

تعیین ضرایب ژنتیکی برخی ارقام ذرت در ایران برای کاربرد در مدل‌های شبیه‌سازی گیاه زراعی

سجاد رحیمی مقدم^۱ - رضا دیهیم فرد^{۲*} - سعید صوفی زاده^۲ - جعفر کامبوزیا^۲ - فرهاد نظریان فیروزآبادی^۳ - حامد عینی نرگسه^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۴/۱۴

چکیده

به منظور تعیین ضرایب ژنتیکی برخی رقم‌های ذرت (*Zea mays* L.) برای کاربرد در مدل‌های شبیه‌سازی گیاه زراعی، آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۳۹۱ به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمار آزمایش شش رقم ذرت (شامل ارقام S.C767 و T.V.C704 از گروه دیررس، ارقام N.S640 و Maxima از گروه متوسط‌رس و ارقام D.C370 و Koppamy از گروه زودرس) بودند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر رقم در ضرایب وزن خشک تک ساقه، بیشینه تعداد دانه در بلال، زمان دمایی از مرحله ظهور برگ پرچم تا گلدهی، زمان دمایی از مرحله گلدهی تا رسیدگی، فیلوکرون، وزن تک دانه، بیشینه ارتفاع گیاه و کمینه درجه روز رشد برای دوره رشد رویشی معنی‌دار بود. بیشترین (۶۵۹/۴۹) و کمترین (۳۷۳/۰۲) تعداد دانه در بلال به ترتیب مربوط به ارقام S.C704 و D.C370 بود. این ارقام همچنین از نظر ضرایب وزن تک ساقه خشک، فیلوکرون و ارتفاع بوته به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. در بین ضرایب، کمینه درجه روز رشد برای دوره رشد رویشی و بیشینه تعداد دانه با عملکرد به ترتیب با ضرایب ۰/۷۲ و ۰/۸۴ بیشترین همبستگی را داشتند. نتایج نشان‌دهنده این بود که ضرایب ژنتیکی محاسبه شده در مدل‌های مختلف در بین ارقام متفاوت می‌باشد و به‌طور کلی ضرایب در دامنه‌ای که در مدل برای گروه‌های مختلف رسیدگی تعریف شده است تغییر می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: ارقام ذرت، ضرایب ژنتیکی، مدل‌های شبیه‌سازی

مقدمه

ایران نیز، این گیاه پس از گندم (*Triticum aestivum* L.)، برنج (*Oryza sativa* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی بوده و بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است. براساس آمار وزارت جهاد کشاورزی (۱۰) در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ سطح زیر کشت و متوسط عملکرد دانه این گیاه در کشور به ترتیب ۲۲۵۶۳۹ هکتار و ۷۲۸۰ کیلوگرم در هکتار بوده است.

مدل‌های شبیه‌سازی امکان مطالعه تأثیر مدیریت کشاورزی بر فعالیت‌های تولیدی در محیط‌های معین را مهیا می‌سازد (۱۷)، ۳۰ و (۳۲). این ابزارها که به صورت برنامه‌های کامپیوتری هستند با کمک به مدیریت کشاورزی، امکان تصمیم‌گیری‌های مربوط به استفاده از منابع و نهاده‌های کشاورزی را فراهم می‌سازند. این برنامه‌ها که رشد، نمو و عملکرد گیاه را پیش‌بینی می‌کنند، با اهدافی نظیر درک واکنش گیاهان زراعی به تغییرات آب و هوایی و مدیریتی (مانند آب و نیتروژن)، ارزیابی صفات فیزیولوژیک مؤثر در بهبود ژنتیکی عملکرد و کمک به تصمیم‌سازی‌ها با هدف بهینه‌سازی استفاده از منابع قابل دسترس مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این ابزارها همچنین برای

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در دنیا محسوب می‌شود به‌گونه‌ای که بعد از گندم و برنج در رتبه سوم از نظر سطح زیر کشت قرار دارد (۲۶). اهمیت این محصول و بالا بودن سطح زیر کشت آن به علت قدرت تطابق آن با شرایط گوناگون اقلیمی می‌باشد و به همین دلیل جزء عمده‌ترین محصولات مناطق معتدله، معتدله گرم، نیمه گرمسیری و مرطوب به‌شمار می‌رود (۳۸). در

۱- دانشجوی دکتری گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۲- استادیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

*- نویسنده مسئول: (Email: deihim@sbu.ac.ir)

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

با توجه به اینکه استفاده و به‌کارگیری بسیاری از مدل‌های گیاهان زراعی برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد ارقام، نیازمند در دسترس بودن ضرایب ژنتیکی مختص هر رقم می‌باشد و این ضرایب در بسیاری از موارد برای ارقام بومی کشور برآورد نشده است، لذا این تحقیق در راستای تخمین و اندازه‌گیری برخی از ضرایب مهم ژنتیکی ارقام غالب ذرت (*Zea mays L.*) برای استفاده در مدل‌های APSIM، DSSAT و GECROS اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در شهرستان خرم آباد انجام شد. شهرستان خرم‌آباد با ارتفاع ۱۱۷۰ متر از سطح دریا در طول جغرافیایی ۴۸° ۲۱' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰° ۳۲' شمالی در مرکز استان لرستان واقع شده است. آب و هوای این شهر مدیترانه‌ای معتدل و نیمه مرطوب و خاک محل آزمایش لومی رسی بود. قبل از کاشت برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، از خاک مزرعه به تفکیک عمق‌های صفر تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری گردیده و به آزمایشگاه ارسال شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

طرح آزمایشی به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمار آزمایش شش رقم ذرت (شامل ارقام T.V.C767 و S.C704 از گروه دیررس، ارقام N.S640 و Maxima از گروه متوسط‌رس و ارقام Koppany و D.C370 از گروه زودرس) بودند. هر واحد آزمایشی متشکل از شش ردیف کاشت به طول شش متر و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر بود. تراکم کاشت در ارقام زودرس، میان‌رس و دیررس به ترتیب ۷۰۰۰، ۷۵۰۰ و ۸۰۰۰ بوته در هکتار بود. بین هر کرت فاصله ۱/۵ متر به‌عنوان حاشیه منظور شد. عملیات آبیاری، کوددهی و کنترل حشرات، بیماری‌های احتمالی و علف‌های هرز به‌گونه‌ای انجام شد که هیچ‌گونه آثاری از تنش خشکی، کمبود عناصر غذایی، آفت‌زدگی، بیماری و خسارت علف هرز در ذرت مشاهده نشود و ذرت بتواند در شرایط پتانسیل رشد کند. با توجه به نتایج آزمایش خاک مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره قبل از کاشت مصرف شد. برای تأمین نیاز گیاه به نیتروژن نیز ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در سه مرحله چهار برگی، اواسط رشد رویشی (مرحله ۱۰ برگی) و تاسل‌دهی به‌صورت نواری داده شد.

به‌منظور تعیین قوه‌نامیه بذور ارقام مختلف قبل از کاشت، از روش کاغذ فیلتر استفاده شد. روش کار به این صورت بود که در شروع آزمایش کاغذ فیلتر با ۲-۱ گرم نیترات پتاسیم آغشته و مرطوب شد. بعد از آن ۱۰۰ بذر را به نمونه‌های ۴×۲۵ تقسیم شد و هر کدام را در پتری‌دیش که حاوی کاغذ فیلتر (مرطوب شده) بود گذاشته شد و در

انجام مطالعات مختلف از جمله انتخاب گیاه و رقم مناسب برای یک منطقه، تعیین خصوصیات مطلوب گیاهی، مدیریت زراعی، پیش‌بینی اثر تنوع و تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد محصول و تخمین عملکرد بالقوه استفاده می‌شود (۱۶).

کاربرد اغلب مدل‌های شبیه‌سازی نیازمند تخمین پارامترها یا ضرایبی هستند که خصوصیات هرگونه یا رقم را در مدل نشان می‌دهند. در مدل‌های شبیه‌سازی اساساً دو نوع پارامتر وجود دارد. اول پارامترهای گونه‌ای^۱ که برای همه ارقام یکسان می‌باشد و دیگر پارامترهای ژنتیکی (ضرایب ژنتیکی) هستند که در بین ارقام متفاوت می‌باشند (۴۹). برخی از مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهی از ضرایب ژنتیکی برای بیان صفات کلیدی ارقام مختلف استفاده می‌کنند. این ضرایب مربوط به ژنتیک گیاه بوده و محیط بر روی آنها تأثیری ندارد و تغییرات آنها در دامنه خاص خود می‌باشد. با این وجود عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط محیطی مختلف، علاوه بر عوامل اقلیمی و مدیریت زراعی تحت تأثیر این ضرایب نیز می‌باشد (۳۹). مقادیر این ضرایب باید قبل از استفاده، از طریق آزمایش‌های مزرعه‌ای اندازه‌گیری و یا تخمین زده شوند اما این آزمایش‌ها بسیار پرهزینه هستند (۳۶). قمری و همکاران (۸) در آزمایش شبیه‌سازی اثرات تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد، کارایی مصرف آب و نیتروژن با استفاده از مدل CERES-Maize در شرایط آب و هوایی اهواز ضرایب ژنتیکی درجه روز رشد از زمان ابریشم‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک و فیلوکرون برای رقم S.C 704 را به ترتیب ۷۰۰ و ۶۰ درجه روز رشد تخمین زدند. ماهرو کاشانی و همکاران (۹) در تحقیق خود در زمینه برآورد ضرایب ژنتیکی و ارزیابی مدل DSSAT برای ارقام گندم استان گلستان اظهار داشتند که یکی از دلایل دقت بالای پیش‌بینی فنولوژی توسط مدل ناشی از برآورد دقیق ضرایب ژنتیکی ارقام گندم بوده است. در این تحقیق ضریب ژنتیکی فیلوکرون برای چهار رقم گندم کوه‌دشت، شیروودی، تجن و زاگرس در دامنه‌ای بین ۹۲ تا ۱۰۴ درجه روز رشد به‌دست آمد. همچنین ضریب ژنتیکی بیشه تعداد دانه برای ارقام کوه‌دشت، شیروودی، تجن و زاگرس به ترتیب ۷۱۰، ۶۹۶، ۷۰۷ و ۷۲۶ دانه به‌دست آمد. لیو و همکاران (۳۴) توانایی مدل CERES-Maize برای شبیه‌سازی عملکرد و مراحل رشد ۱۰ هیبرید ذرت DINA را برای ۵ سال (از ۱۹۸۳ تا ۱۹۸۷) تحت شرایط آب و هوایی و خاکی برزیل بررسی کردند. این مدل توانست شبیه‌سازی خوبی از عملکرد تحت شرایط نرمال جوانه‌زنی داشته باشد، اما دقت شبیه‌سازی این مدل با استفاده از ضریب تعداد روز از ابریشم‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک نسبت به تعداد روز از سبز شدن تا پایان رشد مرحله جوانی بهتر بود.

روی ساقه بوته‌های علامت‌گذاری شده، شمارش شدند. سپس با استفاده از معادله (۴) سرعت ظهور برگ محاسبه شد (۲):

$$y = bx + a \quad (4)$$

در این رابطه y برابر تعداد برگ در گیاه، b سرعت ظهور برگ، x روز پس از کاشت و a برابر عرض از مبدأ می‌باشد. با سپس با معکوس کردن سرعت ظهور برگ، فیلوکرون برای هر رقم به صورت زیر محاسبه شد:

$$Phyllochron = 1 \times \text{Leaf appearance rate}^{-1} \quad (5)$$

تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها و همبستگی بین صفات با استفاده از نرم افزار آماری SAS (SAS Institute, 2001) انجام شد. برای مقایسه میانگین صفات ارقام مختلف ذرت از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ضرایب ژنتیکی مدل APSIM

مدل APSIM دارای ۱۲ ضریب ژنتیکی است که از طریق آنها می‌توان رشد و نمو مختص هر رقم را شبیه‌سازی کرد (جدول ۲). این ضرایب را می‌توان در چند گروه طبقه‌بندی کرد. برخی از آنها نمو فنولوژیک در گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (مانند زمان دمایی تجمعی از زمان گلدهی تا رسیدگی)، برخی مرتبط با دوره رشد رویشی گیاه هستند (مانند وزن خشک تک ساقه)، تعدادی از آنها بر شبیه‌سازی فرآیند گلدهی تأثیر دارند (مانند شیب فتوپریود) و مابقی ضرایب، رشد دانه و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند (مانند سرعت رشد دانه). برخی از این ضرایب را می‌توان به صورت مستقیم (از طریق انجام آزمایش) و برخی دیگر را به صورت غیر مستقیم (از طریق برآورد آنها با کمک مدل) محاسبه کرد. در تحقیق حاضر تنها ضرایبی که امکان اندازه‌گیری مستقیم آنها وجود داشت محاسبه شد.

دمای اطلاق نگهداری شدند. بعد از گذشت هفت روز تعداد بذرهاى جوانه‌زده شمارش و درصد جوانه‌زنی تعیین شد (۷). از داده‌های به‌دست آمده از مزرعه برای محاسبه و تخمین ضرایب ژنتیکی ارقام ذرت در مدل‌های مختلف استفاده شد. بر این اساس محاسبه درجه روز رشد (GDD)، با استفاده از بیشینه و کمینه دمای روزانه، دمای پایه گیاه زراعی و همچنین درجه حرارت مؤثر روزانه انجام شد (۱۸):

$$\bar{T} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \quad (1)$$

$$T_{\text{eff}} = \begin{cases} \bar{T} & T_b \leq \bar{T} < T_o \\ T_o - (T_o - T_b) \left(\frac{\bar{T} - T_o}{T_m - T_o} \right) & T_o < \bar{T} < T_m \\ T_b & \bar{T} \geq T_m > \bar{T} < T_b \end{cases}$$

(۲)

$$GDD_{\text{day}} = (T_{\text{eff}} - T_b) \quad (3)$$

که در آن‌ها T_b دمای پایه (دمایی که در کمتر از آن نمو متوقف می‌شود)، T_{eff} دمای مؤثر روزانه، T_o دمای بهینه، T_m دمای بیشینه (دمایی که در بیشتر از آن نمو متوقف می‌شود)، \bar{T} میانگین دمای روزانه و GDD_{day} درجه روز رشد روزانه می‌باشد.

به‌منظور تعیین سرعت ظهور برگ در هریک از تیمارهای آزمایشی و نیز ثبت مراحل مهم فنولوژیک ارقام ذرت (سبز شدن، ظهور برگ پرچم، تاسل‌دهی، ابریشم‌دهی، شروع پر شدن دانه، شیری شدن و بلوغ فیزیولوژیک)، در اوایل دوره رشد تعداد شش عدد از بوته‌های ذرت به‌طور تصادفی در هر واحد آزمایشی با استفاده از کاموای قرمز رنگ علامت‌گذاری شدند و تمامی یادداشت‌برداری‌ها تا انتهای دوره رشد روی این گیاهان انجام شد. برای برآورد سرعت ظهور برگ و فیلوکرون، در هر تیمار آزمایشی در طی دوره رشد رویشی به فاصله زمانی هر ۲ الی ۳ روز یکبار تعداد برگ‌های موجود

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

ویژگی‌های شیمیایی خاک							ویژگی‌های فیزیکی خاک				
فسفر	پتاسیم	آمونیم	نیترات	هدایت الکتریکی	pH	کربن آلی (%)	وزن مخصوص ظاهری خاک	رس	سیلت (%)	شن	عمق خاک (cm)
	(ppm)			(mS cm ⁻¹)		(%)	(g cm ⁻³)				
۴۱	۸۰	۶	۱۸/۴۸	۱/۴	۷/۱۸	۰/۸۱	۱/۵	۳۵	۴۳/۵	۲۱/۵	۰-۱۵
۲۰۰	۸۵	۹	۳۲/۴۶	۱/۴	۷/۱۸	۰/۶۶	۱/۵	۳۴/۵	۳۹	۲۶/۵	۱۵-۳۰
۱۳۴	۹۳	۱۴	۲۰/۶۴	۱/۴	۷/۱۸	۰/۵۱	۱/۵	۳۹/۵	۳۹	۲۱/۵	۳۰-۶۰

جدول ۲- ضرایب ژنتیکی مدل APSIM و دامنه آنها برای ارقام مختلف ذرت (۳۲)

واحد	دامنه	مخفف ضرایب	تعریف ضرایب
درجه روز رشد	۱۰-۸۰	tt_flag_to_flowering	زمان دمایی تجمعی از زمان ظهور برگ پرچم تا مرحله گلدهی
درجه روز رشد	۶۰۰-۸۰۰	tt_flower_to_maturity	زمان دمایی تجمعی از زمان گلدهی تا رسیدگی ^۱
درجه روز رشد	۳۰۰-۷۰۰	head_grain_no_max	بیشینه تعداد دانه در بالال
گرم	۳۰-۸۰	x_stem_wt	وزن خشک تک ساقه
درجه روز رشد	۲۸۵-۳۰۰	tt_emerg_to_endjuv	زمان دمایی تجمعی از زمان ظهور تا انتهای فاز جوانی
درجه روز رشد	۲۰	estt_endjuv_to_init	زمان دمایی تجمعی از انتهای فاز جوانی تا تمایز گلچه‌ها
درجه روز رشد	۱۷۰	tt_flower_to_start_grain	زمان دمایی تجمعی از زمان گلدهی تا شروع پر شدن دانه
درجه روز رشد	۱	tt_maturity_to_ripe	زمان دمایی تجمعی از زمان رسیدگی تا رسیدگی بذر
ساعت	۱۲/۵	photoperiod_crit1	فتوپریود بحرانی ۱
ساعت	۲۴	photoperiod_crit2	فتوپریود بحرانی ۲
درجه سانتی‌گراد بر ساعت	۱۰-۲۳	photoperiod_slope	شیب فتوپریود
میلی گرم در روز	۸	grain_gth_rate	سرعت رشد دانه

وزن خشک تک ساقه

قرار دارد (۳۳). ارقام دیررس و متوسط‌رس با طول دوره رویشی بیشتر دارای ارتفاع و قطر ساقه بیشتری نسبت به ارقام زودرس هستند (۲۵). همبستگی معنی‌دار بین ارتفاع ساقه و وزن خشک ساقه مؤید این موضوع می‌باشد (جدول ۴). البته در این زمینه استثنایی هم وجود دارد. به‌طور مثال اگرچه رقم T.V.C767 و رقم زودرس Koppany از نظر ارتفاع بوته نسبت به هم تفاوت معنی‌داری ندارند (رجوع شود به جدول ۸) اما رقم T.V.C767 نسبت به این رقم دارای وزن خشک بیشتر و معنی‌داری می‌باشد. از دلایل بالا بودن وزن خشک تک ساقه این رقم و پایین بودن وزن خشک تک ساقه ارقام زودرس احتمالاً تفاوت در قطر ساقه این ارقام می‌توان باشد. همبستگی معنی‌دار عملکرد دانه با وزن خشک ساقه در واقع بیانگر ارتباط قوی بین عملکرد بیولوژیک و وزن خشک ساقه و اثر غیر مستقیم آن بر روی عملکرد دانه می‌باشد (جدول ۴ و شکل ۱).

در طول دوره رشد، مواد فتوسنتزی تولید شده توسط برگ‌ها در میان ریشه، ساقه، برگ و گل توزیع می‌شوند (۲۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک تک ساقه بین ارقام ذرت در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. در بین ارقام ذرت رقم S.C704 با وزن ۹۳/۲۳ گرم و رقم D.C370 با وزن ۲۸ گرم بیشترین و کمترین وزن خشک تک ساقه را داشتند (جدول ۳).

دامنه این ضریب در مدل APSIM ۳۰ تا ۸۰ گرم می‌باشد که با توجه به رقم فرق می‌کند (۳۲). مقدار به‌دست آمده در تحقیق حاضر در بین این دامنه تغییر می‌کند. ارقام دیررس و متوسط‌رس نسبت به ارقام زودرس به علت دارا بودن طول دوره رشد رویشی بیشتر دارای ارتفاع بیشتری بوده و این از دلایل بالا بودن وزن خشک ساقه ارقام دیررس و متوسط‌رس نسبت به ارقام زودرس می‌توان باشد. به‌عبارت دیگر وزن تک ساقه ذرت تحت تأثیر دو فاکتور ارتفاع و قطر ساقه

جدول ۳- مقایسه میانگین ارقام ذرت برای ضرایب ژنتیکی مدل APSIM

ارقام	بیشینه تعداد دانه در بالال	وزن خشک تک ساقه (g)	زمان دمایی تجمعی از زمان ظهور برگ پرچم تا مرحله گلدهی (GDD)	زمان دمایی تجمعی از زمان گلدهی تا رسیدگی (GDD)
S.C704	۶۵۹/۴۹ a*	۹۳/۲۳ a	۸۶/۷ b	۸۲۶/۲۱ a
T.V.C767	۵۷۸/۱۶ ab	۸۹/۰۷ a	۱۳۴/۲۸ a	۸۴۳/۰۴ a
N.S640	۶۱۲/۱۴ a	۷۰/۱۱ b	۸۹/۷۷ b	۸۹۱/۱۲ a
Maxima	۵۲۵/۰۲ bc	۵۵/۷۹ b	۸۵/۹۸ b	۸۳۳/۱۵ a
Koppany	۴۸۳/۱۸ c	۳۶/۳۳ c	۸۲/۸۵ b	۸۳۴/۱۷ a
D.C370	۳۷۳/۰۲ d	۲۸ c	۱۰۱/۳۱ ab	۸۳۹/۰۶ a

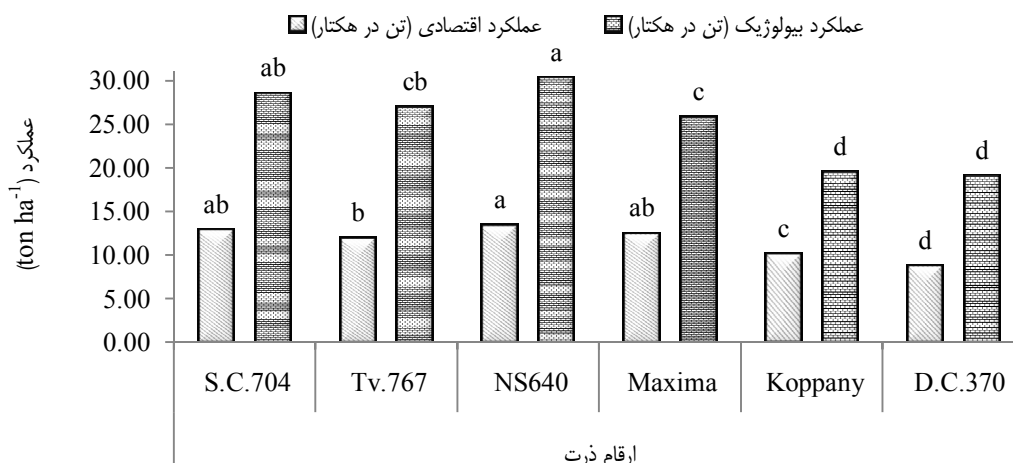
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون عدم معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD نشان می‌دهد.

۱- مرحله زمان دمایی از مرحله گلدهی تا رسیدگی در این تحقیق مجموع درجه روز رشد تجمعی از مرحله تاسل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در نظر گرفته شده است.

جدول ۴- همبستگی ضرایب ژنتیکی با برخی از صفات مهم اندازه‌گیری شده در ارقام مختلف ذرت

(۱۲)	(۱۱)	(۱۰)	(۹)	(۸)	(۷)	(۶)	(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)	
۰/۴۷*	۰/۵**	۰/۸۲**	۰/۷۲**	-۰/۷۱**	-۰/۲۴	۰/۰۷	-۰/۰۹	۰/۶۲**	۰/۵۹*	۰/۹**	۱	عملکرد اقتصادی (۱)
۰/۳۶	۰/۵۷**	۰/۸**	۰/۷**	-۰/۶**	-۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۸۱**	۰/۵۱*	۱		عملکرد بیولوژیک (۲)
-۰/۲۳	-۰/۴	۰/۰۶	۰/۱۹	-۰/۰۴	-۰/۰۴	-۰/۱۵	۰/۴	۰/۱۱	۱			وزن تک دانه (۳)
۰/۲۳	۰/۵۶*	۰/۷**	۰/۵۶*	-۰/۳۹	-۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۲۷	۱				وزن خشک تک ساقه (۴)
-۰/۳۰	-۰/۲۷	۰/۰۳	-۰/۲	۰/۲	-۰/۰۳	-۰/۰۱	۱					زمان دمایی از مرحله ظهور برگ پرچم تا گلدهی (۵)
-۰/۳۴	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۰۷	۰/۲۹	۰/۷۹**	۱						زمان دمایی از گلدهی تا رسیدگی (۶)
-۰/۴۵	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۰۷	۰/۴۶	۱							زمان دمایی از ابریشم‌دهی تا رسیدگی (۷)
-۰/۶۶**	-۰/۶۱**	-۰/۶۱**	-۰/۴۶*	۱								سرعت ظهور برگ (۸)
۰/۵۸*	۰/۲	۰/۶۷**	۱									کمینه زمان دمایی برای فاز رویشی (۹)
۰/۴۹*	۰/۵۴*	۱										بیشینه تعداد دانه در بلال (۱۰)
۰/۳۰	۱											ارتفاع بوته (۱۱)
۱												فیلوکرون (۱۲)

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح یک و پنج درصد آماری



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکردهای اقتصادی و بیولوژیک برای ارقام مختلف با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد

بیشینه تعداد دانه در بلال

عملکرد دانه غلات با تعداد دانه در واحد سطح و وزن هر دانه تعریف می‌شود که البته بیشتر به تعداد دانه وابسته است (۳۱). تعداد نهایی دانه در بلال در زمان گرده‌افشانی تعیین می‌شود و ناکافی بودن مواد فتوسنتزی برای رشد سلول‌های جنینی، اثر منفی بر تعداد دانه در بلال دارد (۴۱). نتایج این تحقیق نشان داد تأثیر رقم بر ضریب تعداد دانه در بلال در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). دامنه این ضریب در مدل APSIM بین ارقام با دوره رسیدگی مختلف متفاوت می‌باشد. با توجه به منابع مختلف دامنه‌ی این ضرایب در ارقام زودرس بین ۳۰۰ تا ۴۵۰، ارقام متوسط‌رس در دامنه‌ای بین ۴۵۰ تا ۵۵۰ و ارقام دیررس بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ دانه در بلال می‌باشد (۲۳) و

(۳۲). همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود مقدار این ضریب در ارقام مختلف، در بین دامنه‌ی معرفی شده برای این ضریب در مدل APSIM است که این تأییدی بر خاص بودن این ضریب برای هر رقم می‌باشد. در آزمایشی که توسط فوسو منسه و همکاران (۲۳) انجام شد مقدار این ضریب برای رقم زودرس Dorke و رقم متوسط‌رس Obatanpa به ترتیب ۴۲۰ و ۵۲۰ دانه در بلال به دست آمد. آناپالی و همکاران (۱۴) بیشینه تعداد دانه در بلال را در مدل CERES-Maize برای سه رقم ذرت (PI 3902، PI 3732 و PI 3540) در دامنه‌ای بین ۷۰۰-۶۰۰ دانه در بلال محاسبه نمودند. بیشترین تعداد دانه در بلال مربوط به رقم دیررس S.C704 با متوسط ۶۵۹/۴۹ دانه در بلال و کمترین آن مربوط به رقم زودرس

همکاران (۳۵) در آزمایش خود مقدار این ضریب را در مدل APSIM برای یک رقم سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) از طریق کالیبراسیون برآورد نمودند. مقدار این ضریب در آزمایش مذکور ۶۵۰ درجه روز رشد به‌دست آمد.

کلارک (۱۹) گزارش کرد زمان گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک ۴۰ تا ۴۵ روز طول می‌کشد و به گروه رسیدگی بستگی دارد که ارقام متوسط‌رس و دیررس در برابر ارقام زودرس دارای دوره رشد زایشی کوتاه‌تری هستند. ولی برعکس دوره رشد رویشی طولانی‌تری نسبت به ارقام زودرس دارند. دوایر و همکاران (۲۱) در مطالعات خود دریافتند که میزان درجه روز رشد از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در هیبریدهای دیررس بیشتر از هیبریدهای میان‌رس و زودرس است و نتیجه گرفتند که هیبریدهای دیررس طی فصل رشد به درجه روز رشد بیشتری برای تکمیل دوره رشد رویشی نیاز دارند ولی درجه روز رشد دوره رشد زایشی آنها کمتر است.

ضرایب ژنتیکی مدل DSSAT

مدل DSSAT دارای ۶ ضریب ژنتیکی برای شبیه‌سازی رشد، نمو و عملکرد ارقام ذرت است (جدول ۵). مقایسه بین ضرایب ژنتیکی دو مدل APSIM و DSSAT نشان می‌دهد که در بین ضرایب ژنتیکی، برخی مانند سرعت رشد دانه و بیشینه تعداد دانه در بلال بین این دو مدل مشترک می‌باشند. از سوی دیگر برخی ضرایب مانند وزن تک ساقه مختص مدل APSIM و بعضی دیگر مانند فاصله زمانی بین ظهور دو برگ متوالی فقط برای مدل DSSAT مورد نیاز می‌باشد. همچنین مدل APSIM از شش ضریب ژنتیکی برای شبیه‌سازی نمو فیزیولوژیک استفاده می‌کند در حالی که مدل DSSAT تنها دو ضریب را به‌کار می‌گیرد (جدول ۲ و ۵). تمامی این موارد نشان می‌دهد که سازوکارهای فیزیولوژیک به‌کار رفته در این دو مدل مکانیزم‌گرا برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاه ذرت تا حدود زیادی متفاوت است. در ادامه نتایج مرتبط با ضرایب ژنتیکی مدل DSSAT ارائه شده است و از توضیح راجع به ضرایب مشترک بین این دو مدل اجتناب گردیده است.

D.C370 با متوسط ۳۷۳/۰۲ دانه در بلال بود. نتایج نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که ارقام دیررس با داشتن طول دوره رسیدگی بالاتر دارای ظرفیت فتوسنتزی بیشتر و ساخت تعداد بیشتری مقصدهای فیزیولوژیک (تعداد دانه در بلال) می‌باشند. نتایج همبستگی بین طول دوره رویشی و تعداد دانه در بلال هم نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد (جدول ۴). محمدی و همکاران (۳۷) در بررسی خود روی ۹۰ هیبرید ذرت در هند، گزارش کردند بین هیبریدهای مختلف اختلاف معنی‌داری از نظر صفت تعداد دانه در بلال وجود دارد و این صفت را به‌عنوان صفتی که بر عملکرد دانه مؤثر می‌باشند معرفی کردند. صوفی و رازر (۴۳) گزارش کردند که بین رقم‌های ذرت، عملکرد و تعداد دانه در بلال همبستگی معنی‌داری وجود دارد. نتایج همبستگی تحقیق هم نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد (جدول ۴ و شکل ۱).

ضرایب مرتبط با نمو فیزیولوژیک در مدل APSIM

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام با توجه به زمان دمایی از مرحله ظهور برگ پرچم تا گلدهی اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد وجود دارد. رقم T.V.C767 با ۱۳۴/۲۸ درجه روز رشد و رقم Koppany با ۸۲/۸۵ درجه روز رشد بیشترین و کمترین زمان دمایی از مرحله ظهور برگ پرچم را داشتند (جدول ۳). در این بین ارقام T.V.C767 و D.C370 در یک گروه و چهار رقم دیگر با یکدیگر در یک گروه قرار گرفتند. این ضریب همبستگی معنی‌داری با سایر ضرایب و عملکرد دانه نداشت و مستقل بود (جدول ۴).

در بین ارقام رقم متوسط‌رس N.S640 با ۸۹۱/۱۲ و رقم S.C704 با ۸۲۶/۲۱ درجه روز رشد به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار زمان دمایی از مرحله گلدهی تا رسیدگی را داشتند (جدول ۳). با این وجود، بین ارقام از نظر زمان دمایی از مرحله گلدهی تا رسیدگی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و همه ارقام در یک گروه آماری قرار داشتند. تغییرات مقدار این ضریب در دامنه‌ی معرفی شده برای ارقام مختلف در مدل APSIM (۶۰۰ تا ۸۰۰ درجه روز رشد) منطقی به‌نظر می‌رسد (۳۲). فوسو منسه و همکاران (۲۳)، در تحقیق خود مقدار این ضریب را برای رقم زودرس Dorke و رقم متوسط‌رس Obatanpa به‌ترتیب ۷۰۰ و ۸۳۰ درجه روز رشد به‌دست آوردند. مک‌کارتی و

جدول ۵- ضرایب ژنتیکی مدل DSSAT و دامنه آنها برای ارقام مختلف ذرت (۲۸)

واحد	دامنه	مخفف ضرایب	تعریف ضرایب
درجه روز رشد	۷۰۰-۱۰۰۰	P_5	درجه روز رشد از زمان ابریشم‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک
-	۶۰۰-۱۰۰۰	G_2	بیشینه تعداد دانه در بلال
درجه روز رشد	۳۰-۶۰	PHINT	فاصله بین ظهور دو برگ متوالی
درجه روز رشد	۲۰۰-۳۰۰	P_1	درجه روز رشد از زمان سبز شدن تا انتهای مرحله جوانی گیاه
در هر ساعت	۱/۸	P_2	ضریب حساسیت به فتوپریود
میلی‌گرم در روز	۶-۱۰	G_3	سرعت پر شدن دانه در طول مرحله پر شدن دانه

جدول ۶- مقایسه میانگین ارقام ذرت برای ضرایب ژنتیکی مدل DSSAT

ارقام	بیشینه تعداد دانه در بلال	درجه روز رشد از زمان ابریشم‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (GDD)
S.C704	۶۵۹/۴۹ a	۷۱۹/۲۹ a
T.V.C767	۵۷۸/۱۶ ab	۷۵۵/۹ a
N.S640	۶۱۲/۱۴ a	۷۲۳/۸۵ a
Maxima	۵۲۵/۰۲ bc	۷۹۰/۶۳ a
Koppany	۴۸۳/۱۸ c	۷۶۶/۰۷ a
D.C370	۳۷۳/۰۲ d	۷۷۰/۹۶ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون عدم معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD نشان می‌دهد.

درجه روز رشد از زمان ابریشم‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک

ضریب درجه روز رشد در مدل DSSAT از ضرایب بسیار مهم برای نشان دادن طول پر شدن دانه است. در واقع این ضریب نشان‌دهنده تقاضا برای مواد پرورده توسط دانه‌ها می‌باشد (۱۵). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارقام ذرت از نظر درجه روز رشد از زمان ابریشم‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک دارای تفاوت معنی‌داری نبودند و همه ارقام در یک گروه قرار داشتند (داده‌ها ارائه نشده‌اند). در بین ارقام رقم متوسط‌طرس Maxima با ۷۹۰/۶۳ و رقم S.C704 با ۷۱۹/۲۹ درجه روز رشد به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار درجه روز رشد از زمان ابریشم‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک را داشتند (جدول ۶). همبستگی مثبت معنی‌داری بین زمان دمایی از مرحله گلدهی تا رسیدگی و زمان دمایی از ابریشم‌دهی تا رسیدگی مشاهده شد که دلیل آن این است که زمان دمایی از ابریشم‌دهی تا رسیدگی زیرمجموعه زمان دمایی از مرحله گلدهی تا رسیدگی است (جدول ۴). در این تحقیق همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه و این ضریب وجود نداشت (جدول ۴). قمری و همکاران (۸) در آزمایش خود شبیه‌سازی اثرات تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد، کارایی مصرف آب و نیتروژن با استفاده از مدل شبیه‌سازی CERES- Maize در شرایط آب و هوایی اهواز، مقدار درجه روز رشد از زمان ابریشم‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک را برای رقم دیررس S.C704 ۷۰۰ درجه روز رشد محاسبه کردند که با توجه به مقدار به‌دست آمده در این تحقیق (۷۱۹/۲۹ درجه روز رشد) رقم قابل قبولی است.

فیلوکرون

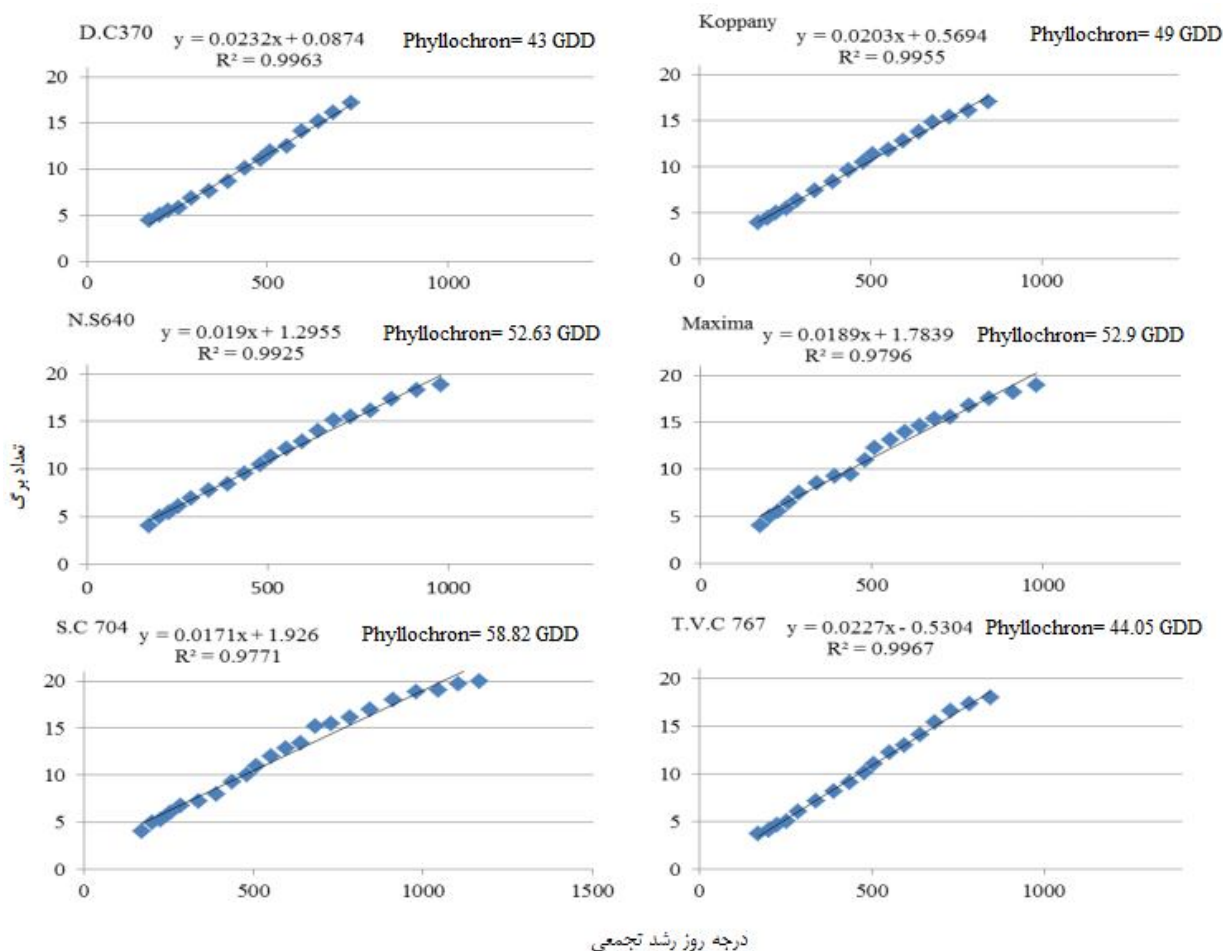
یکی از ضرایب ژنتیکی بسیاری مهم در مدل، فیلوکرون است که برای شبیه‌سازی ظهور هر برگ در مدل استفاده می‌شود (۲) و ارقام ذرت از این نظر تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر دارند. نتایج این تحقیق نشان داد که تأثیر رقم بر فیلوکرون در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین فیلوکرون برای رقم‌های مختلف نشان داد که بیشینه فیلوکرون متعلق به رقم S.C704 با ۵۸/۸۲ درجه

روز رشد بود و کمینه آن متعلق به رقم D.C370 با فیلوکرون ۴۳ درجه روز رشد بود (شکل ۲). به‌طور کلی ارقام متوسط‌طرس و رقم دیررس S.C704 در یک گروه و بیشترین فیلوکرون را داشتند در حالی که ارقام زودرس کمترین فیلوکرون را داشتند. این در حالی بود که فیلوکرون رقم T.V.C767 از ارقام متوسط‌طرس و دیررس کمتر و از رقم زودرس D.C370 بیشتر بود (شکل ۲). علت این تفاوت را می‌توان به طول دوره رشد رویشی این رقم مربوط دانست. در واقع طول دوره رشد رویشی این رقم (که با ضریب روز دمایی برای فاز رویشی رشد تعیین می‌شود، جدول ۸) نسبت به گروه متوسط‌طرس و دیررس کمتر و نسبت به گروه زودرس بیشتر بود. اختلاف فیلوکرون در بین ارقام مربوط به تعداد برگ در دوره رشد رویشی می‌باشد به‌طوری‌که با افزایش طول دوره رشد رویشی، فیلوکرون افزایش می‌یابد. نتایج همبستگی بین ضریب روز دمایی برای فاز رویشی رشد و فیلوکرون هم مؤید این موضوع می‌باشد به‌طوری‌که همبستگی بین این دو ضریب ۰/۵۸ بود (جدول ۴). دو رقم S.C704 و D.C370 به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین ضریب روز دمایی برای فاز رویشی رشد بودند (جدول ۸). سید شریفی و خاوازی (۳) گزارش کردند که بین ارقام ذرت از نظر فیلوکرون و سرعت ظهور برگ تفاوت‌هایی وجود دارد. بیشترین سرعت ظهور برگ (۰/۲۸۵ برگ در روز) به رقم S.C404 و کمترین آن (۰/۲۴۴ برگ در روز) به رقم S.C434 تعلق داشت. نتایج تحقیقات بسیاری از دانشمندان از جمله کوکس (۲۰) و تامیس و جوردن (۴۷) حاکی از آن است که فیلوکرون در بین ارقام مختلف ذرت متفاوت می‌باشد.

نتایج همبستگی بین عملکرد دانه و فیلوکرون نشان‌دهنده رابطه معنی‌دار و مثبت به این دو صفت بود (جدول ۴). مطالعات نشان‌دهنده این است که گیاهانی که توانایی تولید برگ در زمان کمتر و به‌عبارت دیگر فیلوکرون کمتری داشته باشند، توانایی دریافت تشعشع بیشتر و در نهایت عملکرد بالاتری نیز خواهند داشت. اما در این تحقیق این رابطه معنی‌دار مشاهده نشد. یکی از دلایل احتمالی شاید این باشد که فاکتورهای بسیاری روی عملکرد تأثیرگذار هستند که فیلوکرون تنها یکی از آنها است. به‌عنوان مثال گیاهانی که سرعت زوال برگ‌ها در

هستند و عملکرد دانه آنها نیز بیشتر می‌باشد (۴۴).

آنها کمتر است و دارای دوام شاخص سطح برگ بالاتری باشند دارای پتانسیل بیشتری در طول زمان در استفاده از تشعشع خورشیدی



شکل ۲- رابطه خطی بین درجه روز رشد تجمعی و تعداد برگ در ارقام ذرت مورد مطالعه و فیلوکرون

نحوه یا مکانیزم شبیه‌سازی رشد و عملکرد ارقام ذرت در این مدل هلندی با مدل‌های استرالیایی و آمریکایی متفاوت است. در ادامه به بررسی برخی از این ضرایب که برای ارقام ذرت کشور اندازه‌گیری و تخمین زده شده است، پرداخته می‌شود.

ضرایب ژنتیکی مدل GECROS

مدل GECROS دارای ۶ ضریب ژنتیکی است (جدول ۷) همانطور که در جدول ۷ ملاحظه می‌شود ضرایب به کار رفته در این مدل، کاملاً متفاوت از دو مدل دیگر است. این بدان معنی است که

جدول ۷- ضرایب ژنتیکی مدل GECROS برای ارقام مختلف ذرت (۵۰)

واحد	مخفف ضرایب	ضرایب
متر	HTMX	بیشینه ارتفاع گیاه
درجه روز رشد	MTDV	کمینه روز دمایی برای فاز رویشی رشد
درجه روز رشد	MTDR	کمینه روز دمایی برای فاز زایشی رشد
گرم	SEEDW	وزن تک دانه
گرم بر گرم	SEEDNC	غلظت استاندارد نیتروژن دانه
-	BLD	زاویه برگ با افق

وزن تک دانه

این رقم نسبت به ارقام دیگر می‌باشد. احمد و سالم (۱۲) گزارش کردند فاز رویشی تأثیر مثبتی روی عملکرد دانه دارد اما به تبع آن تعداد درجه روز رشد از گلدهی تا رسیدگی و درجه روز رشد در طول دوره رشد هم دارای اهمیت و بر روی عملکرد تأثیرگذار هستند.

بیشینه ارتفاع گیاه

بیشینه ارتفاع گیاه که یک صفت ژنتیکی می‌باشد در برخی مدل‌ها از جمله GECROS به‌عنوان یک ضریب ژنتیکی ثابت برای هر رقم، وارد مدل می‌شود. این در حالی است که در مدل‌های دیگر مورد مطالعه در این تحقیق مانند APSIM، ارتفاع گیاه یک ضریب ژنتیکی نبوده و روزانه توسط مدل شبیه‌سازی می‌شود بیشینه ارتفاع گیاه اگرچه در مدل GECROS یک ضریب ژنتیکی محسوب شده و برای هر رقم عدد ثابتی است، با این حال می‌تواند بسته به شرایط محیطی بین ۰/۳ تا ۳ متر متغیر باشد (۲۵). براساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر رقم بر بیشینه ارتفاع گیاه در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین ارقام نشان داد که رقم S.C704 با ۲۴۴/۶۷ سانتی‌متر و رقم D.C370 با ۲۰۴ سانتی‌متر به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته را داشتند. در این بین ارقام S.C704 و N.S640 در یک گروه، ارقام T.V.C767، Maxima و Koppany در یک گروه و رقم D.C370 به تنهایی در گروه دیگر قرار گرفت. روضاتی و همکاران (۴)، در شاهرود گزارش کردند بین ارقام ذرت از نظر صفت ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود دارد به‌طوری‌که رقم S.C499 با ارتفاع ۱۷۰/۸ سانتی‌متر و رقم D.C370 با ارتفاع ۱۶۳/۲ سانتی‌متر به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته را به‌خود اختصاص دادند.

مدل GECROS عملکرد دانه را از حاصلضرب تعداد دانه در متر مربع در وزن تک دانه شبیه‌سازی می‌کند. نتایج تجزیه واریانس وزن تک دانه برای ارقام مختلف نشان داد که وزن دانه در رقم‌های مختلف بسیار متفاوت بود و این اختلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین وزن دانه متعلق به رقم‌های T.V.C767 و Maxima با ۰/۳۲ گرم و کمترین آن متعلق به رقم S.C704 به میزان ۰/۲۶ گرم بود (جدول ۸). جگو و همکاران (۲۹) در آزمایش خود در رابطه با ارزیابی مدل شبیه‌سازی STICS با استفاده از پارامترهای کالیبره شده ذرت در کانادای شرقی، ضریب ژنتیکی وزن تک دانه را برای سه رقم ذرت CanMaisSE و CanMaisNE به‌ترتیب ۰/۲۹۶، ۰/۲۶ و ۰/۳۶ گرم محاسبه کردند.

وزن دانه که از اجزای عملکرد نیز به‌حساب می‌آید تحت تأثیر رقم می‌باشد (۴۲). نتایج آزمون همبستگی نشان داد که وزن دانه با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب با ضرایب ۰/۵۹ و ۰/۵۱ همبستگی معنی‌داری داشتند (جدول ۴). در غلات وزن نهایی دانه بستگی به ظرفیت مقصد دانه و دسترسی به هیدرات کربن برای پر کردن دانه دارد و ظرفیت مقصد دانه به مقدار زیادی به شرایط رشد در طول مراحل اولیه پر شدن دانه بستگی دارد (۳۱) با این وجود نسبت مبدأ به مقصد در طول دوره پر شدن دانه، وزن نهایی دانه ذرت را مشخص می‌کند (۱۶). همانطور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود ارقام دیررس و متوسط‌رس به علت اینکه دارای طول دوره رشد رویشی بیشتری هستند دارای توانایی ساخت بیشتر مواد پروده و انتقال آن در طول دوره پر شدن دانه به سمت دانه هستند. اما در بین این ارقام، در رقم دیررس S.C704 وزن تک دانه نسبت به ارقام زودرس کمتر می‌باشد. علت این موضوع می‌تواند به کوتاه بودن طول دوره پر شدن

جدول ۸- مقایسه میانگین ارقام ذرت برای ضرایب ژنتیکی مدل GECROS

ارقام	بیشینه ارتفاع گیاه (cm)	وزن تک دانه (g)	کمینه روز دمایی برای فاز رویشی رشد* (GDD)	کمینه روز دمایی برای فاز زایشی رشد** (GDD)
S.C704	۲۴۴/۶۷ a	۰/۲۶ b	۱۰۲۵/۸۱ a	۸۲۶/۲۱ a
T.V.C767	۲۱۴/۵۳ cb	۰/۳۲ a	۹۷۰/۵۳ ab	۸۴۳/۰۴ a
N.S640	۲۳۱/۱ ab	۰/۲۸ b	۱۰۰۶/۸۲ a	۸۹۱/۱۲ a
Maxima	۲۱۴/۲۲ cb	۰/۳۲ a	۱۰۲۵/۸۱ a	۸۳۳/۱۵ a
Koppany	۲۱۲/۹۷ cb	۰/۲۷ b	۸۹۹/۲۹ b	۸۳۴/۱۷ a
D.C370	۲۰۴ c	۰/۲۷ b	۸۷۶/۰۸ b	۸۳۹/۰۶ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون عدم معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون LSD نشان می‌دهد.

* کمینه روز دمایی برای فاز رویشی رشد در این تحقیق مجموع درجه روز رشد تجمعی از مرحله سبز شدن تا تاسل‌دهی در نظر گرفته شده است.

** کمینه روز دمایی برای فاز زایشی رشد در این تحقیق مجموع درجه روز رشد تجمعی از مرحله تاسل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در نظر گرفته شده است.

گروه‌های مختلف رسیدگی هیبریدهای ذرت دانه‌ای به تاریخ‌های کاشت در کرمانشاه را بررسی کردند و مشخص ساختند که ارقام ذرت از نظر تعداد روز تا ظهور تاسل با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین تعداد روز تا تاسل‌دهی به گروه هیبریدهای دیررس تعلق داشت و کمترین آن متعلق به ارقام زودرس بود. عباسی و آتیلید (۱۱) با هدف ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت بر مؤلفه‌های رویشی و گلدهی فنولوژی ذرت، سه رقم ذرت را در ۵ تاریخ کاشت در یک دوره دو ساله کشت کردند. در این آزمایش مشخص شد که زمان تاسل‌دهی به شدت تحت تأثیر رقم قرار دارد.

نتیجه‌گیری

از نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ضرایب ژنتیکی در مدل‌های مختلف در بین ارقام متفاوت می‌باشد و به‌طور کلی ضرایب در دامنه‌ای که در مدل برای گروه‌های مختلف رسیدگی تعریف شده است تغییر می‌کنند. در بین ارقام مورد مطالعه رقم S.C704 از نظر ضرایب بیشینه تعداد دانه در بلال، وزن تک ساقه خشک، فیلوکرون و ارتفاع نسبت به ارقام دیگر برتری داشت. در بین ضرایب، ضرایب ژنتیکی کمینه درجه روز رشد برای دوره رشد رویشی و بیشینه تعداد دانه با عملکرد به‌ترتیب با ضرایب ۰/۷۲ و ۰/۸۴ بیشترین همبستگی را داشتند. به‌طور کلی از ضرایب برآورد شده در این تحقیق برای ارقام غالب ذرت در کشور می‌توان در مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاه زراعی و پیش‌بینی عملکرد برای مناطق مختلف توسط این مدل‌ها استفاده کرد. لازم به ذکر است که تمامی ضرایب ژنتیکی مورد مطالعه در این تحقیق یک عدد ثابت برای هر رقم بوده و به‌عنوان یک ورودی برای اجرای مدل استفاده می‌شوند. از این رو پیشنهاد می‌شود برای نتیجه‌گیری بهتر و محاسبه دقیق‌تر ضرایب ژنتیکی، این آزمایش در تعداد سال بیشتر و حتی‌المقدور در مکان‌های مختلف تکرار شود. همچنین باید توجه داشت که برای کاربرد مدل‌ها در مناطق مختلف ضمن استفاده از این ضرایب ژنتیکی، می‌بایستی در هر منطقه، مدل مورد مطالعه اعتبارسنجی شود تا از این طریق نسبت به پیش‌بینی بهتر و دقیق‌تر مدل اطمینان حاصل شود.

نتایج آزمایش حاضر همچنین نشان داد که ارقام دیررس و متوسط‌رس با داشتن طول دوره رشد طولانی‌تر، ارتفاع بیشتری داشتند. سروای و ساین (۴۶) اکبر و همکاران (۱۳) گزارش کردند بین روز تا گلدهی و ارتفاع بوته ذرت همبستگی معنی‌داری و مثبت وجود دارد به‌طوری‌که ارقام با طول دوره رشد رویشی بیشتر دارای ارتفاع بیشتری هستند. نتایج همبستگی همچنین نشان‌دهنده ارتباط مثبت عملکرد دانه و ارتفاع بوته با ضریب ۰/۵ می‌باشد (جدول ۴). ارتباط عملکرد دانه و ارتفاع به‌وسیله بسیاری از محققین گزارش شده است (۴۶ و ۴۸).

ضرایب مرتبط با نمو فنولوژیک در مدل GECROS

در مدل GECROS از دو ضریب برای مدل‌سازی نمو فنولوژیک استفاده شده است که یکی از آنها مربوط به دوره رشد رویشی و دیگری دوره رشد زایشی است. ضریب کمینه روز دمایی برای فاز زایشی رشد در مدل GECROS با ضریب زمان دمایی از مرحله گلدهی تا رسیدگی که در مدل APSIM ذکر شد، برابر می‌باشد. مقایسه کمینه درجه روز رشد برای دوره رشد رویشی برای ارقام مختلف نشان داد بیشترین مقدار درجه روز رشد برای دوره رشد رویشی متعلق به رقم S.C704 و Maxima با ۱۰۲۵/۸۳ درجه روز رشد از گروه دیررس بود و کمترین آن متعلق به رقم D.C370 با ۸۷۶/۰۸ درجه روز رشد از گروه زودرس بود (جدول ۸). اختلاف در کمینه روز دمایی برای فاز رویشی رشد در بین ارقام مربوط به طول مختلف رسیدگی ارقام می‌باشد. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه و کمینه درجه روز رشد برای دوره رشد رویشی همبستگی معنی‌دار و مثبت با ضریب ۰/۷۲ وجود دارد (جدول ۴). این بدان معنی است که گیاهانی که توانایی دارای رشد رویشی بالاتری هستند به علت تولید مواد فتوسنتزی بیشتر دارای عملکرد بیولوژیک بالاتر و به تبع آن دارای عملکرد دانه بالاتری هستند (۲۲، ۲۷ و ۴۶). افشار و دهقان‌پور (۱) در آزمایش خود به‌منظور بررسی تاریخ کاشت بر روی ارقام جدید زودرس ذرت گزارش کردند که از لحاظ صفات فنولوژیک (روز تا تاسل‌دهی، روز تا گرده‌افشانی و روز تا رسیدن فیزیولوژیک) بین هیبریدهای موجود در آزمایش اختلاف معنی‌داری وجود داشت. چوکان و شیرخانی (۵ و ۶) در آزمایش خود، واکنش

منابع

- ۱- افشار، ا. و ز. دهقان‌پور. ۱۳۸۹. تعیین تاریخ کاشت مناسب برای ارقام جدید زودرس ذرت در کشت دوم در مناطق معتدل استان فارس. مجله به زراعی نهال و بذر ۲ (۲): ۱۹۱-۱۶۲.
- ۲- سلطانی، ا. و ب. ترابی. مدل‌سازی گیاهان زراعی، مطالعات موردی. انتشارات جهاد دانشگاهی. مشهد. ۲۳۲ ص.
- ۳- روضاتی، ن. ا. غلامی، و ح. اصغری. ۱۳۸۹. مطالعه اثرات سطوح مختلف تقسیط نیتروژن و رقم بر صفات زراعی و عملکرد ذرت دانه‌ای. مجله

- الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۴ (۲): ۱۶-۱.
- ۴- سید شریفی، ر. و ک. خاوازی. ۱۳۹۱. تأثیر پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد بر فیلوکرون و سرعت ظهور برگ ذرت (*Zea mays L.*). مجله زیست‌شناسی ایران ۲۵ (۲): ۱۹۳-۱۸۳.
- ۵- چوکان، ر. و ع. شیرخانی. ۱۳۸۹. برآورد نیاز واحدهای حرارتی برای گروه‌های مختلف رسیدگی هیبریدهای ذرت دانه‌ای در کرمانشاه. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲ (۳): ۲۸۴-۲۵۹.
- ۶- چوکان، ر. و ع. شیرخانی. ۱۳۸۹. واکنش گروه‌های مختلف رسیدگی هیبریدهای ذرت دانه‌ای به تاریخ‌های کاشت در کرمانشاه. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲ (۳): ۲۵۸-۲۳۳.
- ۷- حجازی، ا. ۱۳۷۲. تکنولوژی بذر. انتشارات دانشگاه تهران. ترجمه. ۴۴۲ ص.
- ۸- قمری، م، ب. اندرزیان، ع. بخشنده، م. قرینه، و ق. فتحی. ۱۳۸۹. شبیه‌سازی اثرات تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد، کارایی مصرف آب و نیتروژن با استفاده از مدل شبیه‌سازی CERES- Maize در شرایط آب و هوایی اهواز. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات دوم تا چهارم مرداد ماه ۱۳۸۹، دانشگاه شهید بهشتی. ص. ۲۷۳۹-۲۷۳۶.
- ۹- ماهرو کاشانی، ا. ا. سلطانی، س. گالشی و م. کلاته‌عربی. ۱۳۸۹. برآورد ضرایب ژنتیکی و ارزیابی مدل DSSAT برای ارقام استان گلستان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۳ (۲): ۲۵۳-۲۲۹.
- ۱۰- بی‌نام. آمارنامه کشاورزی. جلد اول محصولات زراعی. سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷. وزارت جهاد کشاورزی.
- 11- Abasi, S. A. A., and S. A. Atilade. 2005. Sowing-date studies on maize (*Zea mays L.*) under rainforest conditions: Effects of sowing date on the vegetative and flowering stages. Department of Plant Science Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.
- 12- Ahmad, A., and M. Saleem. 2003. Path coefficient analysis in *Zea mays L.* International Journal of Agricultural and Biological Engineering 5: 245-248.
- 13- Akbar, M., S. Shakoor, A. Hussain, and M. Sarwar. 2008. Evaluation of maize three way crosses through genetic variability, broad sense heritability, character association and path analysis. Journal of Agricultural Research 46: 39-45.
- 14- Anapalli, S. S., L. Ma, D. C. Nielsen, M. F. Vigil, and L. R. Ahuja. 2005. Simulating Planting Date Effects on Corn Production Using RZWQM and CERES-Maize Models. Agronomy Journal 97: 58-71.
- 15- Borrás, L., G. A. Slafer, and M. E. Otegui. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. Field Crops Research 86: 131-146.
- 16- Borrás, L., and M. E. Otegui. 2001. Maize kernel weight response to post – flowering source – sink ratio. Crop Science 41: 1816-1822.
- 17- Brisson, N., C. Gary, E. Justes, R. Roche, B. Mary, D. Ripoche, D. Zimmer, J. Sierra, P. Bertuzzi, P. Burger, F. Bussiere, Y. M. Cabidoche, P. Cellier, P. Debaeke, J. P. Gaudillere, C. Henault, F. Maraux, B. Seguin, and H. Sinoquet. 2003. An overview of the crop model STICS. European Journal of Agronomy 18: 309-332.
- 18- Challinor, A. J., T. R. Wheeler, P. Q. Craufurd, and D. I. F. Grimes. 2004. Design and optimization of a large-area process-based model for annual crops. Agricultural and Forest Meteorology 124: 99-120.
- 19- Clark, L. E. 1997. Grain sorghum production in the Texas rolling plains. Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center at Chillicothe-Vernon. Technical Report 97-1.
- 20- Cox, W.J. 1996. Whole plant physiological and yield response of maize to plant density. Agronomy Journal 88: 489-496.
- 21- Dwyer, L. M., L. Evanson, and R. I. Hamilton. 2003. Maize physiological traits related to grain yield and harvest moisture in mid-to short season environments. Crop Science 34: 985-992.
- 22- Ei-Shouny, K. A., O. H. Ei-Bagowly, K. I. M. Ibrahim, and S. A. Ai-Ahmad. 2005. Correlation and path analysis in four yellow maize crosses under two planting dates. Arab Universities Journal of Agricultural Research 13: 327-339.
- 23- Fosu-Mensah, B. Y., D. S. MacCarthy, P. L. G. Vlek, and E. Y. Safo. 2012. Simulating impact of seasonal climatic variation on the response of maize (*Zea mays L.*) to inorganic fertilizer in sub-humid Ghana. Nutrient Cycling in Agroecosystems 94: 255-271.
- 24- Gabrielle, B., P. Denoroy, G. Gosse, E. Justes, and M. N. Andersen. 1998b. A model of leaf area development and senescence of winter oilseed rape. Field Crops Research 57: 209-222.
- 25- Gynes-Hegy, Z., L. Kizmus, L. Zsubori, and L. C. Marton. 2002. Plant height and height of the main ear in maize (*Zea mays L.*) at different locations and different plant densities. Acta Agronomica Hungarica 50: 75-84.
- 26- Harris, D., A. Rashid, G. Miraj, M. Arif, and H. Shah. 2007. On farm seed priming with zinc sulphate solution: A cost effect way to increase the maize yields of resource-poor farmers. Field Crops Research 102: 119-127.
- 27- Hartung, R. C., C. G. Poneleit, and P. L. Cornelius. 1989. Direct and correlated responses to selection for rate and duration of grain fill in maize. Crop Science 29: 740-745.

- 28- Hoogenboom, G., J. W. Jones, C. H. Porter, P. W. Wilkens, K. J. Boote, W. D. Batchelor, L. A. Hunt, and G. Y. Tsuji, (Editors). 2003. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0. Volume 1: Overview. University of Hawaii, Honolulu, HI.
- 29- Jago, G., E. Pattey, G. Bourgeois, C. F. Drury, and N. Tremblay. 2011. Evaluation of the STICS crop growth model with maize cultivar parameters calibrated for Eastern Canada. *Agronomy for Sustainable Development* 31: 557-570.
- 30- Jones, J. W., G. Hoogenboom, C. H. Porter, K. J. Boote, W. D. Batchelor, L. A. Hunt, P. W. Wilkens, U. Singh, A. J. Gijssman, and J. T. Ritchie. 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy* 18: 235-265.
- 31- Jones, R. J., and S. R. Simmons. 1983. Effect of altered source – sink ratio on growth of maize kernels. *Crop Science* 23: 129-134.
- 32- Keating, B. A., P. S. Carberry, G. L. Hammer, M. E. Probert, M. J. Robertson, D. Holzworth, N. I. Huth, J. N. G. Hargreaves, H. Meinke, Z. Hochman, G. McLean, K. Verburg, V. Snow, J. P. Dimes, M. Silburn, E. Wang, S. Brown, K. L. Bristow, S. Asseng, S. Chapman, R. L. McCown, D. M. Freebairn, and C. J. Smith. 2003. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy* 18: 267-288.
- 33- Koester, R. P., P. H. Sisco, and C. W. Stuber. 1993. Identification of quantitative trait loci controlling days to flowering and plant height in two near isogenic lines of maize. *Crop Science* 33: 1209-1216.
- 34- Liu, W. T. H., D. M. Botner, and C. M. Sakamoto. 1989. Application of CERES-Maize model to yield prediction of a Brazilian maize hybrid. *Agricultural and Forest Meteorology* 45: 299-312.
- 35- MacCarthy, D. S., R. Sommer, and P. L. G. Vlek. 2009. Modeling the impacts of contrasting nutrient and residue management practices on grain yield of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in a semi-arid region of Ghana using APSIM. *Field Crops Research* 5063: 1-11.
- 36- Makowski, D., C. Naud, M. H. Jeffroy, A. Barbtin, and H. Monod. 2006. Global sensitivity analysis for calculating the contribution of genetic parameters to the variance of crop model prediction. *Reliability Engineering and System Safety* 91: 1142-1147.
- 37- Mohammadi, S. A., B. M. Prasanna, N. N. Singh. 2003. Sequential Path Model for Determining Interrelationships among Grain Yield and Related Characters in Maize. *Crop Science* 43: 1690-1697.
- 38- Paliwal, R. L. 2000. Introduction to maize and its importance. In: FAO, 2000. Tropical maize improvement and production. Rome, Italy.
- 39- Roman-Paoli, E., S. M. Welch, and R. L. Vanderlip. 2000. Comparing genetic coefficient estimation methods using the CERES-Maize model. *Agricultural Systems* 65: 29-41.
- 40- SAS Institute, 2001. SAS System, eighth ed. SAS Inst, Cary, NC.
- 41- Sinclair T., R. D. M. Bennetto, and R. O. Muchow. 1990. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. *Crop Science* 30: 690-693.
- 42- Slafer, G. A., D. P. Calderini, and D. J. Mirrales. 2000. Yield components and compensation in wheat: Opportunities for further increasing. Proceedings of a workshop held in Ciudad Obregon, Sonora, Mexico, Pp. 101-133.
- 43- Sofi, P. A. and A. G. Rather. 2007. Studies on genetic variability, correlation and path analysis in maize (*Zea mays* L.). *Maize Genetics Cooperation Newsletter* 81: 26-27.
- 44- Soltani, A., and S. Galeshi. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment: experimentation and simulation. *Field Crops Research* 77: 17-30.
- 45- Soltani, A., M.J. Robertson, Y. Mohammad-Nejad, and A. Rahemi-Karizaki. 2006a. Modeling chickpea growth and development: leaf production and senescence. *Field Crops Research* 99: 14-23.
- 46- Srivas, S. K., and U. P. Singh. 2004. Genetic variability, character association and path analysis of yield and its component traits in forage maize (*Zea mays* L.). *Range management and Agroforestry* 25: 149-153.
- 47- Thomison, P. R., and D. M. Jordan. 1995. Plant population effects in corn hybrids differing in ear growth habitat and prolificacy. *Journal of Production Agriculture* 8: 394-400.
- 48- Wali, M. C., P. M. Salimath, M. Prashanth, and S. I. Harlapur. 2006. Studies on character association as influenced by yield, starch and oil in maize (*Zea mays* L.). *Karnataka Journal of Agricultural Research* 19: 932-935.
- 49- Wallach, D., S. Buis, P. Lecharpentier, J. Bourges, P. Clastre, M. Launay, J. E. Bergez, M. Guerif, J. Soudais, and E. Justes. 2011. A package of parameter estimation methods and implementation for the STICS crop-soil model. *Environmental Modelling and Software* 26: 386-394.
- 50- Yin, X., and H. H. Van Laar. 2005. Crop Systems Dynamics: An ecophysiological model of genotype-by-environment interactions (GECROS). Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 168 pp.