Archive of SID

مجله زارعت و اصلاح نباتات
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲
صفحات ۱۴-۱

شبیه‌سازی برخی پارامترهای مهم ارقام سویا (*Glycine max* L.) در تاریخ‌های کاشت مختلف با استفاده از مدل CROPGRO-Soybean

Important parameters simulation in soybean cultivars (*Glycine max* L.) at different sowing dates using CROPGRO-Soybean model

محمد نبی ایلکایی[۱]، فرزاد پاک نژاد[۱]، ابراهیم امیری[۲]، محسن زواره[۳]، محمد رضا اردکانی[۱]، علی کاشانی[۱] و پویا فراهانی پاد[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۸

چکیده

استفاده از مدل‌های ساخته شده در گیاهان زراعی برای کمک به چگونگی درک برهمکنش عوامل مهم موثر بر رشد گیاه شامل خاک، گیاه و آتمسفر بر ماده خشک تولیدی و عملکرد دانه از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. اغلب آزمایش‌های صورت گرفته بر مدیریت تاریخ کاشت ارقام سویا به طور تلفیقی نتوانسته‌اند تا اثرات مهم موثر بر رشد خاک، گیاه و آب وهوا را بر عملکرد دانه و بیوماس مورد بررسی قرار دهند. بدین منظور ما در این پژوهش مدیریت تاریخ‌های کاشت مختلف را در ارقام سویا توسط مدل CROPGRO- Soybean در منطقه کرج مورد بررسی قرار دادیم. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال ۸۹-۱۳۸۸ صورت گرفت. چهار تاریخ کاشت مختلف ۲۹ اردیبهشت، ۹ خرداد، ۱۹ خرداد و ۲۹ خرداد در کرت‌های اصلی و چهار رقم رشد نامحدود سویا شامل ویلیامز، M7، L17 و زان به عنوان کرت‌های فرعی قرار گرفتند. مطابق نتایج به دست آمده در آزمایش دامنه تغییرات RMSE تمامی تیمارها برای عملکرد دانه بین ۸۲۰/۶۴-۱۳۴/۷۶ کیلوگرم در هکتار و همچنین دامنه تغییرات ضریب ویلموت برابر با ۰/۹۷۲-۰/۵۵۰ به دست آمد. همچنین در تمامی تیمارهای مورد آزمایش دامنه تغییرات RMSE برای ماده خشک کل بین ۱۲۰۷/۳۳-۳۵۶/۴۱ کیلوگرم در هکتار با دامنه تغییرات ضریب ویلموت ۰/۸۹۵-۰/۹۸۹ حاصل شد. به طور کلی در تمامی تاریخ‌های کاشت و ارقام مختلف میزان ضریب R2 نمودار رگرسیونی مقادیر اندازه‌گیری شده در برابر مقادیر شبیه‌سازی شده (نمودار یک به یک) برای صفت عملکرد دانه برابر با ۰/۹۶۸ با معادله y= 1.009x + 52.58 به دست آمد. همچنین میزان ضریب R2 نمودار یک به یک برای صفت ماده خشک کل برابر با ۰/۹۳۲ با معادله y= 0.624x + 267.5 حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: سویا، تاریخ کاشت، بیوماس و عملکرد دانه، مدل CROPGRO- Soybeans

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، ایران
۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، گروه زراعت، لاهیجان، گیلان، ایران
۳- عضو هیات علمی دانشگاه گیلان
۴- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، گروه زراعت و اصلاح نباتات، رودهن، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گیاه سویا یکی از مهم ترین گیاهان زراعی جهت تولید روغن در سراسر جهان محسوب می‌شود (Sinclair *et al*., 1991). پتانسیل تولید عملکرد دانه در جهان ۶ تن در هکتار و میانگین عملکرد دانه در ایران حدود ۲/۶ تن در هکتار گزارش شده است (FAO, 2007)، بنابر این برای ارزیابی دقیق عوامل محدود کننده رشد و عملکرد نیاز به استفاده از مدل‌های مکانیستیک می‌باشد. این مدل‌ها به دلیل پویای آن در بازه زمانی روزانه جهت بررسی روند رشد گیاه زراعی نسبت به مدل‌های تجربی برتری دارند (Nasiri mahallati, 2000). حتی پس از استقرار مرز میان سیستم‌ها برای تمرکز بر گیاه، مدل سازان هنوز مجبور به تلفیق دانش از یک طیف منظم (بیولوژی، فیزیک، شیمی، اقتصادی و ریاضی و برهمکنش ویژه از طبیعت متفاوت فیزیکی (برای مثال، آب و هوا، نور و رطوبت خاک)، شیمیایی (برای مثال غلظت دی اکسید کربن و عناصر غذایی)، بیولوژیکی (برای مثال آفات، بیماری‌ها، علف‌های هرز و سایر گیاهان در جامعه) می‌باشند (Stockle and Nelson, 1994; Soltani, 2009). پیچیدگی سیستم از طریق تغییرپذیری فضایی و موقتی در اصطلاح ویژگی‌های اقلیمی و خاکی، تنوع ژنتیکی و دامنه گسترده‌ای از گزینه‌های مدیریتی سازگار شده با زارعین بیشتر افزایش می‌یابد (Koocheki and Nasiri mahallati, 1996). مدل سازی گیاهان زراعی از مدل Soybean-CROPGRO به طور گسترده‌ای برای ارزیابی اثرات عملیات مدیریتی و شرایط محیطی بر رشد، نمو، عملکرد و اجزای آن در سویا، استفاده می‌نمایند (Jones *et al*., 2003). کشاورزی یکی از مهمترین بخش‌های تولید اقتصادی در ایران می‌باشد به طوری که بسیاری از زمین‌های مهم را توسط جمعیت زیادی مشغول به خود کرده است. یکی از سیاست‌های بخش کشاورزی استفاده بهتر از منابع موجود برای مثال، زمین، آب، کودها، آفت کش‌ها و غیره برای افزایش تولید و موفقیت کشاورزان می‌باشد (Monteith, 1981; Allen *et al*., 2002).

تولید گیاهان زراعی و پیش بینی عملکرد آن‌ها در هر کشوری از سالی به سال دیگر دارای اثرات مستقیمی بر اقتصاد ملی و بین المللی بوده و نقش مهمی در مدیریت تولید غذا دارد (Hayes and Decker, 1996). از طرفی دیگر، فاکتورهایی مانند آفات، بیماری‌ها و فعالیت انسان‌ها می‌تواند باعث تغییرات محلی در میزان پیش بینی عملکرد گیاه زراعی در هر منطقه‌ای باشد. این عامل یک محدودیت جدی برای روش‌های پیش بینی صفات گیاه زراعی می‌باشد (Anup *et al*., 2006). برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و بیوماس تولیدی نیاز به درک انواع پارامترهای مختلفی چون تبخیر و تعرق، نوع خاک، میزان نور دریافتی در طی رشد، میزان غلظت دی اکسید کربن، درجه حرارت، میزان آب قابل دسترس، و مراحل رشد و نمو گیاه می‌باشد (Monteith, 1981) و از روابط میان آب و هوا، خاک و نحوه رشد گیاه به طور افزاینده‌ای برای پیش بینی عملکرد استفاده می‌شود (Van Keulen, 1987). مدل می‌تواند به میزان بیشتری پیچیدگی‌های موجود را از طریق داده‌های تاریخی قابل دسترس برای رشد هر گیاه گسترش داده و در جهت پیش بینی بهتر صفات مورد مطالعه بهبود بخشد. یک مدل ساده و قوی گیاه زراعی سویا توسط سینکلر (Sinclair ,1986) گسترش یافته است که در چهار چوب مراحل فنولوژیکی و صفات فیزیولوژیکی گیاه قابل استفاده می‌باشد. این مسیر مدل سازی برای آزمون پتانسیل عملکرد و ریسک تولید در سایر گونه‌ها همچون نخود گاوی، نخود سیاه (Sinclair *et al*., 1987) و بادام زمینی (Hammer *et al*., 1995) عمومیت یافته است. بنابراین شبیه‌سازی رفتار گیاه زراعی برای زارعینی که تصمیم گیرندگان نهایی در استفاده از طراحی زمین‌های زراعی جهت پاسخ به ابزارهای متفاوت سیاست گذاری، بسیار مهم می‌باشد (Soltani, 1999). اهداف این مطالعه ارزیابی مدل CROPGRO- Soybean برای شبیه‌سازی واکنش تلفیقی گیاه، خاک و عوامل محیطی موثر بر رشد بر عملکرد و بیوماس تولیدی (با شرایط متفاوت اجتماعی- اقتصادی و

www.SID.ir

Archive of SID

بیوفیزیکی) با ابزارهای متفاوت سیاستگزاری به منظور حمایت برنامی ریزی‌های کشاورزی در سطوح منطقه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ناحیه کرج با مشخصات طول و عرض جغرافیایی (N ,۳۵°۴۳′ E ,۵۰°۴۹′) و ارتفاع از سطح دریای (۱۱۷۴ متر بالاتر از سطح دریا) اجرا شد. میانگین بارندگی و دمای سالیانه در این منطقه به ترتیب برابر با ۱۶۸ میلیمتر و ۲۳ درجه سانتیگراد گزارش شده است. نیاز کودی بر اساس آنالیز خاک در نمونه ۳۰ سانتیمتر عمق خاک تامین شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قابل طرح کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای کرت اصلی شامل چهار تاریخ کاشت (۲۹ اردیبهشت، ۹ خرداد، ۱۹ خرداد و ۲۹ خرداد) و تیمارهای کرت فرعی شامل چهار رقم از تیپ سه سویا (ویلیامز، M7، L17 و زان) بودند. عمق کاشت در تمامی تیمارها به طور یکسان ۳ سانتیمتر و تراکم بوته نیز حدود ۲۵ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. در هر کرت آزمایشی شش خط کاشت به طول ۶ متر با فواصل ردیف ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت بر اساس نیاز کودی طبق نتایج تجزیه خاک به میزان ۱۵۰ کیلوگرم فسفر خالص (کود فسفات آمونیوم) و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (کود اوره) به ترتیب در سه مرحله قبل از کاشت، مرحله گلدهی و مرحله شروع غلاف دهی (Fehr and Shibles, 1980) افزوده شد.

در مراحل اولیه رشد با علف‌های هرز به روش دستی مبارزه شد. در مرحله رشدی ۲۰ روز پس از کاشت به فواصل ۱۰ روز به تعداد ۸ نوبت برای هر تیمار بوته‌ها در خط ۳۰ سانتیمتری سطح زمین کف بر شده و وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته اندازه‌گیری می‌شد. در مرحله ۷۰ روز پس از کاشت و ۱۰ روز پس از آن بوته‌ها در خط ۳۰ سانتیمتری برداشت شده و عملکرد آن‌ها در واحد کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. داده‌های اندازه شده روند تولید ماده خشک کل و روند عملکرد دانه مطابق فایل‌های مخصوص برنامه مدل CROPGRO-Soybean به عنوان ورودی اندازه‌گیری شده صفات فراخوانی شد.

داده‌های آب و هوا

داده‌های مهم آب و هوایی موثر بر رشد گیاه شامل دمای ماکزیمم و دمای مینیمم روزانه (بر حسب سلسیوس)، ساعت آفتابی و میزان بارنگی روزانه (میلیمتر) مطابق آمار ایستگاه هواشناسی منطقه در نظر گرفته شدند (Jones *et al*., 2003).

داده‌های خاک

برای معرفی وضعیت خاک مزرعه آزمایشی به نرم افزار با نمونه‌برداری از سه لایه مختلف ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتیمتری خاک به طور مجزا صفات مهم موثر بر رشد اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک

Table 1- Results of soil analysis

Soil layers	Specific weight	Texture	Sand %	Silt %	Clay %	K ppm	P ppm	Total N%	OC %	PH	EC
0-20	1.47	Clay loam	24	44	32	398	39	0.1	0.39	7.9	2.85
20-40	1.91	Clay loam	30	42	28	3380	28	0.05	0..36	7.9	1.58
40-60	2.06	Clay loam	31	44	25	360	28	0.04	0.30	7.9	1.32

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌های مدیریت مزرعه

برخی از ویژگی‌های مهم مدیریتی مزرعه شامل ابعاد کرت‌ها، میزان بذر مصرفی جهت کاشت، تراکم بوته در واحد سطح، تیمارهای مورد مطاله، دادهای مربوط به آب و هوا به طور روزانه، بافت خاک، ضریب ژنتیکی مراحل مهم فنولوژیکی ارقام مورد مطالعه، میزان آب مصرفی برای آبیاری و نحوه اجرای آن، تمامی نهاده‌های مصرفی کود، آفت کش و غیره به نرم افزار معرفی شدند. در پایان پس از آماده سازی داده‌ها مورد نیاز مدل شامل داده‌های مربوط به گیاه، خاک و اتمسفر مدل قادر خواهد بود تا بر اساس شرایط معرفی شده برخی از پارامترهای مهم روند رشد گیاه را به طور روزانه شبیه‌سازی نموده و داده‌های اندازه‌گیری شده در مزرعه را نیز در کنار مقادیر شبیه‌سازی قرار داده و بر اساس نمودارهای ارائه شده به صورت خروجی و پارامترهای آماری موجود در برنامه میزان انحراف مقادیر شبیه‌سازی را در برابر نقاط واقعی و دقت شبیه‌سازی را محاسبه نماید.

نتایج و بحث

شبیه‌سازی عملکرد دانه

مطابق شکل ۱ نمودار شبیه‌سازی عملکرد دانه ارقام مختلف سویا در تاریخ کاشت‌های مختلف منطقه کرج میزان دامنه جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) بین ۸۸۰/۶۶-۱۵۱/۹۴ کیلوگرم در هکتار در نوسان بود. همچنین دامنه تغییرات ضریب کارایی مدل (d) نیز به میزان ۰/۹۸۰-۰/۵۰۵ محاسبه شد. میزان دامنه تغییرات درصد میانگین انحراف بین ۱۱۵/۱۶- تا ۱۰/۳۴ درصد محاسبه شد. مطابق نتایج به دست آمده رقم L17 در تاریخ کاشت چهارم کرج با RMSE=۱۵۱/۹۴ و d =۰/۹۸۰ از کمترین جذر میانگین مربعات خطا و بالاترین میزان ضریب کارایی مدل برخوردار بود (شکل ۱). در حقیقت این تیمار توسط مدل از بالاترین دقت جهت پیش بینی عملکرد دانه برخوردار بود. میزان درصد میانگین انحراف این تیمار ۱۰/۳۴ و درصد خطای آن ۲۱/۲ درصد محاسبه شد. به طور کلی مطابق شکل ۱ می‌توان دریافت که مدل روند تولید عملکرد دانه را در تمامی ارقام در تیمارهای تاریخ کاشت دوم، سوم و چهارم در منطقه کرج با دقت بالایی شبیه‌سازی نمود به طوری که در میان تیمارها، تفاوت زیادی در دقت شبیه‌سازی بر اساس ضریب کارایی مدل مشاهده نمی‌شد. تمامی ارقام در تاریخ کاشت اول از مقدار RMSE بالا و ضریب کارایی مدل پایینتری برخوردار بودند (شکل ۱).

پایین ترین دقت شبیه‌سازی عملکرد دانه به رقم ویلیامز در تاریخ کاشت اول اختصاص داشت (شکل ۱). در این تیمار میزان RMSE برابر ۸۸۰/۶۶ کیلوگرم و ضریب کارایی مدل نیز برابر با ۰/۵۰۵ بود. همچنین میزان درصد میانگین انحراف و درصد خطا به ترتیب برابر با ۳۹/۷۵ و ۱۴۰/۹ درصد بدست آمد، که نشان دهنده آن است که دقت شبیه‌سازی این تیمار پایینتر از سایر تیمارها بوده است. مدل برای شرایط پتانسیل رشد با دقت بسیار بالایی عملکرد دانه را پیش بینی می‌کند و از دلایل کاهش دقت در شبیه‌سازی می‌توان به عوامل محدود کننده رشد که در مزرعه اتفاق افتاده و ما به مدل معرفی نکرده‌ایم و یا خطاهای حاصل از اندازه‌گیری صفات نسبت داده می‌شود (Soltani, 2009). اغلب ارقامی که با دقت بسیار بالایی مراحل فنولوژیکی آن معرفی می‌شوند با قدرت پیش بینی بالاتری همراه می‌باشند (Nasiri mahallati, 2000). وجود مقداری علف‌های هرز در مراحل اولیه رشد گیاه و عدم مبارزه یکنواخت آن‌ها و یا تیمارهای آبیاری به فواصل ثابت هر هفت روز به دلیل دور شدن از شرایط مطلوب آبیاری (بر حسب نیاز آبی مطلوب)، می‌تواند از عوامل افت دقت در شبیه‌سازی باشد (Koocheki and Nasiri mahallati, 1996).

مطابق شکل ۳ نمودار رگرسیونی عملکرد دانه مقادیر شبیه‌سازی شده در برابر مقادیر اندازه‌گیری شده (نمودار ۱:۱) برای تمامی تیمارهای مورد آزمایش میزان ضریب تبیین (R=۰۲/۹۶۸) با معادله y=1.009 x+ 52.58 به دست آمد. این نتایج نشان دهنده توصیف مناسب مدل در رابطه رگرسیونی مقادیر شبیه‌سازی در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری برای صفت

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد دانه می‌باشد به طوری که ضریب همبستگی (در سطح ۱ درصد) معنی دار می‌باشد. کاهش میزان دقت شبیه‌سازی می‌تواند در اثر ایجاد شرایط محدودکننده رشد گیاه از میزان پتانسیل آن در طی دوره رشد، خطاهای موجود در زمان اندازه‌گیری و یا عدم تطابق مقادیر پارامترهای تعریف شده در مدل با منطقه مورد آزمایش اتفاق افتد و نیاز به مدیریت ضروری برای کاهش این عوامل می‌باشد (Nasiri mahallati, 2000). مطابق شکل ۱ مدل در اغلب تیمارها به ویژه در مرحله برداشت نهایی دارای پیش بینی بالاتر از حد واقعی آن بوده است. این نتیجه شاید به واسطه آن باشد که عوامل محدود کننده رشد در طی دوره رشد وجود داشته که به طور کامل به مدل معرفی نشده است. در صورت ادامه این نتایج می‌توان به تصحیح و کالیبره کردن آن پرداخت. وجود تفاوت‌های یکسان و یکنواخت در برداشت نهایی در تمام تیمارها کار را برای تصحیحات مورد نیاز کالیبراسیون مدل در هر منطقه آسانتر می‌سازد (Allen, 2002).

شبیه‌سازی ماده خشک کل

مطابق شکل ۲ نمودار شبیه‌سازی ماده خشک کل ارقام مختلف سویا در تاریخ کاشت‌های مختلف در منطقه کرج میزان دامنه جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) بین ۱۲۰۷/۳۳-۳۵۶/۴۱ کیلوگرم در هکتار در نوسان بود. دامنه تغییرات ضریب کارایی مدل (d) نیز به میزان ۰/۹۸۹-۰/۸۹۸ محاسبه شد. همچنین میزان دامنه تغییرات میانگین انحراف بین ۶۵/۱۹- تا ۰/۸۲ درصد حاصل شد (جدول۲).

مطابق نتایج به دست آمده (شکل ۲) رقم ویلیامز در تاریخ کاشت اول کرج با RMSE=۳۵۶/۴۱ و d=۰/۹۸۹ از کمترین جذر میانگین مربعات خطا و بالاترین میزان ضریب کارایی مدل برخوردار بود. در حقیقت این تیمار توسط مدل از بالاترین دقت جهت پیش بینی ماده خشک کل برخوردار بود. میزان درصد میانگین انحراف این تیمار ۸/۲۲ و درصد خطای آن ۱۹ درصد محاسبه شد (جدول ۲). به طور کلی می‌توان دریافت که مدل روند تولید ماده خشک کل را در تمامی تیمارهای مختلف در منطقه کرج با دقت بالایی شبیه‌سازی نمود به طوری که در میان تیمارها تفاوت زیادی در دقت شبیه‌سازی بر اساس ضریب کارایی مدل مشاهده نمی‌شود (شکل ۲). پایین ترین دقت شبیه‌سازی در کرج به رقم ویلیامز در تاریخ کاشت اول اختصاص داشت. در این تیمار میزان RMSE برابر ۱۲۰۷/۳۳ کیلوگرم در هکتار و ضریب کارایی مدل نیز برابر با ۰/۸۹۸ بود (شکل ۲). همچنین میزان درصد میانگین انحراف و درصد خطا به ترتیب برابر با ۶۵/۱۹- و ۷۵ درصد بدست آمد (جدول ۲)، که نشان دهنده آن است که دقت شبیه‌سازی این تیمار بسیار پایین بوده است. اما به واسطه بالا بودن میزان ضریب ویلموت (d) می‌توان برای کاهش میزان انحراف و درصد خطا از عوامل افزایش دهنده خطا که باعث دور شدن از شرایط پتانسیل رشد می‌شود کاسته شود و یا در صورت ادامه خطا در دفعات متعدد پس از بازرسی از صحت داده‌های ورودی مربوط به آب و هوا، خاک و مدیریت مزرعه و فنولوژی گیاه به دنبال کالیبراسیون مدل در منطقه مورد آزمایش پرداخت (Boogaard, 1998).

مطابق شکل ۴ نمودار رگرسیونی مقادیر شبیه‌سازی شده در برابر مقادیر اندازه‌گیری شده ماده خشک کل (نمودار ۱:۱) میزان ضریب تبیین برای تمامی تیمارهای آزمایشی برابر با (R=۰۲/۹۳۲) با معادله y=0.624 x + 267.5 حاصل شد. این نتایج به طور کلی نشان دهنده آن است که توصیف مدل در تمامی تیمارها برای صفت ماده کل خشک مناسب بوده به طوری که از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی دار می‌باشد. کاهش میزان دقت شبیه‌سازی در ماده خشک کل می‌تواند در اثر بروز شرایط محدود کننده رشد پتانسیل گیاه در دوره رشد، و افزایش خطا و یا خطاهای حاصل از مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در مزرعه، حاصل شده باشد و به مدیریت مطلوبی برای سامان دهی این عوامل ایجاد کننده خطا نیاز می‌باشد (Banayan, 2002; Boote *et al*., 1996). مطابق شکل ۲ مدل در تمامی ارقام در تاریخ‌های کاشت اول دارای پیش بینی ماده خشک کل بالاتری نسبت به مقادیر اندازه‌گیری

www.SID.ir

Archive of SID

شده آن در شرایط مزرعه بوده است. مقادیر اندازه‌گیری شده ماده خشک کل در مراحل نمونه‌برداری در مزرعه نسبت به مقادیر شبیه‌سازی شده آن در همان مراحل نمونه‌برداری، در تاریخ کاشت دوم ارقام بسیار شبیه به هم بود (شکل- ۲). از طرفی دیگر مقادیر شبیه‌سازی شده ارقام در تاریخ کاشت سوم و چهارم بالاتر از حد اندازه‌گیری شده خود قرار گرفتند (شکل -۲). اغلب در تیمارهای مدیریتی یکسان بودن پیش بینی بیش از حد واقعی و یا کمتر از واقعی نشان دهنده آن است که برای کالیبراسیون مدل با مشکلات کمتری روبرو می‌شویم (Boote *et al*., 1994). هرگاه همبستگی مناسبی بین داده‌های واقعی و پیش بینی مدل دیده شود، به معنی آن است که مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مهم وارد شده در مدل در گیاه نقش مهمی داشته و این مکانیسم‌ها به خوبی توسط مدل توصیف شده‌اند (Koocheki and Nasiri mahallati, 1996).

جدول ۱. ارزیابی نتایج شبیه‌سازی عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

Table 1- Evaluation of simulation results for grain yield (kg/ha)

PE درصد خطا	MD میانگین انحراف	D stat ضریب ویلموت	RMSE میانگین مجذور مربعات خطا	Xobs مشاهده	Xsim شبیه سازی	Xobs-Xsim تفاوت مشاهده و شبیه سازی	Treatment تیمار
120.86	-115.16	0.550	820.641	679	1461	782	۱- تاریخ کاشت اول رقم Zane (S1 Z)
119.63	-113.9	0.551	817.116	683	1461	778	۲- تاریخ کاشت اول رقم L17 (S1L17)
101.17	-96.63	0.601	751.734	743	1461	718	۳- تاریخ کاشت اول رقم M7 (S1M7)
140.9	39.75	0.505	880.66	625	1456	831	۴- تاریخ کاشت اول رقم Wiliams (S1W)
62.04	-39.75	0.813	305.9	493	689	196	۵- تاریخ کاشت دوم رقم Zane (S2 Z)
37.01	-17.57	0.912	216.921	586	689	103	۶- تاریخ کاشت دوم رقم L17 (S2L17)
17.7	9.46	0.972	134.764	761	689	-72	۷- تاریخ کاشت دوم رقم M7 (S2M7)
55.01	-34.99	0.84	287.729	523	706	182	۸- تاریخ کاشت دوم رقم Wiliams (S2W)
71.59	-24.09	0.868	570.619	797	989	192	۹- تاریخ کاشت سوم رقم Zane (S2 Z)
55.14	-11.37	0.909	489.698	888	989	100	۱۰- تاریخ کاشت سوم رقم L17 (S3L17)
45.58	-3.12	0.931	437.127	959	989	29	۱۱- تاریخ کاشت سوم رقم M7 (S3M7)
65.71	-18.57	0.883	555.324	845	1002	157	۱۲- تاریخ کاشت سوم رقم Wiliams (S3W)
25.61	2.87	0.973	169.029	660	641	-19	۱۳- تاریخ کاشت چهارم رقم Zane (S4 Z)
21.25	10.34	0.980	151.945	715	641	-74	۱۴- تاریخ کاشت چهارم رقم L17 (S4L17)
23.89	4.89	0.976	161.078	674	641	-34	۱۵-تاریخ کاشت چهارم رقم M7 (S4M7)

www.SID.ir

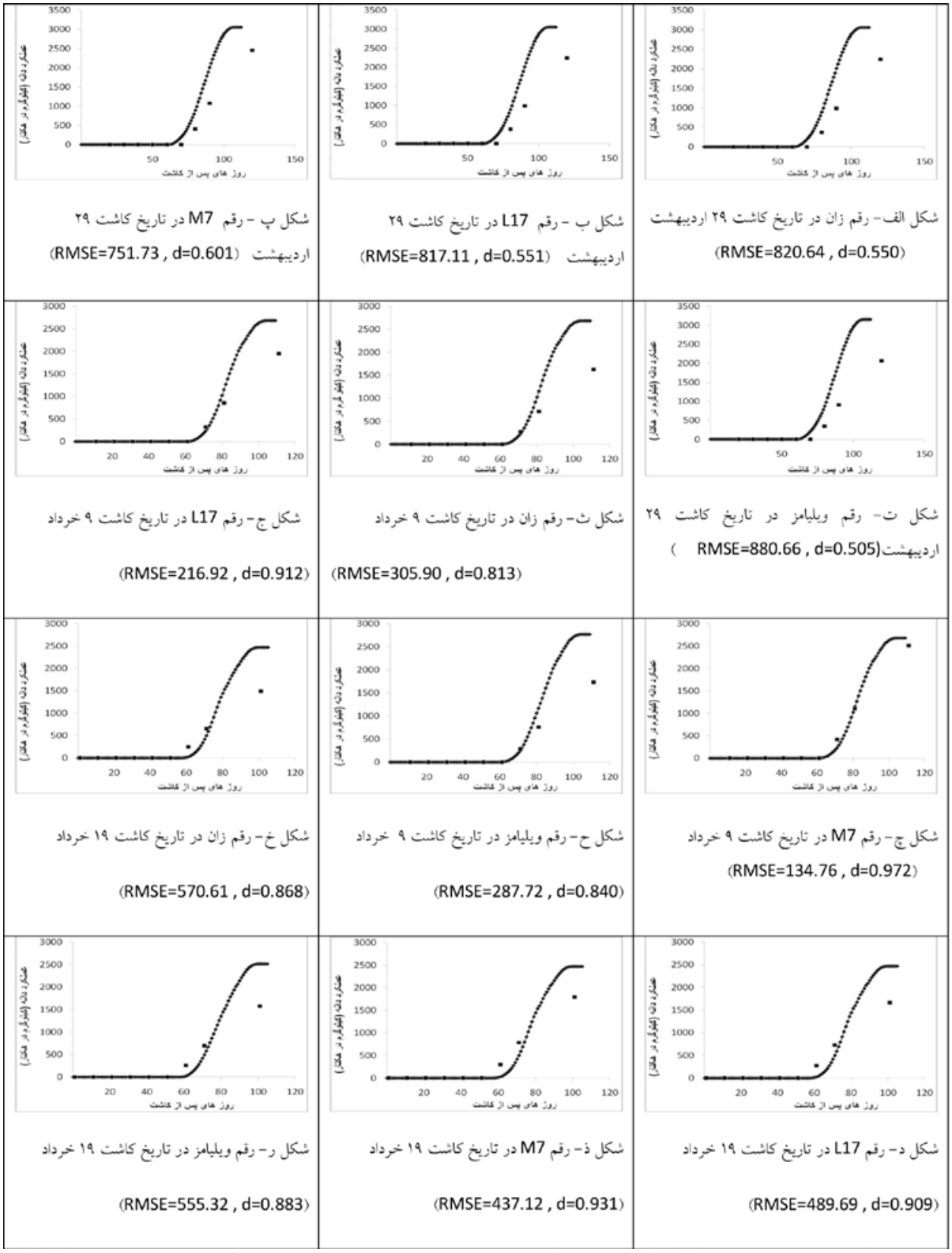
Archive of SID

جدول ۲ . ارزیابی نتایج شبیه‌سازی ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار) کرج

تیمار	Xobs-Xsim	Xsim	Xobs	RMSE	D stat	MD	PE
	تفاوت مشاهده و شبیه سازی	شبیه سازی	مشاهده	میانگین مجذور مربعات خطا	ضریب ویلموت	میانگین انحراف	درصد خط
۱- تاریخ کاشت اول رقم Zane (S1 Z)	832	2665	1833	1002.787	0.935	-45.39	0.54
۲- تاریخ کاشت اول رقم L17 (S1L17)	881	2665	1784	1052.99	0.927	-49.38	0.59
۳- تاریخ کاشت اول رقم M7 (S1M7)	763	2665	1902	952.59	0.943	-40.11	0.5
۴- تاریخ کاشت اول رقم Wiliams (S1W)	1044	2648	1603	1207.338	0.898	-65.19	0.75
۵- تاریخ کاشت دوم رقم Zane (S2 Z)	-220	1689	1909	467.938	0.983	11.52	0.24
۶- تاریخ کاشت دوم رقم L17 (S2L17)	-184	1689	1873	421.987	0.985	9.82	0.22
۷- تاریخ کاشت دوم رقم M7 (S2M7)	-203	1689	1892	436.474	0.985	10.72	0.23
۸- تاریخ کاشت دوم رقم Wiliams(S2W)	-151	1684	1835	356.415	0.989	8.22	0.19
۹- تاریخ کاشت سوم رقم Zane (S2 Z)	-803	1457	2260	1080.121	0.913	35.53	0.47
۱۰- تاریخ کاشت سوم رقم L17 (S3L17)	-727	1457	2184	987.117	0.923	33.28	0.45
۱۱- تاریخ کاشت سوم رقم M7 (S3M7)	-895	1457	2352	1202.606	0.897	38.05	0.51
۱۲- تاریخ کاشت سوم رقم Wiliams (S3W)	-742	1462	2204	1010.525	0.922	33.66	0.45
۱۳- تاریخ کاشت چهارم رقم Zane (S4 Z)	-717	1559	2276	902.023	0.928	31.5	0.39
۱۴- تاریخ کاشت چهارم رقم L17 (S4L17)	-723	1559	2282	954.07	0.92	31.68	0.41
۱۵-تاریخ کاشت چهارم رقم M7 (S4M7)	-819	1559	2378	1051.948	0.908	34.44	0.44
۱۶- تاریخ کاشت چهارم رقم Wiliams (S4W)	-919	1554	2473	1170.134	0.895	37.16	0.47

www.SID.ir

Archive of SID



شکل الف- رقم زان در تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت (RMSE=820.64 , d=0.550)

شکل ب - رقم L17 در تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت (RMSE=817.11 , d=0.551)

شکل پ - رقم M7 در تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت (RMSE=751.73 , d=0.601)

شکل ت- رقم ویلیامز در تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت(RMSE=880.66 , d=0.505)

شکل ث- رقم زان در تاریخ کاشت ۹ خرداد (RMSE=305.90 , d=0.813)

شکل ج- رقم L17 در تاریخ کاشت ۹ خرداد (RMSE=216.92 , d=0.912)

شکل چ- رقم M7 در تاریخ کاشت ۹ خرداد (RMSE=134.76 , d=0.972)

شکل ح- رقم ویلیامز در تاریخ کاشت ۹ خرداد (RMSE=287.72 , d=0.840)

شکل خ- رقم زان در تاریخ کاشت ۱۹ خرداد (RMSE=570.61 , d=0.868)

شکل د- رقم L17 در تاریخ کاشت ۱۹ خرداد (RMSE=489.69 , d=0.909)

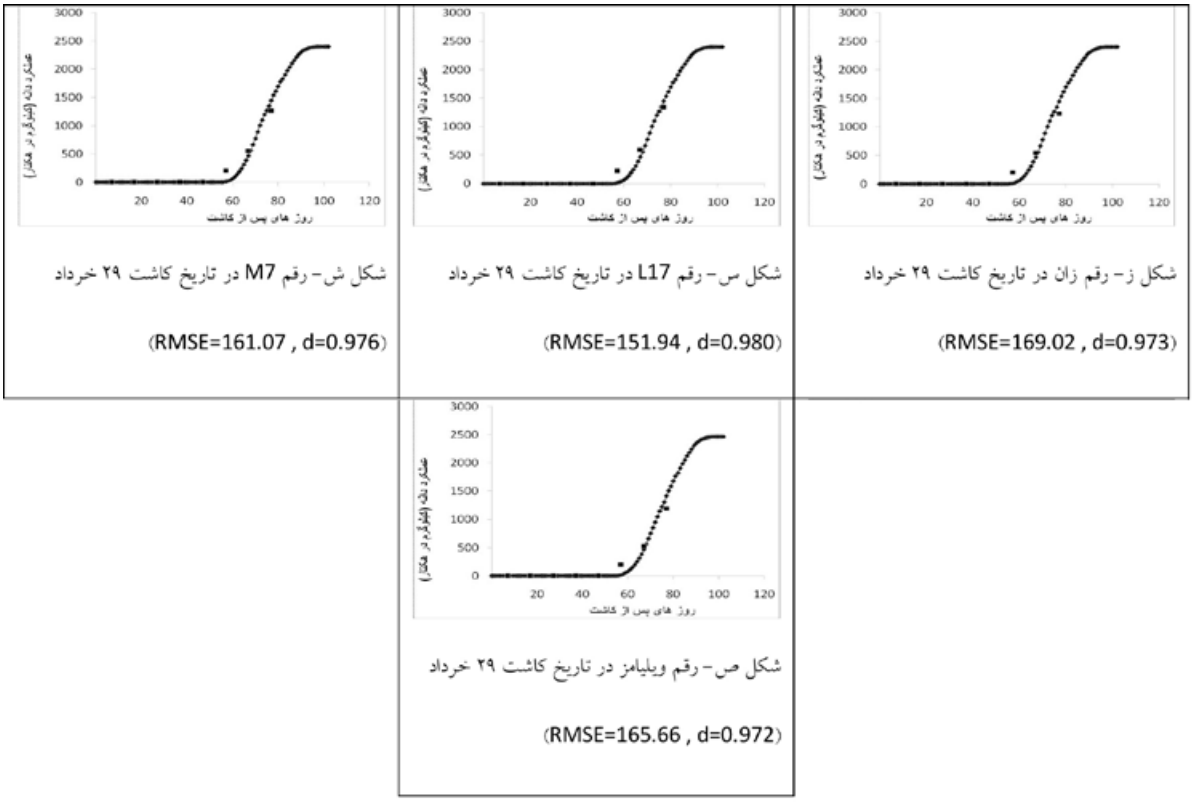
شکل ذ- رقم M7 در تاریخ کاشت ۱۹ خرداد (RMSE=437.12 , d=0.931)

شکل ر- رقم ویلیامز در تاریخ کاشت ۱۹ خرداد (RMSE=555.32 , d=0.883)

ادامه شکل۱ در صفحه بعد

www.SID.ir

Archive of SID

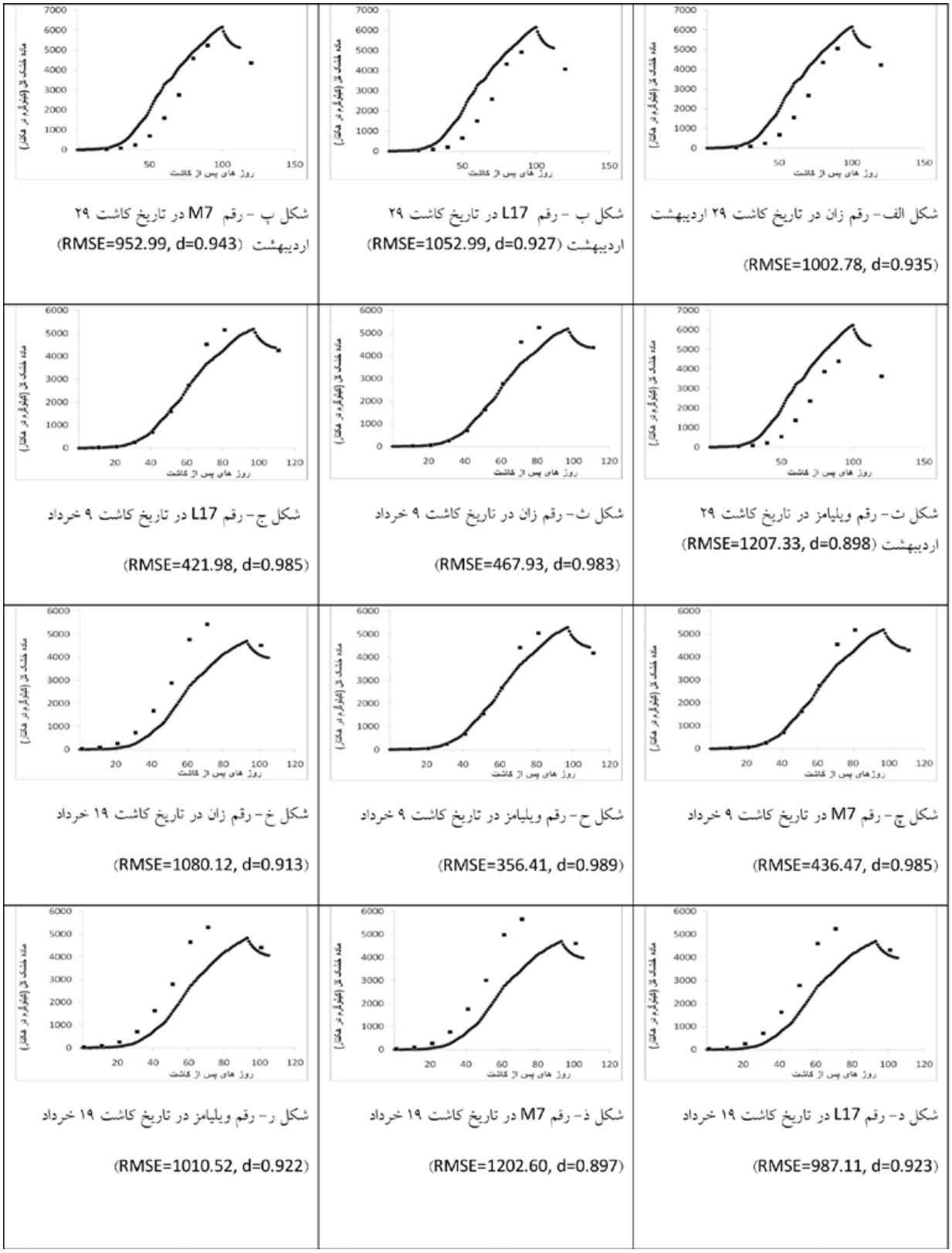


شکل ۱. نمودار شبیه‌سازی عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ارقام و تاریخ‌های کاشت مختلف
خط ممتد (مقدار شبیه‌سازی) و نقاط (مقدار واقعی)

Fig 1- Grain yield simulation curve (kg/ha) of different cultivars and sowing date
Line (simulated) and points (actual)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل الف- رقم زان در تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت (RMSE=1002.78, d=0.935)

شکل ب - رقم L17 در تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت (RMSE=1052.99, d=0.927)

شکل پ - رقم M7 در تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت (RMSE=952.99, d=0.943)

شکل ت- رقم ویلیامز در تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت (RMSE=1207.33, d=0.898)

شکل ث- رقم زان در تاریخ کاشت ۹ خرداد (RMSE=467.93, d=0.983)

شکل ج- رقم L17 در تاریخ کاشت ۹ خرداد (RMSE=421.98, d=0.985)

شکل چ- رقم M7 در تاریخ کاشت ۹ خرداد (RMSE=436.47, d=0.985)

شکل ح- رقم ویلیامز در تاریخ کاشت ۹ خرداد (RMSE=356.41, d=0.989)

شکل خ- رقم زان در تاریخ کاشت ۱۹ خرداد (RMSE=1080.12, d=0.913)

شکل د- رقم L17 در تاریخ کاشت ۱۹ خرداد (RMSE=987.11, d=0.923)

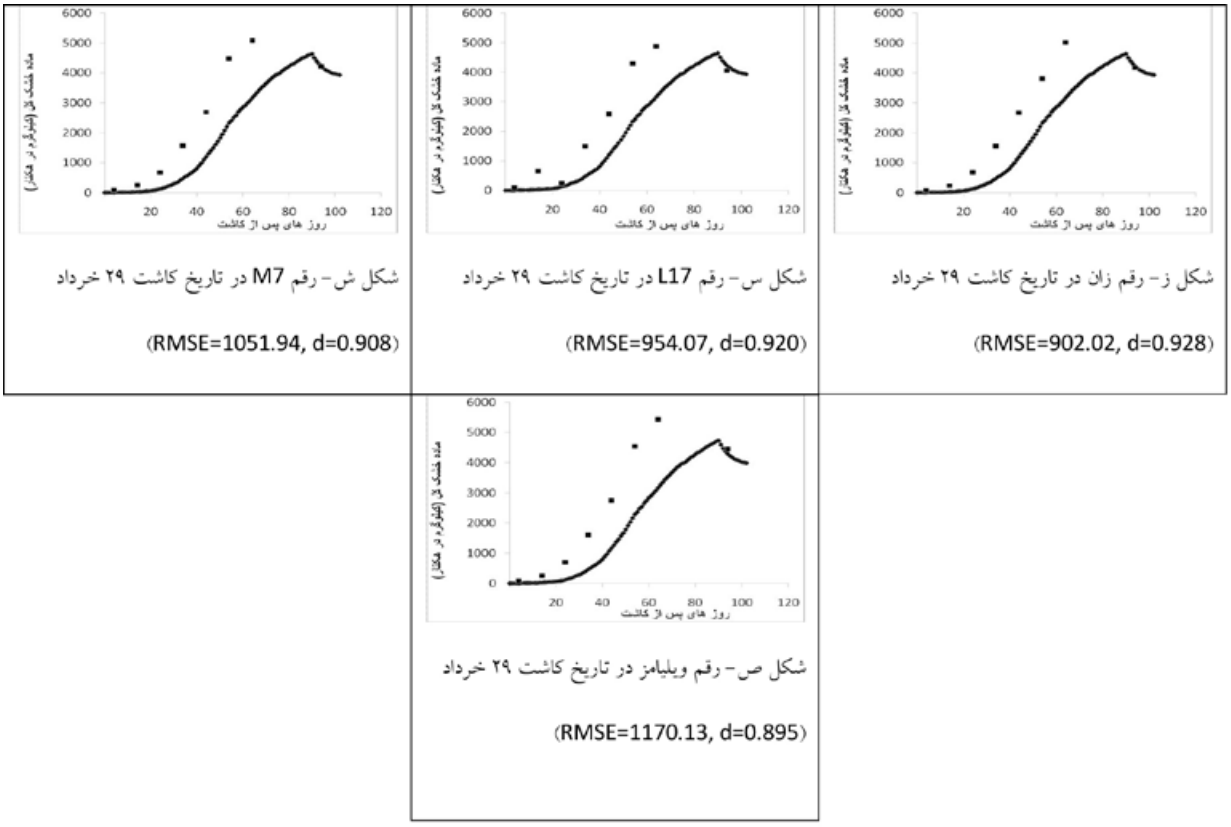
شکل ذ- رقم M7 در تاریخ کاشت ۱۹ خرداد (RMSE=1202.60, d=0.897)

شکل ر- رقم ویلیامز در تاریخ کاشت ۱۹ خرداد (RMSE=1010.52, d=0.922)

ادامه شکل ۲ در صفحه بعد

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. نمودار شبیه‌سازی ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار) ارقام و تاریخ‌های کاشت مختلف منطقه کرج

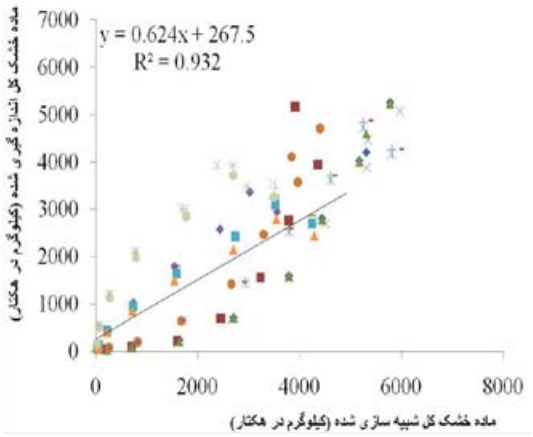
خط ممتد (مقدار شبیه‌سازی) و نقاط (مقدار واقعی)

Fig 2- Total dry matter simulation curve (kg/ha) of different cultivars and sowing date

Line (simulated) and points (actual)

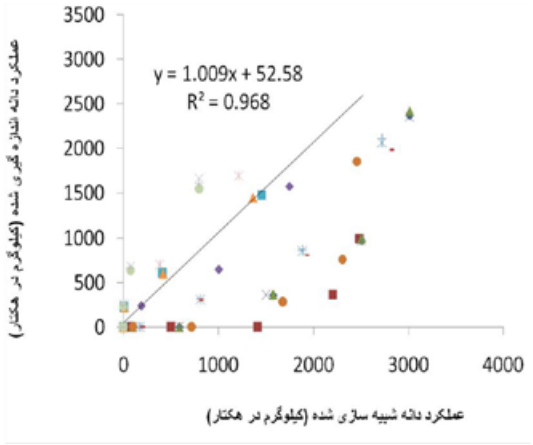
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳ – نمودار یک به یک عملکرد دانه مقادیر اندازه‌گیری شده در برابر شبیه‌سازی

Fig 3- Curve (1:1) of grain yield in measured via simulated



شکل ۴– نمودار یک به یک ماده خشک کل مقادیر اندازه‌گیری شده در برابر شبیه‌سازی

Fig 4- Curve (1:1) of total dry matter in measured via simulated

www.SID.ir

Archive of SID

References منابع

Allen R. Overman Richard V. Scholtz III. 2002. Mathematical models of crop growth and yield. University of Florida Gainesville, Florida, U.S.A. Copyright © by Marcel Dekker, Inc. All Rights Reserved. 475p.

Anup, K. P., R. P, Lim Chai,. M. K, Singh. 2006. Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters. International Journal of Applied Earth Observation and Geo information 8: 26–33.

Boogaard, H. L., C. A, Van Diepen., R. P, Ro¨tter., J. C. M. A, Cabrera and H. H, Van Laar. 1998. WOFOST 7.1 User guide for the WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Center 5.1. Techn. Doc. 52, Alterra, WUR, Wageningen, The Netherlands, pp. 144.

Boote, K.J., J. W, Jones and N. B, Pickering. 1996. Potential uses and limitation of crop models. Agron. J. 88(5): 704-716.

Banayan, M. 2002. Making and applied of simulation models in agriculture. University of Mashhad (Ferdosi). 204 pp. FAO, 2007. http:// FAOSTAT. FAO. Org/ page 567.

Fehr, W. R and R, Shibles. 1980. Stages of soybean development. Iowa State Uni Crop Ext. Ser. Specific. Rep. 80. Ames, IA, USA.

Hammer, G. L., R, Sinclair., K. J, Boote., G. C, Wright., H, Meinke and M. J, Bell. 1995. A peanut simulation model. I: Model development and testing.. American Society of Agronomy. vol. 87: 1085-1093.

Hayes, M.J and Decker, W.L., 1996. Using NOAA AVHRR data to estimate maize production in the United States Corn Belt. Int. J. Remote Sens. 17: 3189–3200.

Jones, J.W., G, Hoogenboom., C.H, Porter., K.J, Boote., W.D, Batchelor., L.A, Hunt., P.W, Wilkens., U, Singh., A.J, Gijsman and J.T, Ritchie. 2003. The DSSAT cropping system model. Eur. J. Agron. 18 (3–4):235–265.

Koocheki, A and M, Nasiri mahallati. 1996. Modeling in crops (Eco physiological process of growth and development). University Jehad of Mashhad. 287pp.

Monteith, J.L., 1981. Climatic variation and the growth of crops. Quart. J. R. Meteorol. Soc. 107, 749–774.

Nasiri mahallati, M. 2000. Modeling of growth process in crops. University Jehad of Mashhad. 280pp.

Sinclair, T.R and Ludlow, M.M., 1986. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. Aust. J. Plant Physiol. 13, 329-341.

Sinclair, T.R., Muchow, R.C., Ludlow, M.M., Leach, G.J., Lawn, R.J., Foale, M.A., 1987. Field and model analysis of water deficits on carbon and nitrogen accumulation by soybean, cowpea and black gram. Field Crops Res. 17, 121-140.

Sinclair, T.R., Kitani, S., Hinson, K., Bruniard, J., Horie, T., 1991. Soybean flowering date: Linear and logestic models based on temperature and photoperiod. Crop Sci. 31, 786-790.

Soltani, A., K, Ghassemi-Golezani., F.R, Khooie and M, Moghaddam. 1999. A simple model for chickpea

www.SID.ir

Archive of SID

growth and yield. Field Crops Research. 62, 213-224.

Soltani, A. 2009. Mathematical modelling in crops. University Jehad of Mashhad. 175 pp.

Stockle, C.O and R, Nelson. 1994. Cropping systems simulation model users' manual. (version 1.01.00) Biological Systems Engineering Dept. Washington State University. 167pp.

Van Keulen, H., 1987. Forecasting and estimating effects of weather on yield. In: Wisiol, K., Hesketh, J.D. (Eds.), Plant Growth Modeling for Resource Management. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 105–124.

www.SID.ir