نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۰، ص. ۶۰۵-۵۹۳

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.3, Jul-Aug 2011, p. 593-605

واسنجی مدل گیاهی CropSyst جهت تخمین عملکرد و شبیه سازی رشد گیاه کلزا

تورج هنر[1*]- علی ثابت سرورستانی[2]- علی اکبر کامگارحقیقی[3]- شیده شمس[4]

تاریخ دریافت:۸۹/۷/۷
تاریخ پذیرش:۸۹/۱۲/۱۵

چکیده

هدف از این تحقیق واسنجی مدل گیاهی CropSyst بر روی گیاه کلزا تحت تیمارهای مختلف آبی می‌باشد. بدین منظور گیاه کلزا (طلایه) در ۵ تیمار آزمایشی و ۴ تکرار در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال زراعی ۸۷-۸۶ کشت گردید. در طول فصل کشت، وزن ماده خشک و شاخص سطح برگ به طور مداوم اندازه‌گیری و سپس مدل با توجه به نتایج حاصله مورد واسنجی قرار گرفت. نتایج خروجی بیانگر تخمین مناسب مدل بود به نحوی که مجذور ضریب همبستگی میان مقادیر اندازه‌گیری و پیش بینی شده وزن ماده خشک و شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف به ترتیب بیش‌تر از ۰/۹۹ و ۰/۹۵ محاسبه گردید. همچنین ضریب همبستگی عملکرد محصول اندازه‌گیری و پیش بینی شده نیز ۰/۹۶ تعیین گردید، که گویای دقت بالای مدل در تخمین پارامترهای گیاهی می‌باشد. همچنین مدل واسنجی شده با داده‌های مستقل مورد اعتبار سنجی قرار گرفت. نتایج حاصله در این مرحله نشان دهنده دقت بالای مدل در شبیه سازی وزن ماده خشک بود به نحوی که مجذور ضریب همبستگی در این حالت بیش از ۰/۹ محاسبه گردید. همچنین شبیه سازی شده شاخص سطح برگ نیز در کلیه تیمارها نتایج مطلوبی را به همراه داشت، به نحوی که در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد مدل Cropsyst در انجام تحقیقات زراعی گیاه کلزا قابل اعتماد می‌باشد.

واژه های کلیدی: مدل‌های شبیه سازی، کلزا، شاخص سطح برگ

مقدمه

بحران آب در چند دهه اخیر که به طور مستقیم بر عملکرد محصولات کشاورزی اثر گذار می‌باشد، محققین را بر آن داشت تا مطالعات وسیعی در زمینه روابط موجود بین تولید محصول و آب مصرفی انجام نمایند، این پژوهش‌ها نهایتاً منجر به ارائه مجموعه‌ای از مدل‌های شبیه سازی مدیریت آب خاک و تولید محصول نیز گردید.

از ساده‌ترین مدل‌های ارائه شده جهت شبیه سازی بیلان آب خاک و تولید محصول مدل هنکس (۱۰) می‌باشد که بدون در نظر گرفتن روابط پیچیده جریان آب خاک، با استفاده از روابط بیلان حجمی، مقدار تبخیر بالقوه، تعرق بالقوه، تعرق واقعی و فرونشت عمقی را محاسبه و با توجه به اطلاعات مربوط به مراحل مختلف رشد، محصول نهایی را تعیین می‌نمایند.

راسموسن و هنکس (۱۴) با ایجاد تغییراتی در مدل هنکس (۱۰) اقدام به شبیه سازی مدل گندم بهاره کردند. این مدل قادر می‌باشد علاوه بر شبیه سازی مراحل مختلف رشد گیاه توسط روز درجات تجمعی، عمق ریشه را نیز در مراحل مختلف رشد نیز پیش بینی نماید. می‌توان به مدل *CRPSM* که در دانشگاه ایالتی یوتا توسط هیل و همکاران (۱۱) ارائه شد اشاره نمود. این مدل با تاثیر شرایط آب و هوایی در مراحل مختلف رشد گیاهی، میزان محصول نهایی را با توجه به اثر مقدار آب خاک در هر مرحله از رشد گیاه پیش بینی می کند. مدل شبیه ساز بیلان آب خاک این مدل، مشابه مدل هنکس (۱۰) می‌باشد که با ترکیب مدل شبیه ساز فنولوژی گیاه، مقدار محصول را به صورت تابعی از مقدار آب قابل استفاده خاک در طی دوره رشد محاسبه می‌نماید. همچنین زند پارسا و سپاسخواه (۱۹) روشی ارائه دادند که مقادیر بهینه آب و نیتروژن یک مزرعه ذرت تحت آبیاری بارانی خطی را برای رسیدن به حداکثر محصول و سود در شرایط مختلف محدودیت آب و زمین پیش بینی می‌نماید. ضیایی و سپاسخواه (۲۱) جهت شبیه سازی عملکرد گندم زمستانه تحت شرایط آبیاری و دیم با استفاده از تئوری کردری و گراهام (۸) مدلی ارائه نمودند که به کمک داده‌های متداول هواشناسی، پیش بینی شاخص‌های رشد و عملکرد دانه گندم آبی و دیم را بخوبی انجام داد.

۱،۲،۳و۴- به ترتیب دانشیار، دانش آموخته کارشناسی ارشد، استاد و دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email: toorajhonar@yahoo.com)

پیرمرادیان و سپاسخواه (۱۳) از مدل بسیار ساده (VSM) جهت شبیه سازی عملکرد دانه و ماده خشک برنج تحت مدیریت‌های مختلف کاربرد آب و نیتروژن استفاده کردند و با استفاده از این مدل نتایج خوبی از تخمین عملکرد دانه و ماده خشک برنج بدست آوردند.

CropSyst در واقع یک مدل شبیه سازی سیستم‌های کشت برای گیاهان یک یا چند ساله است که به صورت گام‌های روزانه مراحل رشد گیاه را شبیه سازی می‌کند. از آنجایی که این مدل قابلیت انعطاف برای گیاهان زراعی مختلف را دارا می‌باشد، می‌تواند به عنوان یک ابزار در مطالعات تاثیر آب و هوا، خاک و روش‌های مدیریتی بر روی رشد و نمو گیاهان مورد استفاده قرار گیرد. این مدل رطوبت و نیتروژن خاک، رشد و توسعه ریشه گیاه، محصول، باقیمانده خشک و تجزیه آن‌ها، فرسایش آبی خاک و بیلان شوری خاک را نیز شبیه سازی می‌کند.

توسعه مدل CropSyst از سال ۱۹۹۴ توسط استوکل و همکاران (۱۷) آغاز گردید. این مدل به صورت برنامه هایی شامل مدل گیاهی CropSyst، یک تبدیل کننده پارامترهای هواشناسی تحت عنوان ClimGen و برنامه جغرافیایی "ArcCs" می‌باشد. علاوه بر این زیر برنامه‌های مفیدی نیز برای اهداف گوناگون در این مدل استفاده می‌شود. یکی از ویژگی‌های برجسته مدل CropSyst قابلیت شبیه سازی گیاهان چند ساله و سیستم‌های کشت چند محصولی است، که این ویژگی در سایر مدل‌ها یک نقطه ضعف به شمار می‌آید. نتایج این مدل می‌تواند در نقاط مختلف دنیا با داده‌های اندازه گیری شده در آزمایشات صحرایی مقایسه گشته و بر اساس آن با بیان ریسک و آنالیزهای اقتصادی سناریوهایی شامل سیستم‌های کشت، گزینه‌های مدیریتی، شرایط آب و هوایی و ویژگی‌های خاک مورد کاربرد قرار گیرد.

بلوچی و همکاران (۳) اثرات متقابل کاربرد نیترات و سطوح مختلف آب را برای تخمین شاخص‌های گیاهی ذرت نظیر شاخص سطح برگ، شاخص سطح برگ و غیره را در مزرعه تحقیقات دانشگاه دیسپیا در ایتالیا مورد بررسی قرار دادند. ایشان با مقایسه داده‌های مزرعه‌ای و شبیه سازی شده توسط مدل CropSyst راندمان متوسط کارآمدی مدل را ۹۶ درصد و راندمان متوسط کارآمدی مدل برای تخمین ماده خشک ۸۲ درصد و بیلان رطوبتی خاک را ۷۵ درصد گزارش کردند. موریوندو و همکاران (۱۲) با استفاده از نقشه‌های ماهواره‌ای از مزارع گندم دیم در دو استان در ایتالیا و شبیه سازی توسط CropSyst میزان عملکرد را پیش بینی کردند و میزان خطای نسبی پیش بینی این مدل با داده‌های واقعی در دو استان مورد بررسی را ۰/۴۷–۰/۴۴ تعیین نمودند. آلوا و همکاران در سال ۲۰۰۱ با مطالعه اثرات سطوح مختلف کود نیتروژنه برای مراحل رشد غده سیب زمینی در ایالت پاسفیک ایالات متحده امریکا و شبیه سازی توسط مدل CropSyst عملکرد غده را مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که داده‌های مدل به خوبی با اطلاعات اندازه گیری شده هماهنگ است.

کلفانلونیری و بچینی (۶) با استفاده از مدل CropSyst دوران رشد گیاه یونجه و بیلان رطوبتی خاک در مزارع تحت کشت یونجه در شمال ایتالیا مورد شبیه سازی قرار دادند و با مقایسه داده‌های مزرعه‌ای در طول دو سال دریافتند که این مدل به خوبی وزن خشک و رطوبت خاک را با خطای ناچیزی پیش بینی می‌نماید. سپس کلفانلونیری و بوچی (۷) میزان عملکرد گیاه برنج را در شمال ایتالیا در سال‌های مختلف آماری هواشناسی با استفاده از مدل CropSyst مورد ارزیابی قرار دادند. آنان شاخص سطح برگ، نسبت ساقه به برگ و محصول گیاه را در مقایسه با داده‌های به دست آمده از مزرعه را بسیار نزدیک یافتند به طوری که میزان کارآیی مدل را نزدیک به ۸۰ درصد بیان نمودند.

ونگ و همکاران (۱۸) در شبیه سازی عملکرد گندم بهاره در چین توسط مدل CropSyst کارایی قابل قبول مدل را نشان دادند، با این حال برای کارایی بهتر مدل واسنجی آن را پیشنهاد نمودند. در بررسی دیگری که توسط سینگ و همکاران (۱۶) انجام شد، مشخص گردید، تحت شرایط آبیاری و مصرف کود نیتروژن، پیش بینی رشد و عملکرد گندم توسط مدل Cropsyst نسبت به مدل CERES-Wheat (Crop Environment REsource Synthesis) از کارایی بیشتری برخوردار می‌باشد. همچنین کلفانلونیری و همکاران (۵) در مقایسه ۳ مدل گیاهی WARM (۴)، Cropsyst و (WOrd FOod STudy) WOFOST در پیش بینی عملکرد گیاه برنج نشان دادند که با توجه به تعداد داده‌های مورد نیاز برای استفاده در مدل و کارایی آن مدل Cropsyst نسبت به WOFOST عملکرد بهتری دارد.

از آنجایی که دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. این محصولات علاوه بر دارا بودن ذخائر غنی اسیدهای چرب، حاوی پروتئین نیز می‌باشند. از طرفی دیگر بیش از ۹۰ درصد روغن مصرفی در ایران بصورت واردات تامین می‌شود، این امر موجب گردیده که در این تحقیق توسط مدل Cropsyst تأثیر تنش آبی در مراحل مختلف رشد بر روی گیاه روغنی کلزا مورد ارزیابی قرار گیرد.

کلزا گیاهی از خانواده Cruciferae با نام علمی *Brassica napus* بوده و که جهت تولید روغن در سطح وسیعی کشت می‌شود. بر اساس گزارش وب سایت فائو (۹) مقدار تولید کلزا در جمهوری اسلامی ایران در طی سال‌های اخیر از یک روند افزایشی برخوردار بوده است. با این حال تاکنون تحقیقات ناچیزی در خصوص مدل کردن این گیاه صورت گرفته است. بنابراین با توجه به اهمیت گیاه کلزا به عنوان یکی از محصولات مهم جهت تامین روغن خوراکی مورد نیاز در ایران و با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک منطقه و مسئله بحران آب در سال‌های اخیر، در تحقیق حاضر به اثر تنش آبی

در مراحل مختلف رشد بر عملکرد گیاه کلزا واریته طلایه (رقم مرسوم در منطقه) توسط مدل گیاهی CropSyst مورد آزمون قرار گرفته شد.

مواد و روش‌ها

جهت واسنجی مدل CropSyst و بررسی اثر تنش رطوبتی بر مراحل رشد کلزا آزمایش‌هایی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (باجگاه، ارتفاع ۱۸۱۰ متری از سطح دریا، عرض ۳۶ و °۲۹ و طول ۳۲ و °۵۲) انجام پذیرفت. آزمایش‌ها در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی، شامل پنج تیمار در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه کلزا بودند که تا شروع رشد رویشی مجدد (اواخر اسفند ماه) تمامی تیمارها دارای شرایط یکسان بوده که پس از آن تنش‌ها انجام پذیرفت. تیمارهای مورد آزمایش عبارت بودند از:

I_1: تیمار شاهد یا تیمار آبیاری در کل دوره رشد.

I_2: تیمار تنش آبی در مرحله رشد رویشی مجدد در بهار.

I_3: تیمار تنش آبی در مرحله گلدهی و تشکیل غلاف.

I_4: تیمار تنش آبی در مرحله رسیدن دانه.

I_5: تیمار دیم با آبیاری تکمیلی در اول رشد در مرحله کاشت و جوانه‌زنی.

در این تحقیق مراحل مختلف رشد به صورت مشاهده‌ای و با استفاده از مقاله زواره و امام (۱) تعیین گردید. کرت‌های آزمایشی به طول ۱۰ و عرض ۳ متر و فاصله بین پشته‌ها ۵۰ سانتی‌متر تعیین گردید، جهت جلوگیری از نفوذ آب از هر کرت به کرت مجاور بین هر دو کرت فاصله‌ای به اندازه دو جویچه در نظر گرفته شد. کاشت بذر در همه تکرارها به صورت دستی و با تراکم ۱۵۰ عدد بذر در یک متر مربع یا ۶ کیلوگرم بذر در هکتار در تاریخ ۳۱ شهریور ۱۳۸۶ بر روی پشته‌ها صورت گرفت. جهت جبران کمبود مواد غذایی مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود ازته اوره (۵۰ کیلوگرم در هکتار هنگام کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در هنگام شروع دوره رشد رویشی) و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل در زمان شخم زدن به طور مساوی در تمام کرت‌ها توزیع گردید.

رطوبت خاک در روزهای قبل از آبیاری توسط دستگاه نوترون‌متر (مدل CPN 503 DR) در هر کرت به طور مستقل تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری گردید و برای هر کرت میزان آبیاری به نحوی تعیین گردید که کمبود رطوبت را در ناحیه ریشه را جبران و آن را به حد ظرفیت زراعی مزرعه افزایش دهد.

با تغییر رنگ دانه‌های داخل غلاف به قهوه‌ای متمایل به تیره و زرد شدن پوسته غلاف‌ها، عملیات برداشت به صورت دستی و با داس از سطحی به اندازه یک متر مربع انجام شد. برداشت در تاریخ ۸۷/۳/۲۱ انجام شد. ولی در تیمار دیم به علت کمبود بارندگی در طول فصل رشد زودتر از سایر تیمارها و در تاریخ ۸۷/۳/۱۲ برداشت انجام گردید.

در این بررسی برای محاسبه تبخیر-تعرق واقعی گیاه از رابطه بیلان آب خاک استفاده گردید. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، مجموع سطوح برگ‌های یک بوته منتخب از هرکرت با استفاده از دستگاه Windias انجام شد و با توجه به فاصله بوته‌ها در روی ردیف و فاصله خطوط کاشت، سطح اشغالی هر بوته تعیین و از تقسیم مجموع سطح برگ بر سطح اشغالی هر بوته مقدار شاخص سطح برگ محاسبه گردید. با خشک کردن نمونه‌ها در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد وزن خشک گیاه در طول فصل رشد نیز بدست آورده شد. همچنین تغییرات طول ریشه بر مبنای تغییر رطوبت در عمق‌های مختلف ناشی از جذب آب توسط ریشه انجام گرفت.

مدل گیاهی CropSyst یک مدل گیاهی پیشرفته برای شبیه سازی سیستم‌های چند گیاهی و چند ساله است که به صورت یک ابزار تحلیلی برای مطالعه تاثیر آب و هوا، خاک، مدیریت بر روی محصولات گیاهی و محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد. CropSyst بیلان آب خاک، بیلان نیتروژن خاک و گیاه، فنولوژی گیاهی، پوشش گیاهی و رشد ریشه، تولید ماده خشک، محصول گیاه، باقیمانده خشک، فرسایش خاک توسط آب و شوری خاک را شبیه سازی می‌کند. این فرآیندها تحت تأثیر وضعیت هوا، خصوصیات خاک، خصوصیات گیاهی و سیستم‌های مدیریتی در گزینه‌هایی چون تناوب گیاه، انتخاب عملیات خاکورزی، آبیاری، کوددهی نیتروژن و سایر مدیریت‌ها می‌باشد.

داده های مورد نیاز در مدل CropSyst به صورت پنج فایل ورودی کنترل شبیه سازی، مکان، اطلاعات خاک، گیاه و مدیریت، به مدل معرفی می‌گردند. مجزا بودن فایل‌ها این امکان را به کاربر می‌دهد تا سناریوهای مختلف به سهولت در فایل کنترل شبیه سازی اعمال گردند همچنین قابلیت اتصال به ArcCs را میسر می‌سازد.

گام‌های شبیه سازی در مدل CropSyst شامل مراحل زیر می‌شود:

۱- شبیه سازی تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه: در این مدل به دو صورت می‌توان تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه را محاسبه نمود، روش پریسلی و تایلور (۱۹۷۲) و روش پنمن-مانتیث (۱۹۶۵). نتایج رزاقی و سپاسخواه (۱۵) نشان داد که در بین روش‌های مختلف مورد بررسی روش پریسلی و تایلور از کمترین دقت برخوردار است و روش پنمن-مانتیث در ردیف سوم قرار دارد، لذا در این بررسی روش پنمن-مانتیث مورد استفاده قرار گرفت.

۲- شبیه سازی تعرق بالقوه گیاه: تعرق واقعی تابعی از رشد واقعی گیاه بوده که از مرحله جوانه زنی آغاز و تا زمان رسیدن گیاه ادامه

می‌یابد. خارج از این مراحل مقدار تعرق صفر می‌باشد. در CropSyst از آب ذخیره شده در بافت‌های گیاهی صرف نظر شده و مقدار تعرق واقعی برابر می‌گردد با مقدار آب جذب شده توسط گیاه از خاک.

۳-شبیه سازی رشد بالقوه گیاه بر اساس فنولوژی و مورفولوژی: مراحل توسعه گیاه، فنولوژی گیاه، عمق ریشه، ماده خشک تجمعی اندام‌های هوایی، شاخص سطح برگ و محصول.

ارزیابی مدل

برای مقایسه داده‌های پیش بینی شده توسط مدل با آنچه در واقعیت اندازه گیری شده است شاخص‌های آماری زیر مورد استفاده قرار گرفت:

شاخص RMSE :

$$RMSE = \left[\left(\frac{1}{N}\right)\sum_{i=1}^{N}((Qi)-(Pi))^2\right]^{0.5} \quad (۱)$$

شاخص توزیع پراکندگی:

$$Sd^2 = (N-1)^{-1}\sum_{i=1}^{N}(Pi - Oi - MBE) \quad (۲)$$

$$MBE = N^{-1}\sum_{i=1}^{N}(Pi - Oi) \quad (۳)$$

شاخص MAE :

$$MAE = N^{-1}\sum_{I=1}^{N}|Pi - Oi| \quad (۴)$$

که در آن‌ها P_i و O_i مقادیرداده‌های شبیه سازی و مشاهده شده و N تعداد داده‌ها می‌باشد.

در تمام شاخص های ذکر شده هر چه میزان شاخص کوچکتر باشد بیانگر دقت و نزدیکی داده های اندازه گیری شده و پیش بینی شده است.

و همچنین شاخص توافق:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(Pi - Oi)^2}{\sum_{i=1}^{N}(|Pi'| + |Oi'|)^2} \quad (۵)$$

مقادیر Oi' و Pi' به صورت زیر است.

$$Oi' = Oi - \overline{O} \quad (۶)$$

$$Pi' = Pi - \overline{O} \quad (۷)$$

که $\overline{O}$ میانگین مقادیر داده‌های مشاهده شده است. مقدار d بین صفر و ۱ متغییر بوده و هر چه این مقدار به یک نزدیک باشد بیانگر دقت بیشتر و نزدیکی مشاهدات و پیش‌بینی‌ها ست.

نتایج و بحث

در این تحقیق پارامترهای وزن ماده خشک، شاخص سطح برگ و مقدار محصول توسط مدل مورد پیش بینی قرار گرفته و با مقادیر اندازه گیری شده در طی فصل رشد مورد مقایسه قرار گرفت که در ادامه به شرح آن می‌پردازیم.

ماده خشک

وزن ماده خشک اندازه‌گیری شده در طول فصل کشت و شبیه سازی شده توسط مدل برای تیمارهای مختلف در شکل ۱ ارائه شده است. جدول ۱ نیز ارائه دهنده شاخص‌های آماری محاسبه شده برای تعیین دقت مدل می‌باشد. با مشاهده شکل ارائه شده در می‌یابیم که مدل در پیش‌بینی ماده خشک تولیدی از دقت مناسبی برخوردار می‌باشد و در کلیه تیمارها همخوانی مناسبی بین مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده مشاهده می‌گردد. این مدل بخشی از ماده خشک تولیدی را به عنوان ماده خشک باقیمانده در نظر گرفته و آن را در قسمت خروجی مقدار ماده خشک قابل برداشت در نظر می‌گیرد، لذا مقادیر شبیه سازی شده در روزهای آخر فصل رشد نسبت به سایر مراحل تفاوت بیشتری را با مقادیر اندازه‌گیری شده نشان می‌دهند. با این وجود این اختلاف از دقت مدل نمی‌کاهد. همچنین در کلیه تیمارها، مقادیر اندازه‌گیری شده وزن خشک از مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل بیشتر می‌باشد.

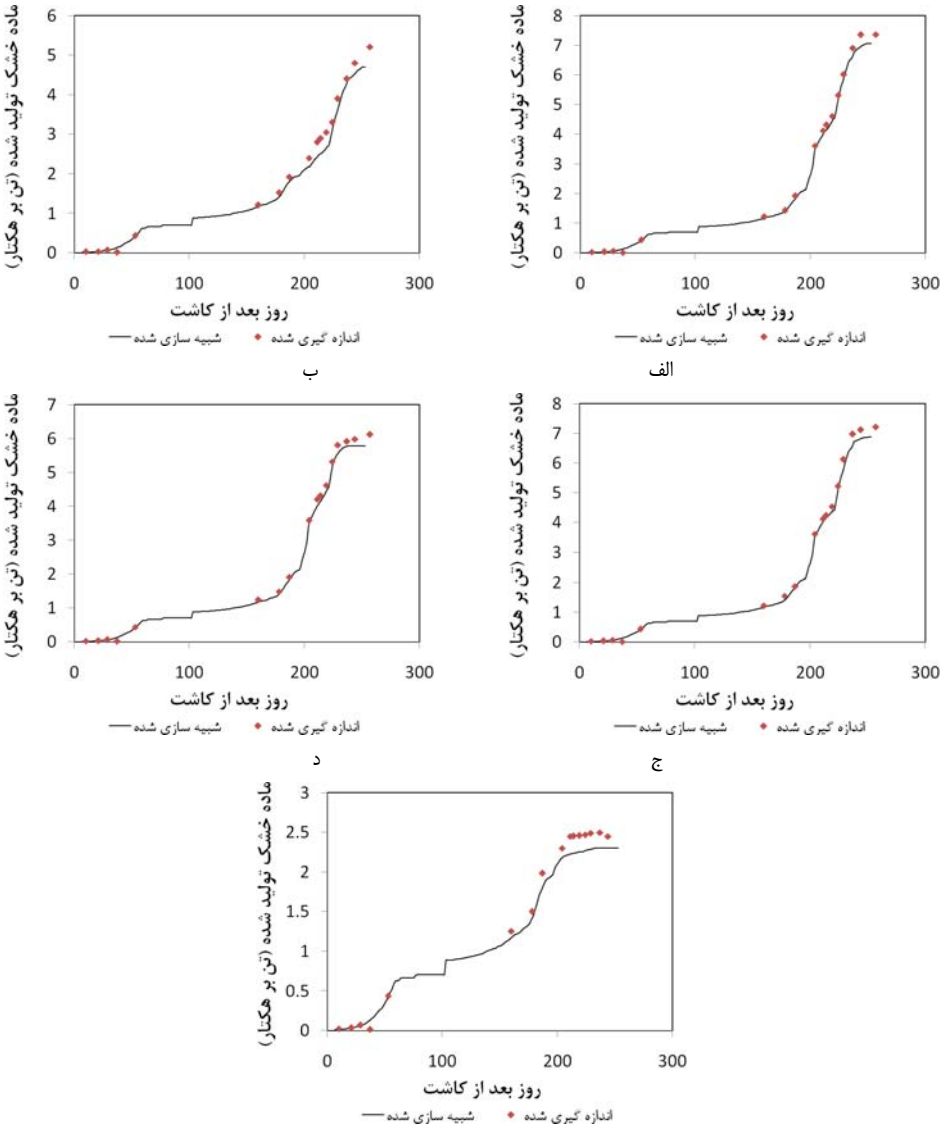
شاخص‌های آماری و مقادیر ضریب همبستگی ارائه شده در جدول ۱ نیز دقت بالای مدل در تخمین زدن وزن خشک گیاه در طول دوره رشد گیاه را نشان می‌دهد. علاوه بر آن با توجه به شکل ارائه شده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

در تیمار تنش خشکی در مرحله رشد رویشی مجدد مقدار ماده خشک پیش بینی شده توسط مدل در فاصله روزهای ۱۶۰ تا ۲۰۰ روز پس از کشت شیب کمتری نسبت به سایر تیمارها در این دوره زمانی دارد. علت آهنگ کم افزایش در این دوره اثر تنش رطوبتی می‌باشد.

همچنین در تیمار تنش در مرحله پرکردن دانه‌ها مقدار ماده خشک پیش بینی شده توسط مدل از تاریخ ۲۲۹ روز پس از کشت تا پایان فصل کشت مقدار ماده خشک تولیدی به مقدار ثابتی رسیده است. لذا علت عدم افزایش ماده خشک تولیدی در این دوره نیز از کمبود رطوبت در دسترس در اثر تنش رطوبتی می‌باشد.

در تیمار دیم تنها منبع رطوبتی مورد استفاده رطوبت موجود در خاک می‌باشد، با توجه به عدم بارش در دوره رشد فعال گیاه، تیمار دیم از همان ابتدای مرحله رشد رویشی مجدد در اوایل اسفندماه دچار تنش رطوبتی شده است. رشد سریع گیاه در ابتدای مرحله رشد رویشی مجدد باعث افزایش میزان ماده خشک تولیدی می‌شود. در فاصله روزهای ۱۵۰تا ۲۰۰ روز پس از کشت مقدار ماده خشک تولیدی کمی افزایش می‌یابد البته آهنگ افزایش در مقایسه با تیمار شاهد در این دوره زمانی بسیار کند می‌باشد. در نهایت مقدار ماده

خشک تولیدی از تاریخ ۲۰۴ روز پس از کاشت در مقـدار ثابـت ۲/۳۰ تن در هکتار متوقف می شود.



شکل۱- مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده وزن ماده خشک در طول فصل کشت تیمارهای مختلف

الف: شاهد – ب: مرحله رشد رویشی مجدد – ج: مرحله گلدهی – د: مرحله پر کردن دانه‌ها – ه: دیم

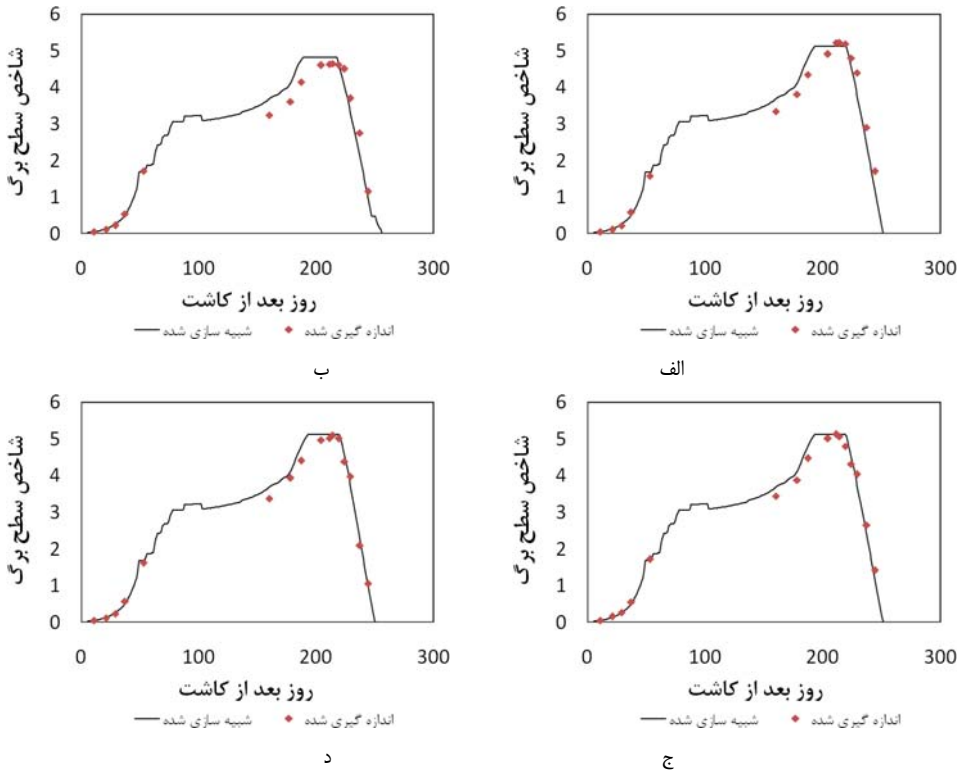
جدول ۱- شاخص های آماری مقایسه وزن ماده خشک اندازه گیری شده و شبیه سازی شده

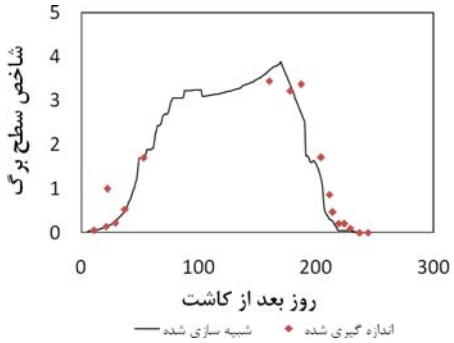
	RMSE	Sd^2	MAE	d	R^2
شاهد	۰/۰۲۶۲	-۰/۰۰۶۰	۰/۱۲۱۹	۰/۹۹۹۷	۰/۹۹
رشد رویشی مجدد	۰/۰۶۰۰	-۰/۰۰۹۵	۰/۱۸۶۷	۰/۹۹۶۷	۰/۹۹۶
مرحله گلدهی	/۰۳۵۵	-۰/۰۰۷۱	۰/۱۴۰۰	۰/۹۹۹۷	۰/۹۹
پر کردن دانه ها	۰/۰۲۵۱	-۰/۰۰۶۲	۰/۱۲۶۵	۰/۹۹۹۵	۰/۹۹
	۰/۰۲۲۵	-۰/۰۰۶۸	۰/۱۲۷۱	۰/۹۹۸۰	۰/۹۹

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده در طول فصل کشت و شبیه سازی شده توسط مدل برای تیمارهای مختلف در شکل ۲ ارائه شده است. همچنین در جدول ۲ نیز شاخص‌های آماری محاسبه شده برای بررسی تعیین دقت مدل جمع‌آوری گردیده است. شمای کلی پیش بینی مدل برای شاخص سطح برگ در طول فصل کشت به این صورت است که مقدار سطح برگ با شروع جوانه زنی شروع به افزایش می‌کند و در اوایل فصل رشد افزایش چشمگیری دارد. این افزایش تا ۷۰ روز پس از کشت ادامه دارد اما با اتمام این دوره زمانی و ورود گیاه به مرحله رکود و خواب زمستانه توسعه شاخص سطح برگ متوقف شده که با کاهش جزئی همراه می‌باشد. با پایان یافتن زمان خواب زمستانه و شروع مرحله رشد رویشی مجدد در اوایل اسفندماه رویش برگ‌های جدید آغاز می‌گردد. با رویش این برگ‌ها مقدار شاخص سطح برگ نیز افزایش می‌یابد. با رسیدن به مرحله گلدهی در اواخر فروردین ماه مقدار شاخص سطح برگ به مقدار حداکثر خود می‌رسد و تا مدت دو هفته در این مقدار ثابت می‌ماند. با رسیدن به مرحله پر کردن دانه‌ها گیاه با کم کردن برگ‌های خود انرژی خود را صرف پر کردن دانه‌ها می‌کند لذا از مقدار سطح برگ به شدت کاسته می‌شود و در پایان دوره کشت به مقدار صفر کاهش می‌یابد.

با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌شود که شاخص سطح برگ شبیه سازی شده توسط مدل، با مقادیر اندازه‌گیری شده همخوانی داشته و دقت مدل در این پیش بینی مناسب می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود که بین داده‌های پیش بینی و اندازه گیری شده دارای پراکندگی هستند با این حال پراکندگی داده‌ها به صورتی است که شاخص‌های آماری محاسبه شده تعدیل یافته‌اند. همچنین در تیمار تنش در مرحله رشد رویشی مجدد در فاصله زمانی ۱۶۰ تا ۲۰۴ روز پس از کشت (دوره تنش) مقدار شاخص سطح برگ اندازه گیری شده از مقادیر پیش بینی شده در مدل کمتر می‌باشد این مطلب بیانگر این است که مدل نتوانسته است اثر تنش آبی را در مورد شاخص سطح برگ به خوبی نشان دهد. علاوه بر آن شکل (ه-۲) نشان می‌دهد که در تیمار دیم مقدار شاخص سطح برگ از تاریخ ۱۶۰ روز پس از کشت (شروع دوره رشد رویشی مجدد) کمی افزایش یافته است اما با کمبود رطوبت خاک به گیاه تنش رطوبتی موجب کاهش رشد برگ‌ها می‌گردد و با ادامه تنش خشکی شاخص سطح برگ به شدت کاهش و نهایتاً با مقایسه مقادیر شبیه سازی و اندازه‌گیری شده در تمامی تیمارها مشاهده می‌شود که شبیه سازی مدل در تیمار تنش در مرحله رسیده دانه‌ها بالاترین و در تیمار دیم پایینترین دقت را به همراه دارد.





ه

شکل ۲- مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده شاخص سطح برگ در طول فصل کشت تیمارهای مختلف

الف: شاهد – ب: مرحله رشد رویشی مجدد – ج: مرحله گلدهی – د: مرحله پر کردن دانه‌ها – ه: دیم

جدول ۲- شاخص‌های آماری مقایسه شده بین شاخص سطح برگ اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده

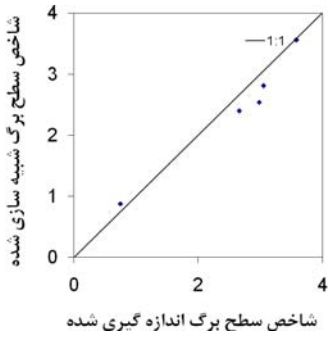
	RMSE	Sd^2	MAE	d	R^2
شاهد	۰/۰۸۷	۰/۰۰۳۰	۰/۲۲۶۸	/۹۹۴۰	۰/۹۷
رشد رویشی مجدد	۰/۱۱۰۱	−۰/۰۰۸۱	۰/۲۴۸۰	۰/۹۹۱۱	۰/۹۶۹
مرحله گلدهی	۰/۰۳۷۱	−۰/۰۰۲۰	۰/۱۵۰۴	۰/۹۹۷۴	۰/۹۹
پر کردن دانه ها	۰/۰۲۷۸	−۰/۸۹۲۱	۰/۱۲۷۸	۰/۹۹۸۱	۰/۹۹۶
دیم	۰/۲۱۲۵	−۰/۰۱۰۰	۰/۲۶۳۷	۰/۹۷۱۸	۰/۹۵

محصول

نتایج محصول پیش بینی شده توسط مدل و اندازه گیری‌های انجام شده برای تیمارهای مختلف در جدول ۳ و شکل ۳ نمایش داده شده است. مقدار محصول پیش بینی شده توسط مدل ضریبی از ماده خشک تولیدی می‌باشد. این ضریب شاخص برداشت می‌باشد که به عنوان یکی از ورودی‌های مدل می‌باشد. بهترین همگرایی نتایج پیش بینی شده و اندازه گیری شده تعیین شاخص برداشت براساس مقدار متوسط شاخص برداشت‌های تیمارهای مختلف می‌باشد. شاخص‌های آماری ارائه شده در جدول ۴ بهترین نتایج را برای شاخص برداشت میانگین تیمارهای مختلف ارائه نموده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل Cropsyst مقدار عملکرد تیمار شاهد و تیمار دیم را بخوبی تخمین می‌زند اما نتایج در مورد تیمار تنش در مرحله پر کردن دانه‌ها و تنش در مرحله رشد رویشی مجدد دقت کافی را ندارد و در مورد تیمار تنش در مرحله گلدهی دقت در تخمین محصول مناسب نمی‌باشد. اما بطور کلی با توجه به شکل ۳ دقت نتایج مناسب می‌باشد و نتایج شاخص‌های آماری نیز این مطلب را تایید می‌نماید به طوری که ضریب همبستگی محصول پیش بینی شده و اندازه گیری شده برابر ۰/۹۶ می‌باشد.

جدول ۳- مقادیر محصول پیش بینی شده و اندازه گیری شده تیمار مختلف

تیمار	محصول اندازه گیری شده (تن در هکتار)	محصول پیش بینی شده (تن در هکتار)
I_1	۳/۵۸	۳/۵۶
I_2	۲/۶۶	۲/۳۹۵
I_3	۲/۹۸	۲/۵۴
I_4	۳/۰۵	۲/۸۱
I_5	۰/۷۵	۰/۸۸



شکل ۳- مقادیر شبیه سازی توسط مدل Cropsyst و اندازه گیری شده محصول کلزای پاییزه واریته طلایه

جدول ٤- شاخص های آماری مقایسه محصول اندازه گیری شده و شبیه سازی شده

RMSE	Sd^2	MAE	d	R^2
۰/۰۳۷۱	−۱۷ e −۶/۲۵	۰/۱۷۱۴	۰/۹۸۱۳	۰/۹۶

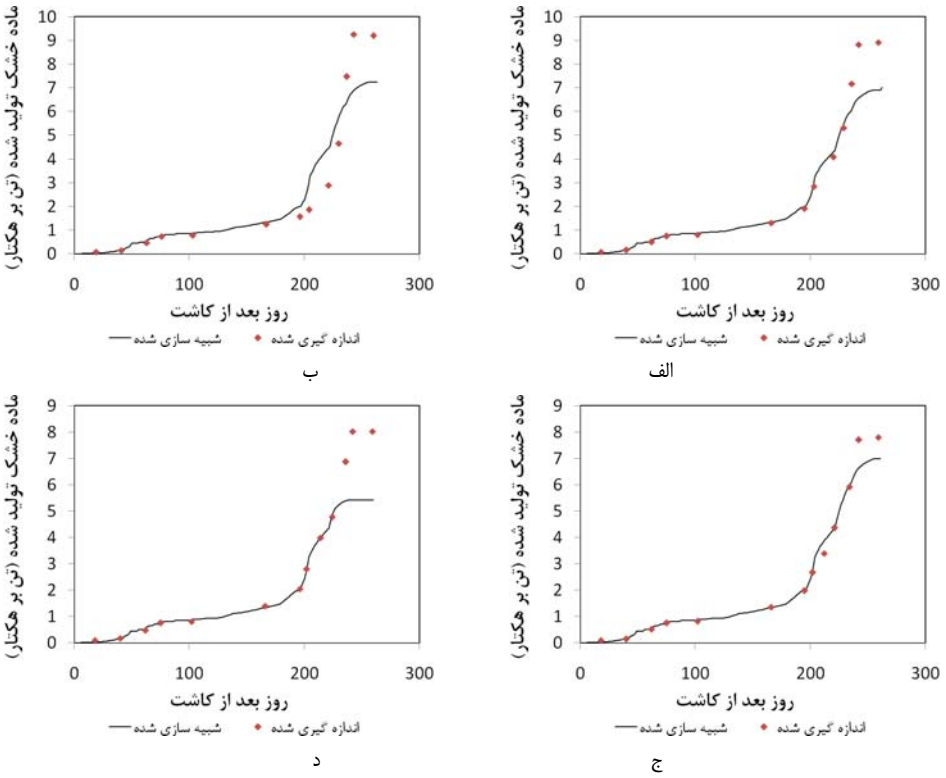
اعتبار سنجی مدل Cropsyst با سری اطلاعات مستقل

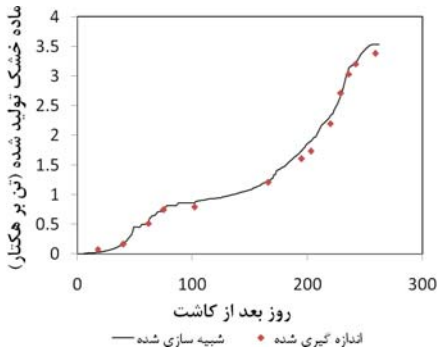
به منظور اطمینان از عملکرد مدل CropSyst، علاوه بر تخمین وزن ماده خشک، شاخص سطح برگ و محصول حاصل از آزمایشات انجام شده توسط مدل، صحت کارکرد مدل با یک سری نتایج آزمایشات مستقل حاصله از کلزای پاییزه واریته لیکورد در باجگاه تحت تیمارهای آبیاری مشابه (۲) مورد آزمون قرار گرفت. که در ادامه به شرح آن پرداخته خواهد شد.

وزن ماده خشک

وزن ماده خشک اندازه‌گیری شده در طول فصل کشت (داده‌های مستقل شعبانی، ۲) و شبیه سازی شده توسط مدل برای تیمارهای مختلف در شکل ۴ آورده شده است. جدول ۵ نیز ارائه دهنده شاخص-های آماری محاسبه شده برای تعیین دقت مدل می‌باشد.

با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که در تمامی تیمارها به استثنای تیمار دیم مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل در روزهای پایانی فصل کشت به نحو چشمگیری کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. از آنجایی که این مدل برای واریته طلایه مورد کالیبراسیون قرار گرفته است و حداکثر ماده خشک تولیدی بر اساس پارامترهای ورودی ۷/۰۷ تن بر هکتار می‌باشد مدل قادر نخواهدبود که مقادیر بیش از این را پیش بینی نماید، لذا با توجه به این که مقدار حداکثر ماده خشک تولید شده در این تیمارها بیشتر از این مقدار می‌باشد حصول چنین نتایجی دور از ذهن نمی‌باشد. با این حال از آنجایی که میزان ماده خشک تولید شده در تیمار دیم در اثر تنش آبی در طول دوره رشد از حد محدود بالاتر نرفته است مقادیر شبیه سازی و اندازه-گیری شده در طول فصل رشد از هماهنگی کامل برخوردار می‌باشد. بررسی شکل ۴ نشان می‌دهد که دقت شبیه سازی مدل در شرایط تنش خشکی در مرحله رشد رویشی مجدد از سایر تیمارها کمتر می-باشد. همچنین با توجه به جدول ۵ ملاحظه می‌گردد که میزان دقت مدل برای پیش بینی ماده خشک در تیمار تنش در مرحله گل‌دهی در بالاترین سطح قرار دارد.





۵

شکل٤- مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده وزن ماده خشک در طول فصل کشت تیمارهای مختلف (داده‌های مستقل شعبانی، ۲)

الف: شاهد – ب: مرحله رشد رویشی مجدد – ج: مرحله گلدهی – د: مرحله پر کردن دانه‌ها – ه: دیم

جدول ۵- شاخص های آماری مقایسه وزن ماده خشک اندازه گیری شده و شبیه سازی شده سری داده های مستقل، شعبانی (۲)

	RMSE	Sd^2	MAE	d	R^2
شاهد	۰/۰۰۰۸	-۰/۰۰۰۰۰۰۹	۰/۴۷۵۵	۰/۹۷۵۱	۰/۹۶۶
رشد رویشی مجدد	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۷۶۷۵	۰/۹۷۲۶	۰/۹۰۹
مرحله گلدهی	۰/۱۵۷۵	۰/۰۰۳۲	۰/۲۱۲۷	۰/۹۹۳۹	۰/۹۸۶
پر کردن دانه ها	۲۰۸۴/۱	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۵۴۱۷	۰/۹۴۹۹	۰/۹۴۴
دیم	۰/۰۰۸۶	-۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۷۳۰	۰/۹۹۸۴	۰/۹۹

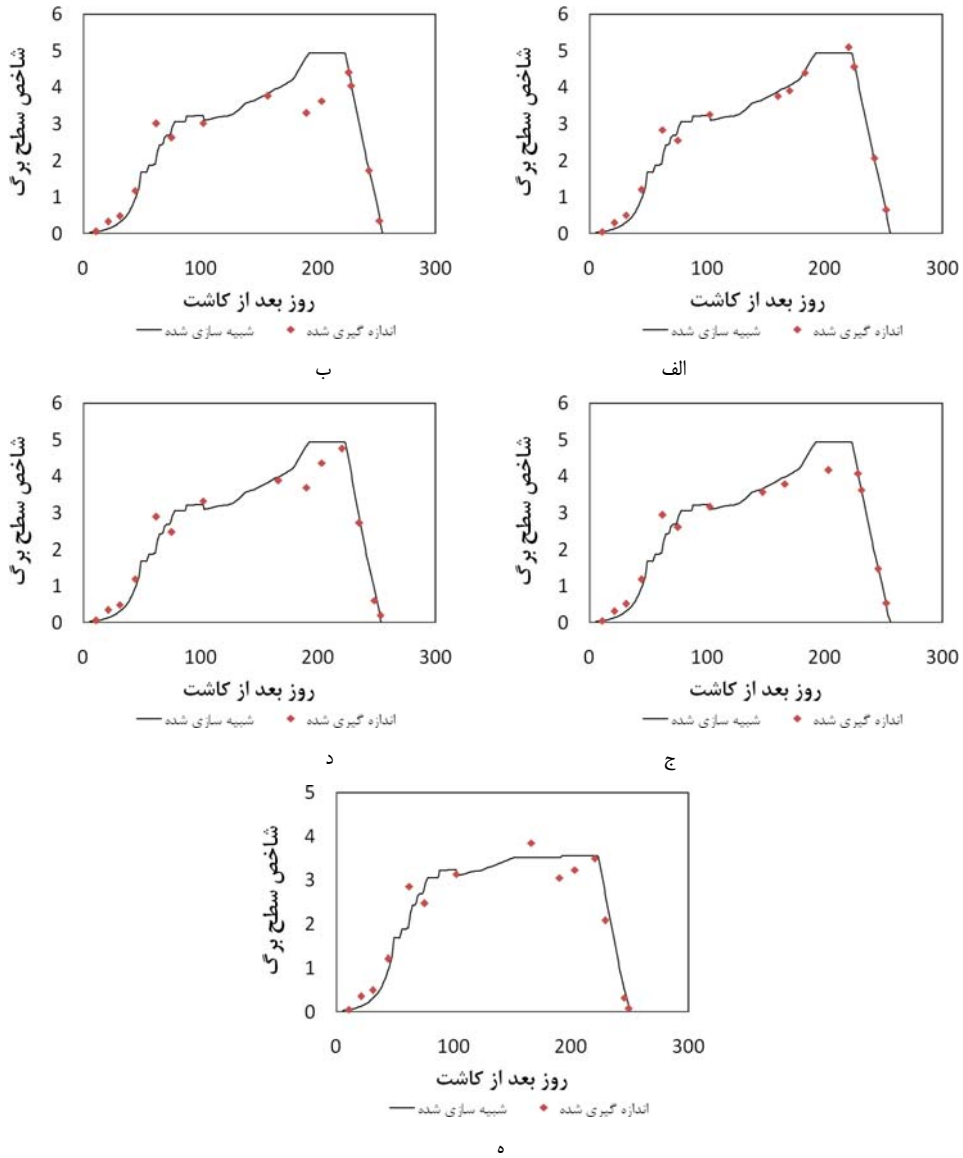
شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده در طول فصل کشت بر اساس داده‌های مستقل شعبانی (۲) و شبیه سازی شده توسط مدل برای تیمارهای مختلف در شکل ۵ آورده شده است. جدول ۶ نیز ارائه دهنده شاخص‌های آماری محاسبه شده برای تعیین دقت مدل می-باشد.

با مراجعه به اشکال و جدول ارائه شده می‌توان گفت مقادیر شبیه سازی شده شاخص سطح برگ و اندازه‌گیری شده توسط شعبانی در سال ۱۳۸۸ به جز بازه زمانی ۱۶۰ تا ۲۰۴ روز پس از کشت (مصادف با مرحله رشد رویشی مجدد) همخوانی دارد. باید توجه داشت مدل برای کلزا واریته طلایه کالیبره شده است حال آنکه واریته مورد کشت توسط شعبانی (۲) لیکورد می‌باشد. شاخص سطح برگ در مرحله رشد رویشی مجدد در واریته طلایه رشد سریعتری دارد. همچنین مشاهده می‌شود پیش بینی مدل برای تیمار تنش در مرحله گل دهی نسبت به سایر تیمارها دقیق‌تر می‌باشد. با این حال در کل می‌توان گفت که مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل به استثنای تیمار تنش در مرحله رشد رویشی مجدد از دقت مناسبی برخوردار است. با توجه به جدول ۶ مشاهده می‌شود که پیش بینی شاخص سطح برگ در تیمار تنش در مرحله رشد رویشی مجدد نسبت به سایر تیمارها از دقت کمتری برخوردار می‌باشد.

جدول ٦- شاخص‌های آماری مقایسه شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده و شبیه سازی شده سری داده‌های مستقل، شعبانی (۲)

	RMSE	Sd^2	MAE	d	R^2
شاهد	۰/۰۵۷۶	-۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۱۵۵۰	۰/۹۹۷۴	۰/۹۸
رشد رویشی مجدد	۰/۳۴۹۴	-۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۳۴۲	۰/۹۶۸۶	۰/۹۱۰
مرحله گلدهی	۰/۱۰۶۰	-۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۲۰۱۶	۰/۹۸۹۷	۰/۹۶۷
پر کردن دانه ها	۰/۱۸۴۳	۰/۰۰۰۳۱۲	۰/۲۹۴۶	۰/۹۸۵۱	۰/۹۵۶
دیم	۰/۱۱۷۲	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۲۶۵۴	۰/۹۸۵۷	۰/۹۴۷



شکل ۵- مقادیر اندازه‌گیری و شبیه سازی شده شاخص سطح برگ در طول فصل کشت تیمارهای مختلف (داده‌های مستقل شعبانی، ۲)

الف: شاهد – ب: مرحله رشد رویشی مجدد – ج: مرحله گلدهی – د: مرحله پر کردن دانه‌ها – ه: دیم

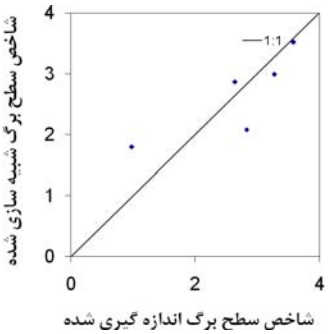
محصول

نتایج محصول پیش بینی شده توسط مدل CropSyst و اندازه گیری‌های انجام شده برای تیمارهای مختلف سال زراعی ۸۵-۸۴ (انجام شده توسط شعبانی (۲)) در جدول ۷ و شکل ۶ نمایش داده شده است. همچنین شاخص‌های آماری تعیین دقت مدل در پیش بینی محصول مورد محاسبه قرار گرفته شده در جدول ۸ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل Cropsyst مقدار عملکرد تیمار شاهد و تیمار تنش در مرحله پر کردن دانه‌ها را بخوبی تخمین زند اما نتایج در مورد تیمار تنش در مرحله گلدهی و تنش در مرحله رشد رویشی مجدد دقت کافی ندارد و در مورد تیمار دیم دقت تخمین محصول بسیار پایین می‌باشد. یکی از دلایل تفاوت به علت تغییر واریته گیاه می‌باشد. مقدار محصول قابل برداشت تابعی از مقدار ماده خشک تولیدی می‌باشد. لذا در تیمارهای مختلف مقدار ماده خشک تولیدی پیش بینی شده طبق آنچه شرح داده شد از مقدار اندازه گیری شده کمتر می‌باشد. اما از نظر کلی با توجه به شکل ۱۰ دقت نتایج به جز تیمار دیم منسب می‌باشد که نتایج شاخص‌های آماری نیز این

مطلب را تایید می‌کند به طوری که ضریب همبستگی محصول پیش بینی شده و اندازه گیری شده برابر ۰/۹۵ می‌باشد.

جدول ۷- مقادیر محصول پیش بینی شده توسط مدل CropSyst و اندازه گیری شده تیمار مختلف سری داده های مستقل، شعبانی (۲)

تیمار	محصول اندازه گیری شده (تن در هکتار)	محصول پیش بینی شده (تن در هکتار)
I_1	۳/۵۸	۳/۵۲
I_2	۳/۲۷	۲/۹۹
I_3	۲/۸۳	۲/۰۸
I_4	۲/۶۴	۲/۸۷
I_5	۰/۹۸	۱/۸۰۱



شکل ٦- مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده محصول کلزای پاییزه سری داده‌های مستقل شعبانی (۲)

جدول ۸- شاخص های آماری مقایسه محصول اندازه گیری شده و شبیه سازی شده سری داده‌های مستقل، شعبانی (۲)

RMSE	Sd^2	MAE	d	R^2
۰/۱۷۳۹	۰	۲/۶۵۶	۰/۸۵۱۳	۰/۹۵

نتیجه گیری

در ابتدا جهت ارزیابی و برازش مدل CropSyst داده‌های مزرعه‌ای و هواشناسی، اطلاعات ورودی مدل تهیه گردید. نتایج خروجی مشتمل بر وزن ماده خشک، شاخص سطح برگ و محصول برای داده‌های سال زراعی ۸۷-۸۶ و نیز سری داده‌های مستقل شعبانی (۲) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج خروجی مدل در مورد داده‌های سال زراعی ۸۷-۸۶ در تخمین وزن ماده خشک در مقایسه با وزن ماده خشک در طول فصل کشت همراه با نتایج بسیار مطلوبی بود. به نحوی که ضریب همبستگی ماده خشک پیش بینی شده توسط مدل با ماده خشک اندازه گیری شده برای تیمارهای مختلف بیش از ۰/۹۹ محاسبه گردید. نتایج خروجی مدل در مورد داده‌های سال زراعی ۸۷-۸۶ در تخمین شاخص سطح برگ در مقایسه با شاخص سطح برگ در طول فصل کشت نتایج بسیار مطلوب بود. به طوری که ضریب همبستگی شاخص سطح برگ اندازه گیری شده و شبیه سازی شده برای تیمارهای مختلف در سال زراعی ۸۷-۸۶ بالاتر از ۰/۹۵ محاسبه گردید. همچنین در مورد همه تیمارها به غیر از تیمار تنش در مرحله گلدهی مدل به خوبی اثر تنش در مرحله رشد رویشی مجدد (حد فاصل ۱۶۰ تا ۲۰۴ روز پس از کشت) پیش بینی نمود و در این بازه زمانی مقدار شاخص سطح برگ اندازه گیری شده در حد معنی‌داری از مقدار شاخص سطح برگ پیش بینی شده کوچکتر گردید. مقایسه مقادیر محصول اندازه گیری شده به مقادیر پیش بینی شده توسط مدل CropSyst برای تیمارهای مختلف نشان داد که ضریب همبستگی محصول اندازه‌گیری و شبیه سازی شده برای تیمارهای مختلف مناسب و برابر ۰/۹۶ می‌باشد. در نهایت نتایج خروجی مدل در مورد سری داده‌های مستقل سال زراعی ۸۵-۸۴، (۲) در تخمین وزن ماده خشک در مقایسه با وزن ماده خشک در طول فصل کشت مقایسه گردید. نتایج نشان داد به غیر از مقادیر روزهای پایانی برای تیمارهای (I_1)، (I_3)، (I_4) و (I_5) اطلاعات رضایت بخش می‌باشد. به نحوی که ضریب همبستگی ماده خشک پیش بینی شده توسط مدل با ماده خشک اندازه گیری شده برای تیمارهای برای تیمار های (I_1)، (I_3)، (I_4) و (I_5) در سال زراعی ۸۷-۸۶ به ترتیب برابر ۰/۹۶، ۰/۹۸، ۰/۹۴و ۰/۹۹ محاسبه شد.

نتایج خروجی مدل در مورد سری داده‌های مستقل سال زراعی ۸۵-۸۴، (۲) در تخمین شاخص سطح برگ در مقایسه با شاخص سطح برگ در طول فصل کشت بهترین نتایج را در مورد تیمارهای شاهد و تیمار تنش در مرحله گلدهی به همراه داشت. بنحوی که مقدار ضریب همبستگی شاخص سطح برگ اندازه گیری و شبیه سازی شده برای این تیمارها در سال زراعی ۸۵-۸۴، (۲) به ترتیب برابر ۰/۹۸ و ۰/۹۷ محاسبه گردید. در نهایت نتایج نشان داد که مقادیر محصول اندازه گیری شده و مقادیر پیش بینی شده توسط مدل CropSyst برای سایر تیمار از نظر دقت و نزدیکی نسبتاً مناسب می‌باشد به نحوی که ضریب همبستگی محصول اندازه گیری شده و شبیه سازی شده برای تیمارهای مختلف ۰/۹۴ محاسبه شد.

لذا می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد مدل Cropsyst در انجام تحقیقات زراعی گیاه کلزا قابل اعتماد می‌باشد.

منابع

۱- زواره م. و امام ی. ۱۳۷۹. راهنمای شناسایی مراحل زندگی در کلزا. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۲، شماره ۱، صص. ۱۴-۱.

۲- شعبانی ع.، کامگارحقیقی ع.ا.، سپاسخواه ع.ر.، امام ی. و هنر ت. ۱۳۸۸. اثر تنش آبی بر ویژگی¬های فنولوژیک بر گیاه کلزا (*Brassica napus*). مجله علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). شماره ۴۱، صص ۴۲-۳۱.

3- Bellocchi G., Silvestri N., Mazzoncini M., and Menini S. 2002. Using the CropSyst Model in Continuous Rainfed maize (*Zea mais* L) under Alternative Manangment Option. Ital.J.Agrron. 6:43-56.

4- Confalonieri R., Acutis M., Bellocchi G. Tarantola I., Donatelli S., and Genovese G. 2006. Exploratory sensivity analysis of CropSyst WARM and WOFOST: a case-study with rice biomass simulations. Ital. J. Agrometeorol. 11:17-25.

5- Confalonieri R., Acutis M., Bellocchi G., and Donatelli M. 2009. Multi-metric evaluation of models WARM, CropSyst, and WOFOST for rice. Ecological Modeling. 220:1395-1410.

6- Confalonieri R., and Bechini L. 2004.A Preliminary Evaluation of the Simulation Model CropSyst for Alfalfa. European.J.Agronomy. 18:223-237.

7- Confalonieri R., and Bocchi S. 2005. Evaluation of CropSyst for Simulation the Yield of Flooded Rice in Northern Italy. Europ.J. Agronomy. 23:315-326.

8- Cordery I., Graham A.C. 1989. Forecasting wheat yield using a water budgeting model. Aust. J. Agric. Res. 40:715-728.

9- Fao <http:,,faostat.fao.org,site,336,default.aspx.>(10 Septamber 2006)

10- Hanks R.J. 1974. Model for predicting plant growth as influenced by evapotranspiration and soil water. Agron. J. 66: 600-665.

11- Hill R.W., Rayan K.H., Butrats R.L., Keller A.A., Mulkay L.M., Stewart F.R., and Bomen B.J. 1984. (CRPSM) yield simulation model. Utah State University, Logan Utah.

12- Moriondo M., Maselli F..,and Bindi M. 2007.A Simple Model of Regional Wheat Yield Based on NDVI data. Europ.J. Agronomy. 26:266-274.

13- Pirmoradian N., and Sepaskhah A.R. 2004. Interaction effects of deficit irrigation and nitrogen use on rice yield in Kooshkak region, Fars Province. Ph. D. Thesis. Irrigation department Shiraz University.

14- Rasmussen V.P., and Hanks R.J. 1978. Spring Wheat yield model for limited moisture conditions. Agron. 70:940-944.

15- Razzaghi F., Sepaskhah A.R. 2010 .Assessment of nine different equations for ETo estimation using lysimeter data in a semi-arid environment. Arch. Agron. Soil Scie., 56:1-12.

16- Singh A.K., Tripathy R., and Chopra U.K. 2008. Evaluation of CERES-Wheat and CropSyst models for water–nitrogen interactions in wheat crop. Agric. Water Manag. 95: 776-786.

17- Stockle C., Martin S.A., and Campbel G.S. 1994. CropSyst a Cropping Simulation Model Water , Nitrogen Budgets and Crop yield.a\agricultural Systems. 46:335-359.

18- Wang Z.M., Zhang B., Li X.Y., Song K.Sh., and Liu D.W. 2006. Using CropSyst to simulate spring wheat growth in black soil zone of northeast China. Soil Scie. China. 16(3):354-361.

19- Zand-Parsa Sh., and Sepaskhah A.R. 2001. Optimal applied water and nitrogen for corn. Agric. Water Manage. 52:73-85.

20- Zand-Parsa Sh., Sepaskhah A.R., and Ronaghi A. 2006. Development and evaluation of integrated water and nitrogen model for maize. Agric. Water Manage. 81:227-256.

21- Ziaei A.N., and Sepaskhah A.R. 2003. Model for simulation of winter wheat yield under dryland and irrigated condition. Agric.Water Manage. 58:1-17.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.3, Jul-Aug 2011, p. 593-605

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۰، ص. ۶۰۵-۵۹۳

Calibration of Crop System Model for Growth Simulation and Yield Estimation of Canola

T. Honar[1]*- A. Sabet Sarvestani[2]- A.A. Kamgar Haghighi[3]- Sh. Shams[4]

Received:29-9-2010
Accepted:6-3-2011

Abstract

The propose of this study was evaluation of CropSyst Model on growth simulation and yield stimation of canola under different irrigation treatments. Canola (Talaye) was sown under 5 treatment and 4 replicants in completed randomized block designs at the college of Agriculture, Shiraz Universityduring 2007-2008. During the growth season dry mass and LAI was meseaured frequently, then model was calibrated by the resukts. Obtained results showed very good esyimation by the simulation model, as the correlation coefficient square between dry mass and LAI in defferent treatments were more than 0.99 and 0.95, respectively. Also correlation coeficient between meseaured and simulated crop yeild was 0.96, that shows the accuracy of model in simulation on crop parameter. Also the model was valuated by independent data. Obtained results showed the accuracy of model simulation in dry matter as the correlation cofficient was achieved 0.9. Also LAI simulation in all treatments had good reults, as generaly is reliable in canola investigations.

Keywords: Simiulatinng models, Alfalfa, Leaf area index

1,2,3,4- Associate Professor, Farmer MSc Student, Professor and Former MSc Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Respectively
(*-Corresponding Author Email: toorajhonar@yahoo.com)