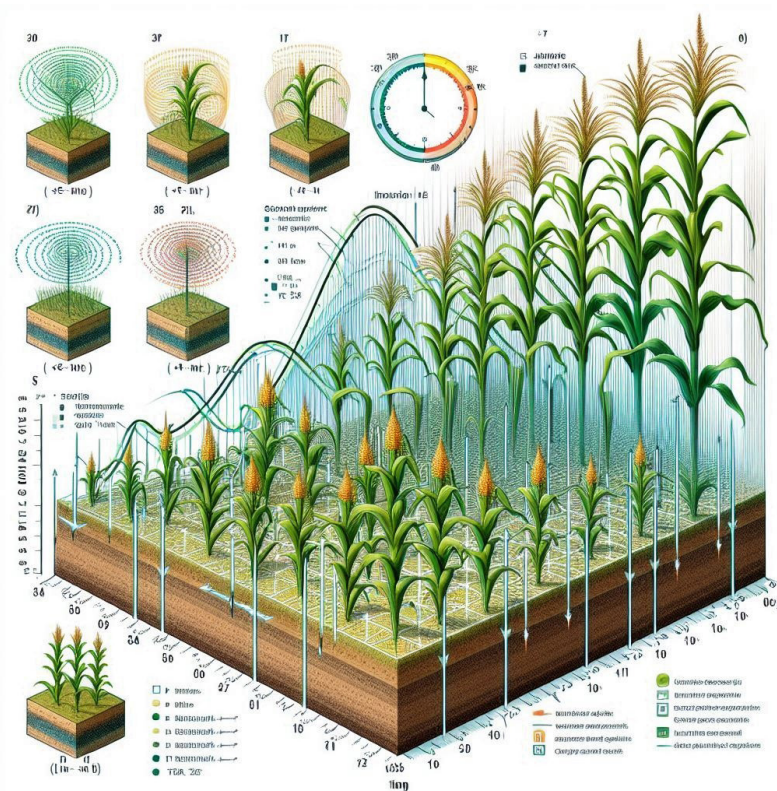


شبیه سازی رشد گیاهان زراعی و کاربرد آن در نظارت و تولید بذر

محمد رحمانی

محقق مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال



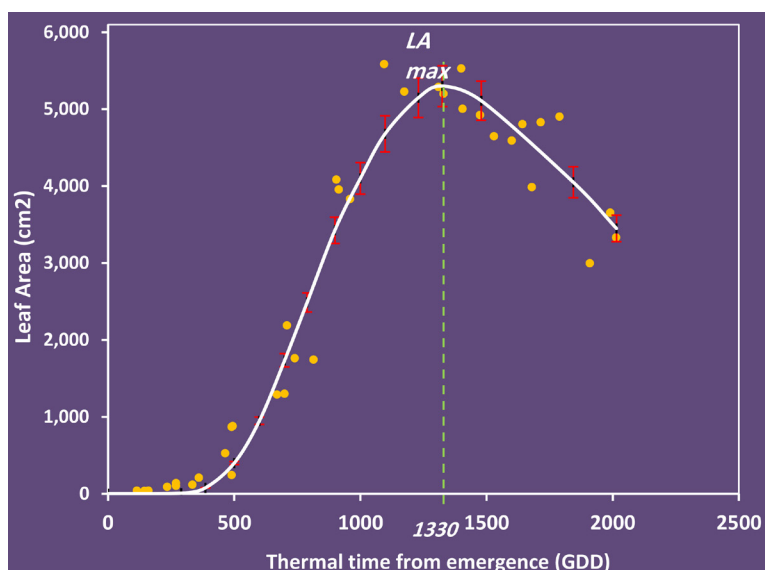
مدل های ریاضی مورد استفاده در علوم زیست شناسی و کشاورزی می توانند مدل های ساده رگرسیونی یک یا چند متغیره ای باشند که با چشم پوشی زیاد، الگوی کلی واکنش گیاه برای صفت خاصی را نسبت به تغییر یک یا چند متغیر نشان می دهند، یا مدل های شبیه سازی رشد و عملکرد باشند که رشد و نمو گیاه و پویایی سیستم گیاه-خاک را با استفاده از مجموعه ای از توابع ریاضی توصیف و پیش بینی می نمایند. در مدل های رشد و نمو همیشه بخشی از اطلاعات به دلیل الزام ساده سازی سیستم، از بین می رود و بخش ضروری رفتار سیستم مدل سازی می شود. در واقع از مدلی که یک سیستم پیچیده را با تمامی جزئیات توصیف نماید انتظار کارآمدی نمی رود، چرا که مدل طراحی شده به اندازه خود سیستم، پیچیده و غیر قابل پیش بینی خواهد بود. از این رو در مدل سازی باید تعادلی منطقی میان میزان پیچیدگی و دقت پیش بینی رعایت شود تا مدل کارآمدی خوانده شود. در شکل ۱ نمونه یک مدل ساده رگرسیونی نشان داده شده است که دقت آن برای تصمیم گیری کفایت می کند

زمانیکه فناوری مکان یابی جهانی در سال ۱۹۷۸ معرفی شد، انتظار نصب گیرنده های اطلاعات ماهواره بر روی تراکتورها و کارنده ها و توسعه کشاورزی دقیق دور از ذهن بود. فناوری های نوین در کشورهای پیشرفته به سرعت جذب و بهره برداری می شوند و مدلسازی رشد گیاهان زراعی از فناوری های نوینی است که به دلیل مزایای بسیار در پیشگویی آینده به سرعت رو به گسترش است. این فناوری می تواند ابزار کارآمدی در دست شرکت های تولیدکننده و موسسات برنامه ریزی و نظارت بر تولید بذر، به عنوان ارزشمندترین نهاده کشاورزی، باشد

مدلهای رشد

زبان ریاضی، بستر دانش جدید است و روز به روز مصادیق و کاربردهای آن در بیولوژی بیشتر می شود. مدل های رشد و نمو گیاهان، یکی از ایده های عمومیت یافته و کاربردی شده قوانین ریاضی هستند. مدل، نمایش ساده شده ای از رفتار یک سیستم واقعی با استفاده از اصول ریاضی و در قالب مجموعه ای از معادلات است که به شناخت و استفاده از آن سیستم کمک می کند.

شکل ۱- مدل که مؤلف برای پیش بینی سطح برگ اینبردلاین ذرت BV۳ بدست آورده است و در آن زمان حداکثر سطح برگ با دوره پر شدن بذر (۱۲۶۰ درجه روز رشد) مطابقت دارد (adjusted) و پیش‌بینی انجام شده در پنج تاریخ کشت مختلف با دقت قابل قبولی انجام گرفته است. با استفاده از این مدل می‌توان تاریخ های کشت مختلف را برای داشتن بیشترین سطح فتوسنتزکننده در زمان تشکیل بذر با یکدیگر مقایسه و تصمیم‌گیری نمود



و سایر نهاده‌های طبیعی باعث خواهد شد که داده‌های حاصل از روش‌های سنتی پژوهش، کمکی به برطرف کردن نیازهای فزاینده ننماید و لازم است تصمیم‌سازی با استفاده از بررسی‌های پیش‌بینی رفتار اکوسیستم‌های زراعی و طبیعی در واکنش به عوامل اقلیمی و خاکی (مثل تغییر اقلیم، آب مصرفی، فرسایش، موادغذایی خاک و استفاده آفت‌کشها) انجام گیرد.

روش‌های شبیه‌سازی رشد

در شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاهان زراعی دو شیوه کلی وجود دارد. در شیوه اول از مدل‌های شبیه‌سازی عمومی که مبتنی بر فرایندهای کلی رشد هستند مثل مدل‌های WOFOST و CROPSYST استفاده می‌شود. در این مدل‌ها تولید ماده خشک به‌طور مستقیم از طریق تابش خورشیدی جذب‌شده یا کارایی مصرف نور تعیین می‌شود. در شیوه دوم رشد و عملکرد هر محصول با توجه به ویژگی‌های ژنتیکی گیاه، شبیه‌سازی می‌شود. از جمله این مدل‌های AUSIM، CERES، APSIM و برای شبیه‌سازی رشد گندم، جو، ذرت، سویا، سورگوم، آفتابگردان و گیاه زراعی دیگر که در مجموعه نرم‌افزارهای مدل‌سازی گیاهان زراعی DSSAT و APSIM گردآوری و قابل استفاده هستند

برای اینکه در مدل شبیه‌سازی شده، اثر اقلیم و شرایط زراعی از بینه ژنتیکی رقم تفکیک گردد، لازم است رشد و نمو و

شبیه‌سازی رشد چیست؟ توصیف مطالعه رفتار سیستم به‌وسیله مدل، به شبیه‌سازی موسوم است. کیفیت کارکرد مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی به ورودی‌های قابل دسترس برای اجرای این مدل‌ها بستگی دارد. سالهاست که مدل‌های شبیه‌سازی رشد در کشورهای مختلف با اهداف و کاربردهای متنوعی استفاده می‌شوند. مدل‌های گیاهان زراعی علاوه بر پیش‌بینی عملکرد می‌توانند برای ارزیابی تنوع و خطرات ناشی از روش‌های مختلف مدیریتی در شرایط اقلیمی و مکان‌های مختلف به کار گرفته شوند. مدل‌های گیاهان زراعی در موارد زیر استفاده می‌شوند:

(۱) مدل‌ها می‌توانند به کاهش نهاده‌ها برای مدیریت زراعی بهینه کمک نماید

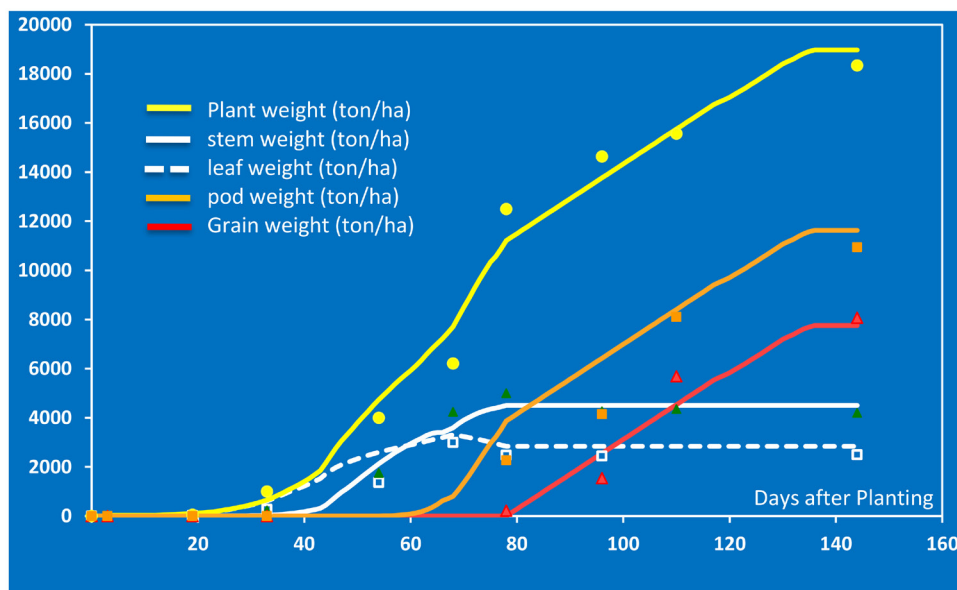
(۲) شبیه‌سازی رایانه‌ای می‌تواند مکملی برای آزمایش‌های واقعی باشد. در تفسیر نتایج آزمایشات بکار گرفته می‌شود و به اعتبار آنها می‌افزاید.

(۳) مدل به عنوان ابزار تحقیقات زراعی، امکان درک، پیش‌گویی و کنترل سیستم را با روش بسیار سازماندهی شده فراهم می‌آورد.

(۴) مدل، ابزاری در دست متخصصین زراعت و کشاورزان برای پشتیبانی تصمیم‌گیری در مدیریت زراعی است

نیاز روز افزون به فرآورده‌های کشاورزی، فشار بر زمین‌ها، آب

شکل ۲- خروجی مدل شبیه سازی شده CMS-CERES- Maize از ماده خشک انباشته در اندام های هوایی، ساقه، برگ، بلال و عملکرد دانه ذرت هیبرید ۷۰۴ با استفاده از مدل برای شرایط اقلیمی کرج توسط مؤلف که با استفاده از نرم افزار مدل سازی گیاهان زراعی DSSAT شبیه سازی شده است



تولید رقم خاص، مدیریت مصرف کودهای شیمیایی، پیش بینی زمان گرده افشانی و مهم تر از آن تعیین سطح کشت لازم برای رسیدن به میزان تولید مورد نظر، دچار سردرگمی می شوند. تجربه های متعددی از شکست برنامه تولید بذر که در یک منطقه جدید انجام شده است و یا انتخاب زمان کشت نامناسب که دوره گلدهی با گرمای سقف تحمل برخورد نموده است، در اختیار هست.

استفاده از ابزار مدلسازی، می تواند شرکت های تولید کننده بذر را سازد که چگونه تولید بذر رقم مورد نظرشان را در منطقه خاص و در سال معینی مدیریت نمایند تا برنامه تولید آنها به نتایج دلخواه نزدیک شود. یک نمونه از یک مدل ساده پیش بینی عملکرد در تاریخ های مختلف کاشت در شکل ۲ نشان داده شده است

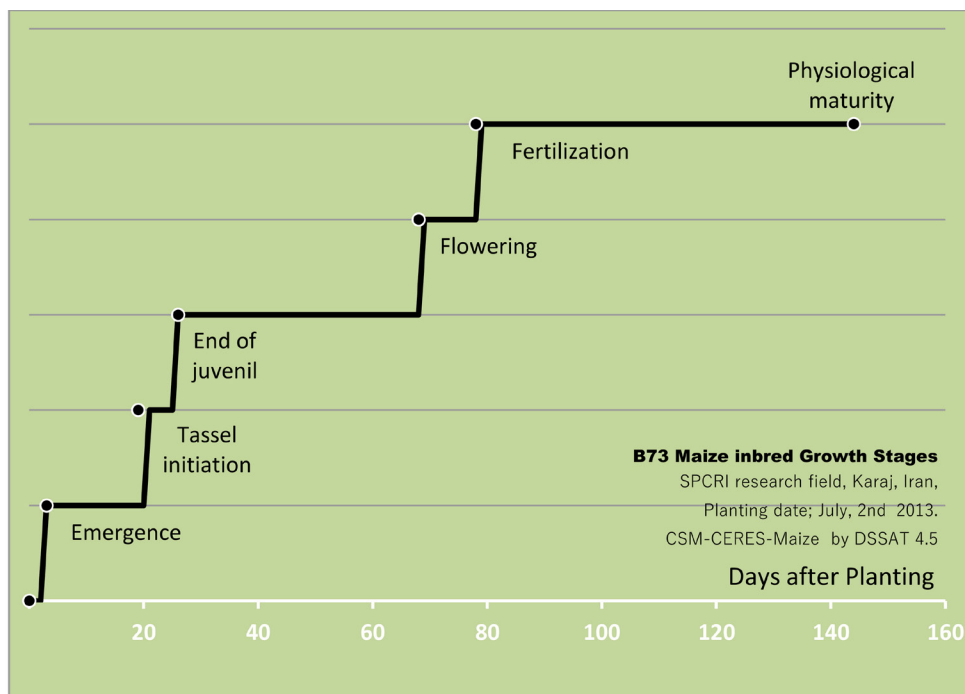
نیازسنجی تقاضای بازار بذر ارقام زراعی اقدام مهمی است که پیش از برنامه ریزی سالیانه تولید انجام می شود. گاه وضعیت اقلیمی مناسبتر از انتظار، باعث تولید بیش از نیاز بذر و افزایش ذخایر حساب نشده بذر برای مدت چند سال شده است. شبیه سازی رشد و نمو با بهره بردن از پیش بینی شرایط اقلیمی می تواند سطح کشت مورد نیاز برای رسیدن به تولید معین را با تقریب مناسبی در اختیار برنامه ریزان قرار دهد. به این

عملکرد رقم زراعی در مناطق اقلیمی مختلف و در شرایط متفاوت مدیریت زراعی مطالعه شود و مدل شبیه سازی شده بر اساس ضرایب مرتبط با ژنتیک رقم واسنجی یا کالیبره شود. ضرایب ژنتیکی رقم، اکوتیپ و گونه یک مدل زراعی پیش از اینکه برای یک رقم جدید مورد استفاده قرار گیرند باید واسنجی شود. برای واسنجی مدل، به گردآوری داده های دقیق از مراحل فنولوژیک (روابط بیولوژی گیاه و محیط) محصول و تولید و توزیع ماده خشک در طول دوره رشد در تاریخ های کشت متفاوت در یک یا چند مکان جغرافیایی با ویژگی های اقلیمی متفاوت نیاز است. ضرایب حاصل از واسنجی قادر خواهند بود ویژگی های رشد و توسعه سبزینه، گلدهی و گرده افشانی، توزیع مواد در اندام های اصلی و تولید دانه در زمان رسیدگی و نیز اجزاء عملکرد یک رقم خاص را توضیح دهند

کاربردهای مدل سازی رشد در تولید بذر

شبیه سازی رشد گیاهان زراعی می تواند در تصمیم گیری مدیریت مزرعه با اهداف تولیدی متفاوت سودمند باشد. به عنوان مثال، تولیدکنندگان بذر را در هنگام تصمیم گیری برای مدیریت مزارع تولید بذر در شرایط اقلیمی در حال تغییر و یا برگزیدن مناطق تولید جدید پشتیبانی می نماید. تولیدکنندگان بذر گیاهان زراعی اغلب در انتخاب بهترین زمان کشت، انتخاب منطقه جدید

شکل ۳- شبیه سازی وقوع مراحل فنولوژیک رشد اینبردلاین ذرت B۷۳ توسط مؤلف. در این نمودار مربع‌ها داده‌های مشاهده شده و خط سیر مراحل فنولوژیک شبیه سازی شده را نشان می‌دهد. مرحله اول؛ سبز، مرحله دوم؛ پیدایش آغاز تاسل، مرحله سوم؛ پایان دوره جوانی، مرحله چهارم؛ ظهور سبک، مرحله پنجم آغاز پرشدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک است. تعیین زمان وقوع هر یک از مراحل رشد و نمو گیاه زراعی اطلاعات بسیار مفیدی در خصوص آمادگی برای انجام عملیات زراعی مربوط به هر مرحله مانند دوره گرده‌افشانی و تلقیح و یا رسیدگی و برداشت در اختیار تولیدکننده بذر قرار می‌دهد



لحاظ تولید بذر دارای اهمیت هستند استفاده شوند. به عنوان مثال، دانستن تاریخ گلدهی برای برنامه‌ریزی تولید کننده بذر از نظر عدم تلاقی با دوره اوج گرما و خشکی در منطقه یا مدیریت های گرده‌افشانی مانند حذف گل های تاجی، کوددهی تکمیلی، مدیریت آبیاری در ذرت ارزشمند است. علاوه بر این، موسسات نظارتی و ناظرین مزارع تولید بذر نیز می توانند برنامه‌های بازدید مزارع تولید بذر کشت شده در تاریخ‌های کشت متفاوت در مناطق مختلف را بر اساس پیش‌بینی زمان گلدهی تنظیم نمایند. این پیش‌بینی‌ها بویژه در سازمانهای با وسعت کاری زیاد که از سیستم‌های اتوماسیونی برنامه ریزی و نظارت بهره می‌گیرند سودمند و راهگشا است. نمونه‌ای از این مدل‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است

امروزه مدلسازی رشد و نمو گیاهان زراعی در کنار اطلاعات ماهواره‌ای تبدیل به فناوری نوینی برای استفاده بهینه از منابع محدود آب و خاک شده است. در حال حاضر برخی ایالت‌های امریکا مانند جورجیا، وب‌سایت‌های برای کمک به تصمیم‌گیری مدیریت مزرعه در اختیار کشاورزان راه‌اندازی نموده‌اند. در این وب

ترتیب اختصاص اراضی به محصولات مختلف با اطلاعات قابل اعتمادتری انجام شده و به سوددهی اقتصادی بیشتری منتهی می‌گردد

مدل‌های گیاهان زراعی علاوه بر پیش‌بینی عملکرد می‌توانند برای پیش‌بینی خطرات ناشی از استراتژی‌های مختلف مدیریتی در شرایط اقلیمی متفاوت و مکان‌های جدید به کار گرفته شوند. با توجه به هزینه بالای تولید بذر در مقایسه با سایر اهداف تولید مانند دانه یا علوفه و فیبر، مخاطرات برنامه‌های تولید بذر با حساسیت بیشتری روبرو است. در حال حاضر بذر بسیاری از ارقام جدید محصول دورگ‌گیری والدین اینبردلاین هستند و مدلسازی به مدیریت همزمانی فنولوژیک لاین‌های پدری و مادری و نیز مدیریت شرایط محیطی مساعد برای گرده افشانی، تلقیح و رشد و نمو جنین، برنامه تولید بذر هیبرید به سیستمی برای پشتیبانی تصمیم‌گیری‌های برنامه تولید بذر را بیشتر آشکار می‌نماید.

مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو می‌توانند به عنوان ابزارهای کارآمدی در پیش‌بینی زمان تقریبی وقوع مراحل رشدی که به

```

...//NS
...EXTENSIONS/
... Y="0PX" WIDTH="0
...RG/2/SVG" XMLNS="H
...PX" EWEREXTENSI X="0P
...WWW.W6.ORG/2000/SV
...P://WWW.0.ORG/19f
...HTTP://WWW." VIEWBO
...P://NS.A00E.C9M/AD0
...NSIONS/3.0/"VIEWBO 0
...PX" Y="0PX" WIDT="484.
...WWW.W HEIGHT="398.6PX" VIEW 0
...XMLNS:A 398.6" STYLE="ENABL
...0E.COM/ADD 0 499.9 428.6;"
...TENSIONS/3.0 XML:SPACE="P
...P://NS.A900E.C<STYLE TYPE="T
...VGVIEWERE
...PX" Y="0PX"
...="484.9PX"
...HT="398.6PX"
...EWBOX="0 0 484
...YLE="ENABLE-P
...0 0 484.9
...:SPAC
...Yr

```

منابع

- Boote, K. J., Jones, J. W., and Pickering, N. (1996) Potential uses and limitations of crop models. *Agronomy Journal*. 88, 704-716.
- Lizaso, J., Batchelor, W., and Westgate, M. (2003). A leaf area model to simulate cultivar-specific expansion and senescence of maize leaves. *Field Crops Research* 80, 1-17.
- Saseendran, S. A., Ma, L., Nielsen, D., Vigil, M., and Ahuja, L. (2005). Simulating planting date effects on corn production using RZWQM and CERES-Maize models. *Agronomy journal* 97, 58-71.
- Soltani, A. (2012). Modeling physiology of crop development, growth and yield. CABI.
- Teh, C. B. (2006). "Introduction to mathematical modeling of crop growth: How the equations are derived and assembled into a computer model," Dissertation. com.
- Tsuji, G. Y., Hoogenboom, G., and Thornton, P. K. (1998). "Understanding options for agricultural production," Springer Science & Business Media.
- Tollenaar, M., & Lee, E. A. (2011). 2 Strategies for Enhancing Grain Yield in Maize. *Plant breeding reviews*, 34, 37.
- Wang, F., Fraisse, C., Kitchen, N., and Sudduth, K. (2003). Site-specific evaluation of the CROPGRO-soybean model on Missouri claypan soils. *Agricultural Systems* 76, 985-1005.
- White, J. W., Boote, K. J., Hoogenboom, G., and Jones, P. G. (2007). Regression-based evaluation of eco-physiological models. *Agronomy journal* 99, 419-427.

سایتها، وضعیت‌های قابل پیش‌بینی رشد و عملکرد گیاه برای گزینه‌های مختلف مدیریت زراعی از جمله زمان کشت، میزان کوددهی و آبیاری شبیه‌سازی می‌شود و کشاورزان بر اساس نتایج پیش‌بینی‌ها تصمیم‌گیری می‌نمایند.

در دسترس‌ترین شیوه گردآوری داده‌های مورد نیاز مدل‌سازی رشد و تولید بذر ارقام بهره‌گیری از قابلیت طرح‌های تحقیقاتی DUS و VCU ارقام می‌باشد. در حال حاضر در فرایند معرفی، ثبت و تجاری سازی ارقام گیاهی در فهرست ملی ارقام گیاهی کشور، آزمایشات ارزش زراعی و سازگاری در چند منطقه و چند سال انجام می‌شود. با تغییراتی در پیاده سازی این آزمایشات به برنامه پژوهش و گردآوری داده‌ها، اطلاعات مورد نیاز برای مطالعات الگوی رشد و نمو و شبیه‌سازی رشد و تولید بذر امکانپذیر خواهد شد. ضرایب ژنتیکی ارقام به عنوان صفات ثابت و غیر وابسته به محیط با استفاده از نرم‌افزارهای GLUE و GEN-CALAC قابل محاسبه بوده و قابلیت استفاده در واسنجی و ایجاد مدل‌های رشد و نمو و مدل‌های تولید و عملکرد و اعتبارسنجی مدل ایجاد شده را خواهند داشت. مدل‌های ایجاد شده می‌توانند با دقت قابل قبولی هم در برنامه‌ریزی نظارت مزارع تولید بذر مورد استفاده قرار می‌گیرند و هم به عنوان ابزار قابل اعتمادی به کمک شرکت‌های تولید کننده بذر آمده و علاوه بر امکان تصمیم‌گیری مبتنی بر اطلاعات، تقویم زمان‌بندی عملیات زراعی را فراهم آورد