مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد چهارم، شماره دوم، تابستان ۹۰
۶۳-۸۰
ejcp.gau@gmail.com

برآورد پارامترها و ارزیابی مدل CropSyst-Wheat برای ارقام استان گلستان

*علی دستمالچی[۱]، افشین سلطانی[۲]، ناصر لطیفی[۲] و ابراهیم زینلی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم‌کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی به‌طور گسترده در کشاورزی استفاده می‌شود. این مدل‌ها باعث صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌شوند. هدف این مطالعه ارزیابی مدل شبیه‌سازی CropSyst-Wheat برای پیش‌بینی نمو، رشد و عملکرد گندم بود. برای این منظور از داده‌های آزمایش‌های مزرعه‌ای مختلف برای چهار رقم گندم کوهدشت، شیرودی، تجن و زاگرس که از ارقام مورد استفاده در استان گلستان هستند، استفاده گردید. توانایی مدل در شبیه‌سازی مراحل فنولوژیک روز تا گرده‌افشانی، روز تا رسیدگی، تولید ماده خشک در گرده‌افشانی و رسیدگی، شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی، تجمع نیتروژن در گرده‌افشانی و رسیدگی و عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفت. جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برای روز تا گرده‌افشانی و روز تا رسیدگی ۵/۲ و ۹/۵ روز بود که به ترتیب ٤/٦ و ٦/٤ درصد میانگین می‌باشد. مقدار RMSE برای شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی ۱/۲ مترمربع بر مترمربع بدست آمد که ۲۰/۹ درصد میانگین است. برای عملکرد دانه RMSE برابر ٥٥٦ کیلوگرم در هکتار بود که ۱۳/۳ درصد میانگین عملکرد است. برای سایر ویژگی‌های نمو و رشد نیز پیش‌بینی‌های مدل مناسب بودند. بنابراین، می‌توان از این مدل برای شبیه‌سازی این ارقام استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: گندم، مدل CropSyst، رشد و نمو، ارزیابی

* مسئول مکاتبه: alidastmalchi2007@yahoo.com

www.SID.ir
Archive of SID

مقدمه

مدل‌سازی گیاهان زراعی یکی از شاخه‌های زراعت و فیزیولوژی گیاهان زراعی است که از حدود ٤٠ سال قبل به وجود آمده و توسعه رایانه‌های پر قدرت و کارآمد در پیشرفت این رشته سهم عمده‌ای داشته است (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۰c). استفاده کارآمد از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی یک مکمل موثر برای تحقیقات آزمایشی است (سلطانی و هوگنبوم، ۲۰۰۷). از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی برای انجام مطالعات مختلف از جمله انتخاب گیاه و رقم مناسب برای کاشت، تعیین بهترین مدیریت زراعی، برآورد ظرفیت تولید منطقه‌ای، تعیین خطمشی برای به‌نژادی، تعیین اولویت‌های تحقیقاتی، انتقال تکنولوژی، طبقه‌بندی آگرواکولوژیک و پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم استفاده شده‌است (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۰b).

مدل CropSyst[1] برخلاف برخی دیگر مدل‌ها مثل مدل DSSAT[2] از یک روش واحد و یکسان برای شبیه‌سازی رشد و نمو تمام گیاهان علفی استفاده می‌کند. برای نیل به این هدف، ساده‌سازی در تعریف بعضی از پارامترهای مدل مانند شاخص سطح برگ ویژه (SLA)، کانوپی‌های تک لایه‌ای و غیره صورت گرفته است که باعث شده مدل CropSyst برای توصیف فیزیولوژی گیاه زراعی به پارامترهای گیاهی بسیار کمتری نیاز داشته باشد. توانایی مدل CropSyst برای شبیه‌سازی سناریوهای مختلف تناوب زراعی، این مدل را به ابزار مفیدی برای شبیه‌سازی در مقیاس‌هایی بزرگ تبدیل کرده است (کانفالونیری و بچینی، ۲۰۰٤).

مدل CropSyst در آزمایشات و تحقیقات زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌است. استوکل و همکاران (۱۹۹٤) مدل CropSyst را برای گندم بهاره و زمستانه در واکنش به تیمارهای مختلف آب و کود نیتروژن کالیبره نمودند. سپس مدل مذکور برای بیوماس، عملکرد دانه، نیترات خاک، کلراید خاک در این آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج رضایت‌بخشی از آن حاصل شد (استوکل و همکاران، ۱۹۹٤). در آزمایش دیگری با رژیم‌های مختلف کود نیتروژن و آبیاری مدل CropSyst برای گندم مورد استفاده قرار گرفت. کالیبراسیون مدل مذکور با استفاده از بالاترین سطوح تیمارها انجام گرفت. سپس مدل مذکور برای بقیه ترکیبات تیماری از نظر عملکرد، بیوماس، فنولوژی و سطح برگ مورد ارزیابی قرار گرفت (ساین و همکاران، ۲۰۰۸).

1- Cropping Systems Simulation Model
2- Decision Support System for Agrotechnology Transfer

www.SID.ir

این تحقیق هم در نظر دارد تا مدل CropSyst-Wheat را مورد ارزیابی قرار دهد. هدف این مقاله برآورد پارامترهای گیاهی مدل و سپس ارزیابی آن جهت پیش‌بینی نمو، رشد و عملکرد ارقام گندم مورد استفاده در استان گلستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

توضیح مدل مورد استفاده و ساختار آن: CropSyst برای شبیه‌سازی به ورودی‌هایی نیاز دارد. ورودی‌های این مدل شامل اطلاعات هواشناسی به‌صورت داده‌های روزانه و همچنین فایل‌های اطلاعات خاک، مدیریت زراعی، تناوب زراعی، گیاه زراعی و فرمت خروجی‌های مدل می‌باشد (استوکل و نلسون، ۲۰۰۰). برای درک بهتر از مدل و نحوه شبیه‌سازی‌های آن، نحوه تخمین برخی از خروجی‌های مدل توضیح داده می شود.

نحوه تخمین سطح برگ در مدل مورد استفاده: در CropSyst افزایش سطح برگ در خلال دوره رشد رویشی به‌صورت متر مربع سطح برگ به ازای هر متر مربع از خاک تعریف می‌شود و به صورت تابعی از بیوماس تجمعی محاسبه می‌گردد (استوکل و همکاران، ۲۰۰۳):

$$GLA_{today} = (LAERB_{today} \times SLA) / (LeafStemPart \times LAERB_{cum} + ۱)^{۲} \qquad (۱)$$

که در آن GLA_{today} شاخص سطح برگ سبز تولید شده در هر روز بر حسب مترمربع بر مترمربع، $LAERB_{today}$ بیوماس مربوط به گسترش سطح برگ روزانه بر حسب کیلوگرم بر مترمربع، $LAERB_{cum}$ بیوماس تجمع یافته در همان روز بر حسب کیلوگرم بر مترمربع، SLA سطح ویژه برگ بر حسب مترمربع بر کیلوگرم و LeafStemPart ضریب تخصیص برگ به ساقه بر حسب مترمربع بر کیلوگرم می‌باشد.

نحوه تخمین تجمع بیوماس در مدل مورد استفاده: در CropSyst پتانسیل تولید بیوماس روزانه به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد (استوکل و همکاران، ۲۰۰۳):

$$B_{pt} = (K_{bt} \times T_p) / VPD \qquad (۲)$$

که در آن B_{pt} پتانسیل تولید بیوماس گیاه است که به تعرق وابسته است. T_P تعرق پتانسیل گیاه زراعی است، VPD میانگین کمبود فشار بخار آب اتمسفری در طول روز و K_{bt} ضریب تبدیل تعرق

www.SID.ir

به بیوماس می‌باشد. این طور تخمین زده می‌شود که VPDهای نزدیک به صفر عامل رشد نامحدود خواهند بود. برای غلبه بر این مشکل، تخمین دیگری از تولید بیوماس در شرایط بدون تنش با روش مانتیث محاسبه می‌گردد (استوکل و همکاران، ۲۰۰۳):

$$B_{IPAR} = e\,(IPAR) \qquad (۳)$$

که در آن B_{IPAR}، بیوماس تولیدی به ازای PAR[1] (تشعشع فعال فتوسنتزی) دریافت شده می‌باشد. eکارایی استفاده از تشعشع و IPAR مقدار روزانه PAR دریافت شده توسط گیاه زراعی است.

نحوه تخمین عملکرد دانه در مدل مورد استفاده: در CropSyst شبیه‌سازی عملکرد بستگی به بیوماس تجمعی کل در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و شاخص برداشت دارد (استوکل و همکاران، ۲۰۰۳):

$$Y = B_{pm} \times HI \qquad (٤)$$

که در آن Y عملکرد بر حسب کیلوگرم در متر مربع، B_{pm} بیوماس در رسیدگی فیزیولوژیک بر حسب کیلوگرم در متر مربع و HI شاخص برداشت می‌باشند.

داده‌های مورد استفاده

به منظور شبیه‌سازی رشد، نمو و عملکرد گندم با استفاده از مدل CropSyst در شرایط اقلیمی استان گلستان، از داده‌های آزمایش‌های مزرعه‌ای مستخرج از پایان‌نامه‌های اجرا شده در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و آزمایش‌های مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی گلستان برای چهار رقم گندم کوهدشت، شیرودی، تجن و زاگرس که از ارقام مورد استفاده در استان گلستان هستند در طی سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸٤، ۸٦-۱۳۸۵ و ۸۷-۱۳۸٦ استفاده شد (جدول ۱). از داده‌های این آزمایش‌ها برای برآورد پارامترهای گیاهی و ارزیابی مدل CropSyst استفاده گردید.

1- Photosynthesis Activity Radiation

www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات آزمایشات مورد استفاده برای برآورد پارامترها و ارزیابی مدل CropSyst-Wheat.

مکان و سال آزمایش	تیمارها	منبع
آزمایش‌های مورد استفاده برای برآورد پارامترها		
گرگان، ۸۵-۱۳۸٤	ارقام گندم، تاریخ کاشت	عرب عامری، ۲۰۰۸
گرگان، ۸۵-۱۳۸٤	ارقام گندم، تاریخ کاشت	احمدی، ۲۰۰۸
گرگان، ۸۵-۱۳۸٤	ارقام گندم، تیمار بهاره‌سازی	میرداوردوست، ۲۰۰۸
آزمایش‌های مورد استفاده برای ارزیابی		
کلاله، ۸۵-۱۳۸٤	ارقام گندم	مرکزتحقیقات کشاورزی گلستان
دوزین مینودشت، ۸۵-۱۳۸٤	ارقام گندم	مرکزتحقیقات کشاورزی گلستان
گرگان، ۸۵-۱۳۸٤	ارقام گندم	مداح، ۲۰۰۷
گرگان، ۸٦-۱۳۸۵	ارقام گندم، تراکم	جعفری، ۲۰۰۸
گرگان، ۸٦-۱۳۸۵	ارقام گندم	زینلی، ۲۰۰۹
گرگان، ۸۷-۱۳۸٦	ارقام گندم، کود نیتروژن	ماهرو کاشانی، ۲۰۱۰
گرگان، ۸۷-۱۳۸٦	ارقام گندم، تراکم	ماهرو کاشانی، ۲۰۱۰
گرگان، ۸۷-۱۳۸٦	ارقام گندم، تاریخ کاشت	دستمالچی، ۲۰۱۰

برآورد پارامترها: پارامترهای گیاهی مدل شامل پارامترهای فنولوژی، فتوپریود، بهاره‌سازی، برگ، رشد و تعرق می‌باشد. این پارامترها با استفاده از داده‌های آزمایش‌های عرب عامری (۲۰۰۸)، احمدی (۲۰۰۸) و میرداوردوست (۲۰۰۸) برآورد شدند.

برآورد پارامترهای فتوپریود: مقادیر پارامترهای فتوپریود برای ٤ رقم گندم (کوهدشت، شیرودی، تجن و زاگرس) برآورد گردید. برآورد این پارامترها با درک مفهوم آنها و با استفاده از نتایج مستخرج از پایان نامه احمدی (۲۰۰۸) انجام شد (جدول ۲).

برآورد پارامترهای بهاره‌سازی: میرداوردوست (۲۰۰۸) نشان داد که ارقام مورد مطالعه در این تحقیق همه از ارقامی هستند که واکنش آنها به بهاره‌سازی از نوع کمی است. بنابراین، در این تحقیق برای شبیه‌سازی ٤ رقم مذکور، بهاره‌سازی غیرفعال گردید. خاطر نشان می‌سازد، برآورد پارامترهای بهاره‌سازی گزارش شده توسط میرداوردوست (۲۰۰۸) نیز از عدم حساسیت به بهاره‌سازی در این ارقام حمایت می‌کند.

www.SID.ir

برآورد سایر پارامترها: برآورد سایر پارامترهای مدل با استفاده از داده‌های آزمایش عرب عامری (۲۰۰۸) و نرم‌افزار Crop Parameter Calibrator که در مدل CropSyst تعبیه شده است، انجام شد (جدول ۲).

جدول ۲- برآورد پارامترهای گیاهی مدل CropSyst برای ٤ رقم گندم استان گلستان.

پارامتر / رقم	کوهدشت	شیرودی	تجن	زاگرس
ضریب تخصیص ساقه به برگ	۲/۵	۳	۳	۲/۵
طول روز بحرانی	۱۳/۹	۱۳/۷	۱٤/۰	۱٤/۱
طول روز سقف	۳/۹	۷/۵	۸/۱	٤/۹
ضریب تعرق(کیلوپاسکال در کیلوگرم بر مترمربع)	۵	۵	۵	۵
دوام برگ (درجه روز رشد)	۸۷۸	۷۸۰	۷۷۰	۸۷۷
کارایی استفاده از تشعشع (گرم بر مگاژول)	۳	۳	۲/۸	۳
شاخص برداشت	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۳۷
ضریب خاموشی	۰/٦۵	۰/٦۵	۰/٦۵	۰/٦۵
سطح ویژه برگ (متر مربع بر کیلوگرم)	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸
درجه روز تا سبز شدن	۱۲۵	۱۳۰	۱۳۵	۱۳۰
درجه روز تا حداکثر شاخص سطح برگ	۹۱۰	۹۲۰	۹۲۰	۹۰۰
درجه روز تا گلدهی	۹۱۰	۹۲۰	۹۲۰	۹۰۰
درجه روز تا شروع پر شدن دانه	۹۸۰	۱۰۰۰	۱۰۱۵	۱۰۰۰
درجه روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۱۷۰۰	۱۷۹۰	۱۸۱۷	۱۸۰۰

ارزیابی مدل: برای ارزیابی مدل، روز تا گرده‌افشانی و رسیدگی، سطح برگ در گرده‌افشانی، بیوماس در گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، تجمع نیتروژن تاج گیاه در گرده‌افشانی و رسیدگی و عملکرد مشاهده شده با مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل مقایسه شدند. به این منظور از مجموعه‌ای از داده‌های آزمایشی که از قبل کنار گذاشته شده بودند و در برآورد پارامترهای مدل به کار نرفته بودند، استفاده گردید (جدول ۱).

www.SID.ir

برای آزمون نتایج مدل نیز از شاخص‌های ارزیابی، ضریب همبستگی (r[1])، ضریب تغییرات (CV[2])، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE[3]) و میزان انحراف نتایج پیش‌بینی از خط ۱:۱ و خطوط ۲۰± درصد استفاده شد (سلطانی، ۲۰۰۷).

نتایج و بحث

ارزیابی مستقل مدل

فنولوژی: نتایج حاصل از شبیه‌سازی فنولوژی در این آزمایش نشان داد که مدل CropSyst می‌تواند مراحل مختلف فنولوژیکی گندم را به خوبی پیش‌بینی نماید (شکل۱ الف و ب). ضریب همبستگی بین مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده روز تا گرده‌افشانی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک به‌ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۹۵ و مقدار RMSE برای روز تا گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک شبیه‌سازی‌شده در مقابل مقادیر مشاهده شده این متغیرها به‌ترتیب ۵/۲ و ۹/۵ روز بود. همچنین ضریب تغییرات (CV) بین روز تا گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک شبیه‌سازی شده و مشاهده شده به‌ترتیب برابر با ٤/٦ و ٦/٤ درصد بود که نشان‌دهنده دقت بالای مدل در پیش‌بینی مراحل فنولوژیکی است.

یکی از دلایل بدست آمدن چنین نتایج دقیقی را می‌تواند به ساختار مناسب مدل در قسمت فنولوژی نسبت داد. همچنین می‌توان به برآورد دقیق و صحیح پارامترهای گیاهی مربوط به فنولوژی اشاره نمود. دلیل دیگر می‌تواند دقت در ثبت مراحل مختلف فنولوژیکی در مزرعه، چه در آزمایشاتی که برای برآورد پارامترهای مدل و چه در آزمایشاتی که برای ارزیابی مدل استفاده شده است، باشد.

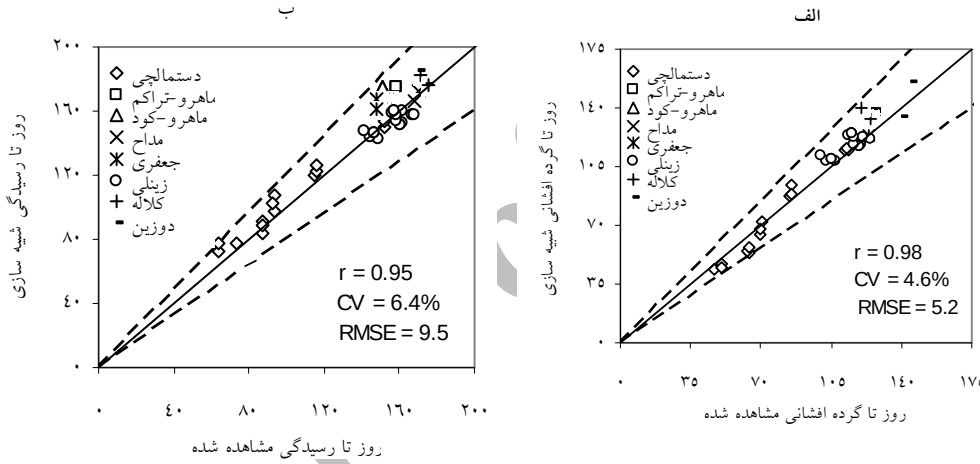
آزمایشات مشابه دیگری هم که مدل مورد استفاده در این تحقیق را از جنبه فنولوژی مورد ارزیابی قرار داده‌اند، از موفقیت این مدل در پیش‌بینی مراحل فنولوژیکی خبر می‌دهند. ساین و همکاران (۲۰۰۸) از مدل CropSyst و CERES برای شبیه‌سازی رشد و نمو و عملکرد گندم در تیمارهای مختلف کود نیتروژن و آبیاری استفاده کردند. آن‌ها برای ارزیابی نتایج مدل‌ها از RMSE و CV استفاده نمودند. ارزیابی هر ۲ مدل برای تاریخ‌های سبز شدن، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک

1- Correlation coefficient
2- Coefficient of Variation
3- Root mean square error

www.SID.ir

رضایت‌بخش بود. اما نتایج حاصل از مدل CropSyst بهتر بود. همچنین در جنوب‌شرقی استرالیا مدل CropSyst پیش‌بینی قابل قبولی برای فنولوژی گندم ارائه نمود (دیاز- آمبرونا و همکاران، ۲۰۰۱).

پیش‌بینی نمو فنولوژیک یا مراحل نموی گیاه اهمیت زیادی دارد چون تولید و توزیع ماده خشک در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی تا حدود زیادی تحت تاثیر زمان وقوع مراحل فنولوژیکی می‌باشد. بنابراین، پیش‌بینی تغییرات سطح برگ و سایر فرآیندها به پیش‌بینی نمو فنولوژیک وابسته است (سلطانی و همکاران، ۲۰۰٦a).



شکل ۱- مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده روز تا گرده‌افشانی و رسیدگی(خط ۱:۱ و خطوط ۲۰± درصد نیز در شکل آورده شده‌اند)

شاخص سطح برگ: نتایج حاصل از ارزیابی شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی با استفاده از مدل CropSyst قابل قبول بود (شکل ۲)، به‌طوری‌که RMSE بین مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی ۱/۲ متر مربع بر مترمربع بود که ۲۰/۹ درصد میانگین سطح برگ مشاهده شده است.

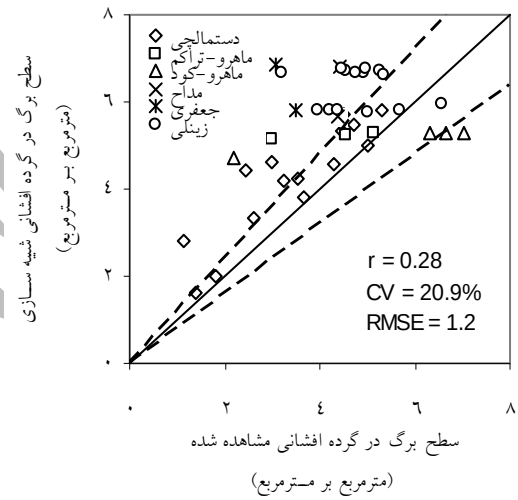
همان‌طور که از اعداد و ارقام مشخص می‌شود، موفقیت و دقت مدل در تخمین سطح برگ در گرده‌افشانی در حد عالی نیست. یک دلیل آن می‌تواند این باشد که مدل دقیقا مقدار شاخص سطح برگ را در تاریخ گرده‌افشانی محاسبه می‌کند، حال آنکه ممکن است در مزرعه سطح برگ دقیقا در

www.SID.ir

گرده‌افشانی اندازه‌گیری نشده باشد. یک دلیل دیگر آن شاید عدم دقت در اندازه‌گیری سطح برگ در آزمایشگاه باشد. زیرا برگ ها ممکن است، تاخورده باشند و یا نور از حاشیه برگ‌ها عبور کند.

نتایج حاصل از این آزمایش برای شبیه‌سازی سطح برگ در مقایسه با دیگر تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته‌است، قابل قبول است. در تحقیقی، از مدل CropSyst برای پیش‌بینی تغییرات شاخص سطح برگ گندم طی سال زراعی ۹۱-۱۹۹۰ در ایستگاه تحقیقاتی ایکاردا واقع در تل‌هادیا[1] استفاده شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی تغییرات سطح برگ توسط مدل قابل قبول بود، به‌طوری‌که RMSE بین سطح برگ شبیه‌سازی شده و مقادیر مشاهده شده در زمان‌های مختلفی از طول دوره رشد، برابر با ۰/۷۹ مترمربع بر مترمربع بود. مقدار CV بین این متغیرها ۱۵ درصد بود. همچنین، مقدار R^2 بین این مقادیر ۰/۸۲ گزارش شد (پالا و همکاران، ۱۹۹۶).

قابلیت پیش‌بینی تغییرات سطح برگ نیز در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی دارای اهمیت است. پیش‌بینی شاخص سطح برگ برای تخمین میزان تشعشع دریافت شده و تولید ماده خشک مورد نیاز است. همچنین پیش‌بینی آن در تعیین توزیع تبخیرتعرق به تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه دارای اهمیت است (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶c).



شکل ۲- مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده سطح برگ در گرده‌افشانی(خط ۱:۱ و خطوط ۲۰± درصد نیز در شکل آورده شده‌اند)

1- Tel Hadya

www.SID.ir

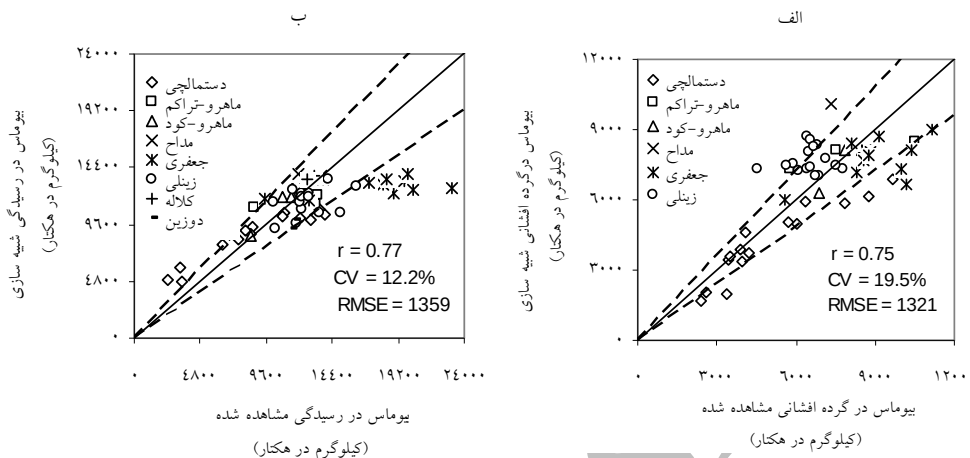
بیوماس: همان‌طور که نتایج بدست آمده از ارزیابی مدل برای بیوماس نشان می‌دهند (شکل ۳) ضریب همبستگی بین بیوماس در گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک شبیه‌سازی شده و مقادیر مشاهده شده این متغیرها به‌ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۷۷ بود. همچنین RMSE به‌ترتیب ۱۳۲۱ و ۱۳۵۹ کیلوگرم در هکتار بود که به‌ترتیب ۱۹/۵ و ۱۲/۲ درصد میانگین بیوماس در گرده‌افشانی و رسیدگی مشاهده شده می‌باشد. همان‌طورکه مشخص است مدل در شبیه‌سازی بیوماس در گرده‌افشانی و رسیدگی نیز موفق عمل نموده است، که دلایل آن می‌توانند: ساختار مناسب مدل، برآورد صحیح و دقیق پارامترهای گیاهی مربوط به رشد و بیوماس و دقت در اندازه‌گیری داده‌های مزرعه‌ای باشد.

تحقیقات مشابه دیگری نیز که در این مورد انجام شده‌اند، به موفقیت مدل CropSyst در شبیه‌سازی بیوماس اشاره دارند. آزمایشی با هدف ارزیابی توانایی و دقت مدل CropSyst در پیش‌بینی تجمع ماده خشک در رسیدگی و عملکرد گندم در واکنش به مدیریت مختلف آب و کود نیتروزن انجام گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی مدل بدین صورت بود که RMSE بین مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده ماده خشک در رسیدگی در تمام تیمارهای مختلف آب و کود نیتروژن ۷۸٦ کیلوگرم در هکتار بود که ۸ درصد میانگین بیوماس مشاهده شده می‌باشد (استوکل و همکاران، ۱۹۹٤). در تحقیق دیگری، از مدل CropSyst برای پیش‌بینی بیوماس در رسیدگی فیزیولوژیک دو رقم گندم چم[1] و هورانی[2] در ۳ فصل زراعی و در رژیم‌های مختلف کود نیتروژن و آبیاری استفاده شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی بیوماس در رسیدگی با استفاده از مدل مذکور قابل قبول بود، به‌طوری‌که RMSE بین بیوماس در رسیدگی شبیه‌سازی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده برای ارقام چم و هورانی به‌ترتیب ۸۷۰ و ۱۰۳۰ کیلوگرم در هکتار بود که به ترتیب ۱۲ و ۱٤ درصد میانگین بیوماس مشاهده شده می‌باشد. مقدار R^2 نیز برای این ارقام به ترتیب ۰/۸٤ و ۰/۷۱ بدست آمد (پالا و همکاران، ۱۹۹٦).

شبیه‌سازی تولید ماده خشک احتمالا بخش مرکزی هر مدل شبیه‌سازی گیاه زراعی است که خود تحت تاثیر مدل‌سازی نمو فنولوژیک و تغییرات سطح برگ نیز قرار می‌گیرد. شبیه‌سازی توزیع ماده خشک نیز اهمیت دارد چون نتیجه توزیع ماده خشک، عملکرد دانه را مشخص می‌سازد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۵b).

1- Cham
2- Hourani

www.SID.ir



شکل ۳- مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده بیوماس در گرده‌افشانی و رسیدگی(خط ۱:۱ و خطوط ۲۰± درصد نیز در شکل آورده شده‌اند)

تجمع نیتروژن: بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی مدل CropSyst، RMSE برای مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده تجمع نیتروژن تاج در گرده‌افشانی و رسیدگی به‌ترتیب ۷/۹ و ۱۲/۷ کیلوگرم در هکتار بود، که به‌ترتیب ٦/۲ و ۸/۸ درصد میانگین مشاهده شده آن‌ها است. همچنین مقدار ضریب همبستگی بین تجمع نیتروژن شبیه‌سازی شده در تاج در مراحل گرده‌افشانی و رسیدگی با مقادیر اندازه‌گیری شده آن‌ها به‌ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۷۵ بود (شکل ٤).

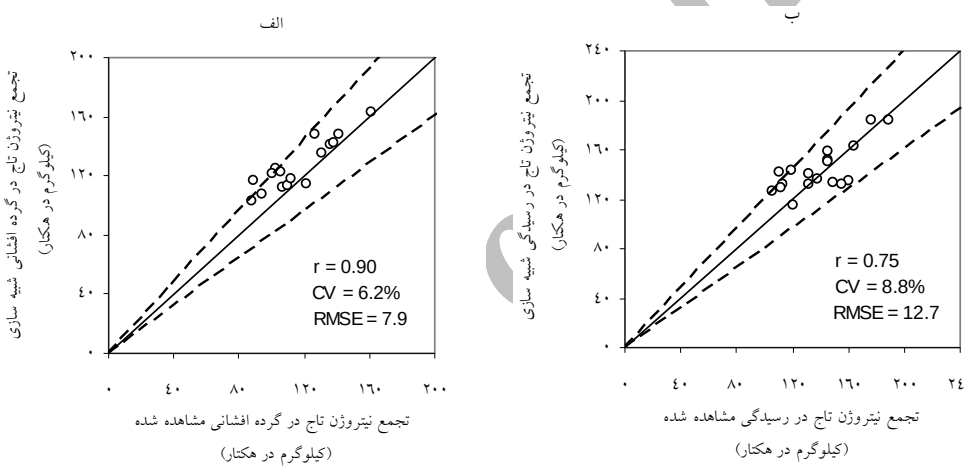
اما همان‌طور که در شکل (٤) دیده می‌شود در اکثر نقاط، مقدار شبیه‌سازی شده نیتروژن موجود در گیاه، بیشتر از نیتروژن اندازه‌گیری شده است. زیرا مدل در بخش پارامترهای گیاهی مربوط به نیتروژن به غلظت نیتروژن بقایای موجود در خاک نیاز دارد، که اگر مقدار درستی در اختیار مدل قرار نگیرد باعث بروز اختلاف بین مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده می‌شود. به نظر می‌رسد مدل-سازی و پیش‌بینی محتوای نیتروژن موجود در گیاه نیاز به بررسی‌های بیشتر در آینده دارد.

از مدل CropSyst برای پیش‌بینی محتوای نیتروژن گیاه استفاده شد که نتایج حاصل از آن قابل قبول بود، به‌طوری‌که RMSE و R^2 بین مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده نیتروژن گیاه برای رقم چم به‌ترتیب ۸ کیلوگرم در هکتار و ۰/۹٦ و برای رقم هورانی به‌ترتیب ۸ کیلوگرم در هکتار و ۰/۹۳

www.SID.ir

بود. مقدار CV بین مقادیر مشاهده‌شده و شبیه‌سازی‌شده نیتروژن برای هر دو رقم برابر ۱۱ درصد بود (پالا و همکاران، ۱۹۹٦).

از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی به طور گسترده جهت درک محدودیت نیتروژن روی تولید و عملکرد، ارزیابی تیمارهای نیتروژن جهت بهبود عملکرد و استفاده بهینه از نیتروژن در سیستم‌های زراعی استفاده می‌شود. بنابراین وجود پیش‌بینی قابل قبول از تغییرات و تجمع نیتروژن ضروری به نظر می‌رسد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰٦b).



شکل ٤- مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده تجمع نیتروژن تاج در گرده‌افشانی و رسیدگی(خط ۱:۱ و خطوط ۲۰± درصد نیز در شکل آورده شده‌اند)

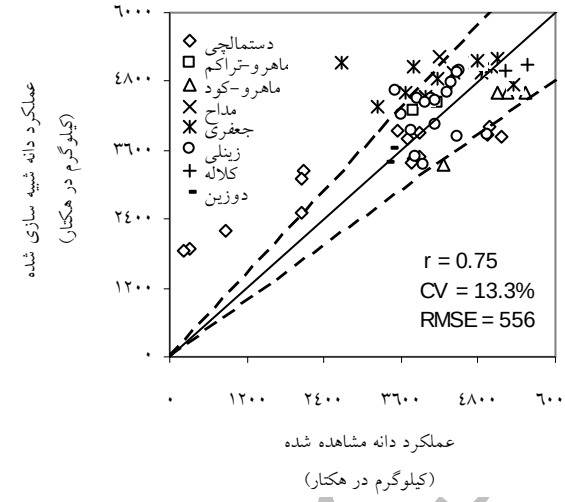
عملکرد: نتایج حاصل از شبیه‌سازی عملکرد با استفاده از مدل CropSyst رضایت‌بخش بود. بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی مدل (شکل ۵)، RMSE برای عملکرد شبیه‌سازی شده و مقدار مشاهده شده آن برابر ٥٥٦ کیلوگرم در هکتار بود که ۱۳/۳ درصد میانگین عملکرد مشاهده شده است. ضریب همبستگی بین عملکرد شبیه‌سازی شده و مقدار واقعی آن ۰/۷۵ بود. با توجه به شکل (۵) در حدود ۸۳ درصد نقاط در محدوده ۲۰± درصد از خط رگرسیونی ۱:۱ قرار دارند که علت آن ساختار مناسب مدل، برآورد دقیق و صحیح پارامترهای گیاهی مربوط به رشد، بیوماس و شاخص برداشت و اندازه‌گیری دقیق داده‌های آزمایشی می‌باشد.

www.SID.ir

همانطور که در شکل (۵) نیز دیده می‌شود، در سطوح پایین‌تر عملکرد نقاطی دیده می‌شوند که خارج از محدوده خط ۱:۱ و خطوط ۲۰± درصد از آن قرار دارند، به‌طوری‌که مقدار شبیه‌سازی شده عملکرد بیشتر از مقدار مشاهده شده آن است. این نقاط مربوط به تاریخ کاشت‌های تاخیری است. این تاریخ‌ها کاملاً خارج از محدوده تاریخ کاشت مطلوب در منطقه بوده و تاریخ کاشت‌های غیرعادی و غیر معمولی هستند. در صورتی‌که بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده شده در سطوح بالای عملکرد که مربوط به تاریخ کاشت‌های مطلوب و معمول منطقه می‌باشند، اختلافات بسیار کمتر است. و این مربوط به شاخص برداشتی می‌شود که در اختیار مدل قرار می‌دهیم. زیرا در برآورد پارامتر شاخص برداشت در این مدل، بیشتر از آزمایشاتی استفاده شده است که در آن‌ها کاشت در تاریخ معمول و مطلوب منطقه صورت گرفته بود. بنابراین، تاثیر تاریخ کاشت‌های نامطلوب و خارج از زمان معمول، کمتر در برآورد این پارامتر دخیل بوده است.

آزمایشی توسط استوکل و همکاران (۱۹۹٤) با هدف ارزیابی توانایی مدل CropSyst برای شبیه‌سازی عملکرد گندم در واکنش به مدیریت مختلف آبیاری انجام گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی مدل بدین صورت بود که RMSE بین مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده عمکرد دانه گندم در واکنش به تیمارهای مختلف آبیاری ٤٤۳ کیلوگرم در هکتار بود (استوکل و همکاران، ۱۹۹٤). از مدل CropSyst برای ارزیابی عملکرد و بیوماس گندم بهاره و زمستانه در شرایط مختلفی از نظر مدیریت بقایا و شخم استفاده شد که نتایج رضایت‌بخشی از آن حاصل گردید. به‌طوری‌که R^2 بین مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده عملکرد برای تمام تیمارهای مدیریتی از ۰/٦۷ تا ۰/۸۲ در نوسان بود. CV بین مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده عملکرد بین ۱۱ تا ۱٤ درصد بود. مقدار RMSE عملکرد در تیمارهای مختلف نیز بین ۳٦۱ و ٤۹۱ کیلوگرم در هکتار در نوسان بود (پانکوک و همکاران، ۱۹۹۸).

www.SID.ir



شکل ٥- مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده عملکرد دانه (خط ١:١ و خطوط ٢٠± درصد نیز در شکل آورده شده‌اند)

نتیجه‌گیری: مدل CropSyst برای پیش‌بینی فنولوژی، شاخص سطح برگ، محتوای نیتروژن گیاه، بیوماس تجمعی بالای سطح خاک و عملکرد دانه ٤ رقم گندم (کوهدشت، شیرودی، تجن و زاگرس) که از ارقام مورد استفاده در استان گلستان هستند، مورد استفاده قرار گرفت و در تمام موارد یاد شده نتایج قابل قبولی حاصل گردید و این موفقیت هنگامی محرز شد که مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل، با داده‌های جمع‌آوری شده از آزمایشات مزرعه‌ای مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مدل CropSyst می‌تواند یک ابزار امیدبخش برای پیش‌بینی عملکرد، سطح برگ، تجمع نیتروژن، فنولوژی و بیوماس ارقام مورد استفاده در استان گلستان باشد. به نظر می‌رسد که این تحقیق برای کشاورزان و سازندگان مدل مفید و مناسب باشد.

تحقیقات آینده باید به کاربرد این روش در مکان‌های مختلف استان متمرکز شود. همچنین تحقیقات آتی بایست بیشتر به ارزیابی کارایی مدل CropSyst در واکنش به دیگر تیمارهای مدیریتی از جمله آبیاری، تناوب زراعی، سیستم‌های مختلف کاشت، وجود بقایا در سطح خاک، کاربرد دزهای مختلف کودهای آلی و غیره در شرایط محیطی استان معطوف شوند. در این تحقیقات می‌توان از دیگر ارقام، بالاخص ارقام جدیدتری که آنها نیز از ارقام مرسوم و پر مصرف استان هستند مانند رقم فلات،

www.SID.ir

N8118، تارو، اترک و غیره استفاده نمود. بدیهی است که کار با ارقام جدید نیازمند صرف وقت و تلاش زیاد جهت برآورد پارامترهای مدل برای ارقام مزبور است. علاوه بر نکات یادشده، جای تحقیق و بررسی بیشتر بر روی سنجش کارایی مدل در شبیه‌سازی دیگر خروجی‌های آن مانند تبخیر و تعرق گیاه، موازنه آب خاک، آبشویی نیترات، مقدار نیتروژن موجود در لایه‌های مختلف خاک، توزیع و تجمع نیتروژن در اندام‌های مختلف گیاه، رواناب، زهکشی آب خاک، تثبیت کودهای معدنی و ... وجود دارد.

منابع

Ahmadi, M. 2008. Predicting phonological development in wheat (*Triticum aestivum* L.). M.Sc Thesis in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 93p. (In Persian).

Arabameri, R. 2008. Predicting kernel number and biomass retranslocation in wheat (*Triticum aestivum* L.). M.Sc Thesis in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 90p. (In Persian)

Confalonieri, R., Bechini, L., 2004. A preliminary evaluation of the simulation model CropSyst for alfalfa. Eur. J. Agron. 18: 223-237.

Dastmalchi, A. 2010. Simulating wheat growth and development using CropSyst model under Gorgan conditions. M.Sc Thesis in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 105p. (In Persian)

Diaz-Ambrona, C.G.H., O'Leary, G.J., O'Connell, M.G., and Connor, D.J. 2001. Application of CropSyst to a new location and crops: advantages and limitations. Proceedings Second Inter. Sym. Model. Crop. Sys., Florence, Italy, 16-18 July, Pp: 127-128.

Jafari, M. 2008. Modeling of density effect on leaf appearance and senescence in wheat. M.Sc Thesis in Agronomy. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 94p. (In Persian)

Maddah-Yazdi, V. 2007. Comparative physiology of growth, development and yield formation in wheat and chickpea. M.Sc Thesis in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 114p. (In Persian)

Mahmood, R. 1998. Air temperature variations and rice productivity in Bangladesh: a comparative study of the performance of the YIELD and the CERES-Rice models. Ecol. Modell. 106: 201-212.

Mahroo Kashani, A.H. 2010. Simulating wheat growth and development using DSSAT model under Gorgan conditions. M.Sc Thesis in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 105p. (In Persian)

Mathews, R.B., Blackmore, B.S., 1997. Using crop simulation models to determine optimum management practices in precision agriculture. In: Stafford, J.V. (Ed.),

www.SID.ir

Precision Agriculture. Proc. Eur. Conf. on Precision Agric., 1st, Warwick Univ. Conf. Cent., Coventry, UK. 7–10 September. BIOS Sci. Publ., Abingdon, UK, Pp. 413-420.

Mirdavardoost, F. 2008. Quantifying of vernalization response in some Iranian wheat. M.Sc Thesis in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 87p. (In Persian)

Pala, M., Stockle, C.O., Harris, H.C., 1996. Simulation of durum wheat (*Triticum durum*) growth under differential water and nitrogen regimes in a Mediterranean type of environment using CropSyst. Agric. Syst. 51: 147-163.

Pannkuk, C.D., Stockle, C.O., Papendick, R.I., 1998. Evaluating CropSyst simulations of wheat management in a wheat-fallow region of the US pacific northwest. Agric. Syst. 57: 121-134.

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

Soler, C.M.T., Sentelhas, P.C., and Hoogenboon, G., 2007. Application of the CSM-CERES-Maize model for planting date evaluation and yield forecasting for maize grown off-season in a subtropical environment. Eur. J. Agron. 27: 165-177.

Soltani, A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis. JDM Press, Mashhad, Iran.182p.

Soltani, A. 2009. Mathematical Modeling in Field Crops. JDM Press, Mashhad, Iran.175p.

Soltani, A., Ghassemi-Golezani, K., Khooie, F.R., and Moghaddam, M. 1999. A simple model for chickpea growth and yield. Field Crops Res. 62: 213-224.

Soltani, A., Latifi, N., and Nasiri, M., 2000a. Evaluation of WGEN for generating long term weather data for crop simulations. Agric. and Forest. Meteorol. 102: 1-12.

Soltani, A., Rahimzadeh-Khoyi, F., Ghassemi-Golezani, K., Moghaddam, M., and Mirnia, M.K. 2000b. CICER: A simulation model for chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth and yield. J. Agric. knowledge. 9:3.89-106. (In Persian).

Soltani, A., Zeinali, E., and Galeshi, S. 2000c. A simulation model for photosynthesis and transpiration of canopy. J. Agric Sci. Natur. Resourc. 7:1.35-44. (In Persian).

Soltani, A., Gholipoor, M., and Haji-Zadeh Azad. 2005a. SBEET: A simple model for simulation sugarbeet yield. J. Agric. Sci. Technol. Mashhad. 19: 11-25. (In Persian).

Soltani, A., Torabi, B., and Zarei, H. 2005b. Modeling crop yield using a modified harvest index-based approach: application in chickpea. Field Crops Res. 91: 273-285.

Soltani, A., Hammer, G.L., Torabi, B., Robertson, M.J., Zeinali, E., 2006a. Modeling chickpea growth and development: phonological development. Field Crops Res. 99:1-13.

www.SID.ir

Soltani, A., Robertson, M.J., and Manschadi, A.M. 2006b. Modeling chickpea growth and development: nitrogen accumulation and use. Field Crops Res. 99: 24-34.

Soltani, A., Robertson, M.J., Mohammad-Nejad, Y., and Rahemi-Karizaki, A. 2006c. Modeling chickpea growth and development: leaf production and senescence. Field Crops Res. 99: 14-23.

Soltani, A., Hoogenboom, G., 2007. Assessing crop management options with crop simulation models based on generated weather data. Field Crops Res. 103: 198-207.

Stockle, C.O., Martin, S., and Campbell, G.S. 1994. CropSyst, a cropping systems model: water/nitrogen budgets and crop yield. Agric. Syst. 46: 335-359.

Stockle, C.O., Cabelguenne, M., and Debaeke, P. 1997. Comparison of CropSyst performance for water management in Southwestern France using submodels of different levels of complexity. Eur. J. Agron. 7: 89-98.

Stockle, C.O., and Debaeke, P. 1997. Modeling crop nitrogen requirements: a critical analysis. Eur. J. Agron. 7: 161-169.

Stockle, C.O., and Campbell, G.S. 1998. Simulation of crop response to water and nitrogen: an application example using spring wheat. Trans. ASAE 32: 66-74.

Stockle, C.O., and Jara, J. 1998. Modeling transpiration and soil water content from a corn field: 20 min vs. daytime integration step. Agric. For. Meteorol. 92: 119-130.

Stockle, C.O., and Nelson, R.L. 2000. Cropsyst User's manual (Version 3.0). Biol. Sys. Eng. Dept., Washington State University, Pullman, WA.

Stockle, C.O., Donatelli, M., and Nelson, R.L. 2003. CropSyst, a cropping systems simulation model. Eur. J. Agron. 18: 289-307.

Zeinali, E. 2009. Wheat nitrogen in Gorgan; agronomical physiological, and environmental aspects. Ph.D Thesis in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 201p. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

EJCP., Vol. 4 (2): 63-80
ejcp.gau@gmail.com

Parameter estimates and evaluation of CropSyst-Wheat for Golestan province cultivars

[*]A. Dastmalchi[1], A. Soltani[2], N. Latifi[2] and E. Zeinali[3]
[1]M.Sc. Student, Dept. of Agronomy of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, [2]Prof. Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran, [3]Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Abstract

Crop simulation models are increasingly used in agriculture. These models help in saving time and expenses. The objective of this study was to evaluate CropSyst model in predicting development, growth and yield of wheat cultivars from Golestan province. To do this, experimental data from different experiments were gathered for Kohdasht, Shiroodi, Tajan and Zagros. Model performance in simulating days to anthesis and maturity, biomass accumulation at anthesis and maturity and leaf area index at anthesis, nitrogen accumulation at anthesis and maturity and grain yield were evaluated. Root mean square error (RMSE) were 5.2 and 9.5 days for anthesis and maturity that were 4.6% and 6.4% of the means, respectively. RMSE of LAI at anthesis was 1.2 $m^2.m^{-2}$ that was 20.9% of the mean. For grain yield, RMSE was 556 $kg.ha^{-1}$, 13.3% of mean. For other development and growth characteristics, model performance was acceptable. Therefore, this model can be used in simulation of these cultivars.

Keywords: Wheat; CropSyst model; Growth and development; Evaluation

[*]- Corresponding Author; Email: alidastmalchi2007@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir