA.
12. Kamel, A. S., A. Sahar. and T. Ibrahim. 2004. New agro-techniques in intensive crop rotations under marginal conditions of upper egypt. new directions for a diverse planet. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia.
13. Karve, A. D. 2003. High yield of rainfed cotton through transplanting. *Current Science* 85: 122-123.
14. Khadem Hamzeh, H. R., M. Karimi, A. Rezai and M. Ahmadi. 2004. effect of plant density and planting date on agronomic characteristics, yield and yield components in soybean. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 35(2): 357-367. (In Farsi).
15. Khajeh Denglani, S., H. Ajam Norouzi, Gh. Ghorbani Nasrabad and M. R. Dadashi. 2019. The effect of irrigation and planting system on morphological parameters and yield of two cotton cultivars. *Iranian Journal of Cotton Research* 6(2): 43-54. (In Farsi).
16. Khajehpour, M. R. 2013. Industrial Plants. Isfahan University Press, Isfahan. (In Farsi).
17. Khajehpour, M. R. 2015. Principles and Principles of Agriculture (Third Edition). Isfahan University Press, Isfahan. (In Farsi).
18. Kim, J. K., M. H. Lee and Y. S. Kim. 2000. Labour saving cultivation technologies of rice in Korea-direct seeding and machine transplanting-national crop experimental station. Rural Development Administration (RDA), Republic of Korea.
19. Nehbandani, A. R. 2013. Parameterizing SSM model for the growth and yield of soybean. MSc Thesis. Faculty of Plant Production. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran.
20. Nehbandani, A. R., A. Soltani, E. Zeinali, F. Hoseini, A. Shahhosein and M. Mehmandoei. 2017. Soybean (*Glycine max* L. Merr.) yield gap analysis using boundary line method in Gorgan and Aliabad Katul. *Journal of Agroecology*

- 9(3): 760-776. (In Farsi).
21. Noorhosseini, S. A., A. Soltani and H. Ajamnoroozi. 2018. Simulating peanut (*Arachis hypogaea* L.) growth and yield with the use of the Simple Simulation Model (SSM). *Computers and Electronics in Agriculture* 145: 63-75.
 22. Oswald, A., J. K. Ransom, J. Kroschel and J. Sauerborn. 2001. Transplanting maize (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) reduces *Striga hermonthica* damage. *Weed Sciences* 49: 346-353.
 23. Priestley, C. H. B. and R. J. Taylor. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review* 100: 81-92.
 24. Rattin, J., A. Di-Benedetto and T. Gomatti. 2006. The effects of transplant in sweet maize (*Zea mays*). I. growth and yield. *International Journal of Agricultural Research* 1: 58-67.
 25. Ritchie, J. T. 1985. A user-oriented model of soil water balance in wheat. PP. 293-305. In: Day, W. and P. K. Arkin, (Eds.), *Wheat Growth and Modelling*. Plenum, New York.
 26. Ritchie, J. T. 1998. Soil water balance and plant water stress. PP. 41-54. In: Tsuji, G. Y., G. Hoogenboom, P. K. Thornton, (Eds.), *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
 27. Soltani, A. 2007. *Application of SAS in Statistical Analysis (Second Edition)*. Mashhad University Press, Mashhad. (In Farsi).
 28. Soltani, A. 2009. *Mathematical Modeling in Field Crops*. JDM Press, Mashhad. (In Farsi).
 29. Soltani, A. and T. R. Sinclair. 2012. *Modeling physiology of crop development, growth and yield*. CAB International, Wallingford, UK.
 30. Soltani, A., A. R. Nehbandani, A. Dadrasi, S. M. Alimagham, E. Zeinali and B. Torabi. 2018. *Agro-Ecological Zoning (AEZ) of Iran for Plant Production*. Research report. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Farsi).
 31. Soltani, A., A. R. Nehbandani, M. Alimagham, A. Dadrasi, B. Torabi, A. Zinelli, E. Zand, S. Qasemi, H. Barani, A. Alasti, R. A. Hosseini, M. Zahed, H. Fayyazi, H. Kamri, R. Arab Ameri, Z. Mohammadzadeh, S. Rahban, Sh. Pourshirazi, S. Mohammadi and S. Keramat. 2019. *Modeling the growth and production of large-scale vegetation with SSM-icrop2 crops, vegetables, fruit orchards and pastures*. Research Project Report, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Farsi).
 32. Sun, Z. D. and M. J. Wang. 1996. Effect on cotton boll setting and yield by transplanting with pot and by film mulching. *Acta Agriculture Zhejiangensis* 8: 141-145.
 33. Wien, H. C. 1997. *The physiology of vegetables crops transplanting department of fruit and vegetables science. Cornell University: 14853-14908.*
 34. Zolfaghara, A., A. Alizadeh, S. Khavari, M. Bannayan and H. Ansari. 2016. Investigation and comparison of water productivity in direct and transplant seeding of corn in different irrigation regimes. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 10(4): 508-519. (In Farsi).

Modeling the Effect of Pot Culture on Yield and Water Use of Soybean in Gorgan

G. Soleiman Zadeh¹, A. Soltani^{2*}, B. Torabi³, H. Ebrahimi⁴ and E. Shakeri⁵

(Received: November 05-2019; Accepted: January 20-2020)

Abstract

Transplanting or pot culture has been mentioned as a promising approach to increase crop yield and decrease irrigation water use in recent years. Using simulation models to assess pot culture is a valuable way in investigating the effect on yield, water consumption and other properties of crops such as soybean. For this purpose, several pot culture levels (seedling sizes) plus direct sowing were evaluated in soybean using SSM-iCrop2 for four different sowing dates in Gorgan, Iran. Seedling sizes were 13, 18, 24 and 29 cm² per plant leaf area and at 200, 250, 300 and 350 °C cumulative temperature, respectively. Sowing dates were June 10 (early), June 25 (usual), July 14 (late) and July 27 (very late). The results of simulation showed that direct seed planting method at late sowing date (14 July) and all treatments at very late sowing date (27 July) are not feasible and cannot be recommended due to disturbance that cause in sowing of next crop in double cropping system of the region. Transplanting method at early (10 June), usual (25 June) and late planting dates resulted in earlier maturity. There was no significant difference between two methods regarding seed yield at early and usual planting dates, but at late planting date transplanting method resulted in higher yield compared to direct seed planting method. Seedling size had no significant effect on yield. In addition, there was no significant difference among sowing methods in all planting dates in terms of net irrigation requirement of soybean. It was concluded that transplanting is only preferred at late sowing date for its higher yield, but considering the higher production costs of this method compared to direct sowing, it is necessary to find some cost-effective measures before pot culture could be adopted by farmers.

Keywords: Simulation, Sowing date, Seedling size, Economic efficiency

1, 2, 3. MSc Student, Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

4. Researcher of Oil Seeds of Gorgan Agricultural Organization, Golestan, Iran.

5. PhD of Agronomy, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

*: Corresponding Author, Email: afshin.soltani@gmail.com