

واحدهای حرارتی مورد نیاز گروههای مختلف ذرت (*Zea mays* L.)

بر اساس شاخص های حرارتی در منطقه مشهد

رجب چوکان^{۱*} و هادی حسن زاده مقدم^۲

تاریخ دریافت: ۸/۲/۸۹

تاریخ پذیرش: ۳/۹/۸۹

چکیده

تعداد بیست هیبرید داخلی و خارجی ذرت (*Zea mays* L.) در پنج گروه رسیدگی در طی دوسال (۱۳۸۶ و ۱۳۸۷) در منطقه مشهد مورد مطالعه قرار گرفتند. بمنظور ایجاد محیطهای مختلف و امکان برآورد نیاز گرمائی هر یک از هیبریدها، از دو تاریخ کاشت (۱۵ اردیبهشت و ۳۰ اردیبهشت) استفاده گردید. نتایج حاصل نشان داد که هر دو شاخص GDD و CHU برآورد قابل قبولی از واحدهای گرمائی مورد نیاز هیبریدهای مربوط به گروههای مختلف رسیدن را برآورد کرده و گروه بندی مشابهی را برای این هیبریدها ارائه می نمایند. هر دو سیستم تغییراتی را در گروه بندی برخی هیبریدها براساس نیاز حرارتی ایجاد نمودند. مقدار GDD مورد نیاز تا رسیدن بر خلاف GDD مورد نیاز تا گلدهی گروههای مختلف رسیدگی FAO را تا حد زیادی از یکدیگر تفکیک نمود. بطور کلی هیبریدهای دیررس GDD بیشتری در دوره پرشدن دانه دریافت نمودند. مقدار CHU مورد نیاز تا گلدهی بیش از گلدهی تا رسیدن بود. مقدار CHU دریافتی در دوره زایشی با افزایش گروه رسیدگی، افزایش نشان داد. بطور کلی با در نظر گرفتن نتایج تقریباً مشابه در هر دو سیستم، با توجه به سادگی محاسبات می توان از شاخص GDD جهت گروه بندی هیبریدهای ذرت بر اساس نیاز حرارتی در منطقه سرد معتدل استفاده نمود.

واژه های کلیدی: تاریخ کاشت، گروه رسیدگی، واحدهای گرمائی

مقدمه

در کشت های دیرهنگام هدف این است که محصول بتواند از باقیمانده فصل رشد طوری استفاده کند که قادر باشد به طور معمول به مرحله رسیدن فیزیولوژیکی برسد. تصمیم بر اینکه چه زمانی بایستی از ارقام با گروه رسیدگی زودتر استفاده شود بایستی براساس رتبه بندی هیبرید براساس واحدهای حرارتی مورد نیاز و برآورد واحدهای حرارتی باقیمانده تا آخر فصل انجام گیرد (Nielsen et al., 1994). تولیدکنندگانی که ذرت را به صورت زود هنگام کشت می کنند نگران سرمای دیررس، ظهور ضعیف و رشد زود هنگام بوته هستند. تولیدکنندگانی که ذرت را دیرهنگام کشت می کنند نمی دانند از کدام هیبریدهای بلوغ نسبی استفاده کنند و از نوع تأثیر کاشت دیرهنگام بر عملکرد و رطوبت نهایی دانه بی اطلاع هستند (Lauer et al., 1999). کاشت زود هنگام هیبریدهای تمام فصل به طور گسترده ای

پیشنهاد می شود زیرا در این صورت می توان از کل فصل رشد استفاده کرد. همچنین قبل از اینکه رشد بوته به خاطر یخبندان متوقف شود، بلوغ فیزیولوژیکی حاصل شده و ذرت در زمین زراعی تاحدودی خشک می شود که همین امر موجب افزایش حاشیه سود می شود (Gupta, 1985). تصمیم گیری در کشت رقم خاص از نظر گروه رسیدن در ذرت در یک منطقه بویژه زمانی که به هر دلیلی کشت با تاخیر اتفاق می افتد (که بالطبع باعث کوتاه شدن فصل رشد باقیمانده می گردد) از مسائل بسیار مهم می باشد. چنین تصمیم گیری در خصوص انتخاب هیبرید مناسب از نظر گروه رسیدن، نیازمند تعیین ویژگی های مورد نیاز فصل رشد هیبریدهای ذرت است (Nielsen et al., 1994). گروه بندی بر اساس تعداد روز به علت فقدان دقت ناشی از تغییرات محیطی از سالی به سال دیگر و از منطقه ای به منطقه دیگر و تأثیر آنها بر تعداد روزهای از کاشت تا رسیدن، کارایی لازم را ندارد (Montieth, 1984). در یک مطالعه از کل نیاز حرارتی هیبریدهای تحت بررسی در کشت های تأخیری (اوایل ژوئن) در مقایسه با کشت های زود (اوایل مه) به طور متوسط ۱۴۴ درجه روز رشد کاسته شده است. واکنش هیبریدها نیز در این بررسی متفاوت بود و

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد.

(Email: r_choukan@spii.ir)

(*- نویسنده مسئول)

کاهش، ولی با تأخیرهای بیشتر افزایش نشان داده است. مطالعات انجام شده در کانادا سیستم GDD برآورد مطمئنی را از زمان حرارتی مورد نیاز برای رشد رویشی فراهم کرد (کاشت تا ظهور کاکل) (Dwyer et al., 1999a,b). در این مطالعات برآوردهای زمان گرمایی موردنیاز برای دوره پر شدن دانه (ظهور کاکل تا رسیدن به طور قابل توجهی متغیر بوده است و معمولاً برآوردها براساس GDD برای این دوره بیش از واقعیت بوده است. دویر و همکاران (Dwyer et al., 1999 a) شاخص گرمایی عمومی را معرفی کردند که براساس ترکیب واکنش گرمایی دو منحنی برای دوره رویشی و زایشی ذرت قرار دارد و می‌تواند دقیق‌تر از روش GDD باشد. این روش نیازمند اطلاعات قبلی از تاریخ‌های گلدهی (ظهور کاکل) است. رسیدن هیبریدها برای تجمع درجه روزهای رشد (GDDs) از کاشت تا ظهور کاکل یا تشکیل لایه سیاه دانه متغیر می‌باشد (Nielsen et al., 1994). هیبریدهای با رسیدگی نسبی زودتر، در مقایسه با هیبریدهای دیررس‌تر نیازمند درجه روز رشد کمتری بر اساس رسیدن به مرحله ظهور کاکل یا تشکیل لایه سیاه دانه می‌باشند. متاسفانه استفاده از درجه روز رشد برای انتخاب گروه رسیدن هیبریدها در کشت‌های دیرنگام بدون مشکل نمی‌باشد. رابطه بین تجمع درجه روز رشد و فنولوژی ذرت ممکن است تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گیرد. گیلومر و راجرز (Gilmore & Rogers, 1958) در بررسی کشت‌های تأخیری در تگزاس اثری بر روی فاصله کاشت تا اواسط ظهور کاکل مشاهده نکردند. دینارد (Daynard, 1972) مشاهده کرد که تأخیر در کاشت در اونتاریو فواصل گرمایی از کاشت تا اواسط ظهور کاکل را افزایش و فاصله گرمایی بین اواسط ظهور کاکل تا تشکیل لایه سیاه دانه را کاهش می‌دهد. محققان دیگری نیز گزارش کرده اند که فواصل گرمایی بین کاشت تا تشکیل لایه سیاه با تأخیر در کاشت در مینوسوتا کاهش می‌یابد (Sutton & Stucker, 1974). رات و یاکوم (Roth & Yocum, 1997) گزارش کردند که تأخیر در کاشت مقدار درجه روز رشد مورد نیاز را برای تشکیل لایه سیاه دانه در سه هیبرید مشابه در سال بعد با شرایط تنش کمتر، افزایش داده است. در نبراسکا فاصله گرمایی بین کاشت تا تشکیل لایه سیاه نیز در هیبرید ذرت دندان اسبی (B73 × MO17) با تأخیرهای اولیه کاهش ولی بعد از آن با تأخیر بیشتر افزایش یافته است (Stevens et al., 1986).

این مطالعه بمنظور بررسی اثر تاریخ کاشت بر نیاز حرارتی گروههای مختلف رسیدگی هیبریدهای ذرت و گروه بندی هیبریدها بر اساس نیاز حرارتی انجام گردید.

مواد و روش ها

در این تحقیق از هیبرید داخلی و خارجی در پنج گروه رسیدگی

ژنوتیپ‌های دیررس کاهش بیشتری در این زمینه از خود نشان دادند (Nielsen et al., 2002). پیش‌تر از این محققان گزارش داده بودند که استفاده از شاخص روز تا رسیدن در توصیف مراحل فنولوژیکی رشد چندان قابل اطمینان نیست و لذا روش‌ها و سیستم‌های متعددی جهت پیش‌بینی سرعت رشد و نمو هیبریدهای ذرت ارائه شده‌است (Nielsen et al., 1994). یکی از قدیمی‌ترین سیستم‌ها در سال ۱۹۳۶ در مینه‌سوتای ایالات متحده ارائه شد. بر اساس این سیستم، تعداد روزهای موردنیاز جهت رسیدن به مرحله گل‌دهی و درنهایت رسیدن محصول بود. در این سیستم، رطوبت دانه در زمان برداشت تعیین‌کننده گروه رسیدن بوده و هر پنج روز تفاوت در رسیدن هیبریدهای ذرت، به‌عنوان تفاوت معنی‌دار جهت طبقه‌بندی این هیبریدها مورداستفاده قرار می‌گرفت. چندی بعد سازمان خواروبار جهانی در سال ۱۹۵۴ سیستمی را جهت طبقه‌بندی هیبریدهای ذرت ارائه کرد که از آن تحت عنوان گروه‌های رسیدگی فائو نام برده می‌شود و هم‌اکنون در بسیاری از کشورهای اروپایی به‌عنوان سیستم رایج در تعیین رسیدگی هیبریدهای ذرت مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sutton & Stucker, 1974). شاخص‌های حرارتی در مقایسه با سیستم‌های مبتنی بر تعداد روز قابلیت بالاتری در پیش‌بینی دقیق سرعت رشد و نمو هیبریدهای ذرت دارند (Shaykewich, 1995). از شاخص‌های حرارتی مرسوم می‌توان به شاخص‌های درجه روز رشد (GDD) و واحدهای حرارتی محصول (CHU) اشاره کرد. شاخص ایده‌آل شاخصی است که تعداد واحدهای حرارتی یک ژنوتیپ مشخص برای رسیدن به مرحله مشخصی از رشد را در طول دوره های مورد مطالعه ثابت برآورد کند. شاخص‌های فعلی زمان گرمایی موردنیاز برای رشد رویشی (بازه زمانی میان کاشت و کاکل‌دهی) را به صورت قابل اعتماد برآورد می‌کنند، اما مطالعات نشان داده‌اند که زمان گرمایی مورد نیاز برای پر شدن دانه (بازه زمانی میان کاکل‌دهی و بلوغ) بسته به مکان و سال تغییر می‌کند (Major et al., 1983; Plett, 1992). GDD در اکثر موارد، واحدهای حرارتی موردنیاز برای پر شدن دانه را بیش از حد واقعی برآورد می‌کند (Dwyer et al., 1996). این امر در سال‌هایی با دمای کمتر از مطلوب به صورت خاصی مشهود است؛ در این سال‌ها برآوردهای بلوغ با استفاده از GDD ممکن است چند صد واحد حرارتی بیشتر از مقدار واقعی باشد (Roth & Yocum, 1997).

دینارد (Daynard, 1972) در کشت دیرنگام مشاهده کرد که واحد حرارتی بین کاشت تا اواسط ظهور کاکل‌ها تا تشکیل لایه سیاه کاهش یافت. واحد حرارتی بین کاشت تا رسیدن فیزیولوژیک در ذرت هیبرید دندان اسبی B73 × MO17 در تأخیر کشت‌های اولیه

1. Growth degree days (GDD)
2. Crop heat units (CHU)

در زمان برداشت، درصد چوب بلال و درصد رطوبت دانه اندازه‌گیری شده و در نهایت عملکرد دانه بر مبنای ۱۴٪ رطوبت تعیین شد. با در نظر گرفتن هر یک از مراحل فنولوژیکی ثبت شده در هر هیبرید در هر یک از تاریخهای کاشت با توجه به داده‌های درجه حرارت حداکثر، حداقل و متوسط روزانه، نیاز حرارتی هر رقم در هر گروه رسیدگی بر اساس سیستم‌های GDD و CHU بطور جداگانه و بر اساس معادلات ۱ تا ۴ محاسبه شدند:

$$GDD = \sum \left[\left(\frac{T_{MAX} - T_{MIN}}{2} \right) - T_{base} \right] \quad (1 \text{ معادله})$$

در این معادله، T_{max} ، حداکثر دمای روزانه؛ T_{min} ، حداقل دمای روزانه و T_{base} ، دمای پایه رشد بود. دمای پایه رشد (T_{base}) برای دوره مشخصی از کاشت تا رسیدن معمولاً ۱۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود. که در این پژوهش نیز اعمال شد. علاوه بر این، درجه حرارت پائین‌تر از ۱۰ و بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد غیرمؤثر تلقی شده و درجه حرارت‌های بالاتر از ۳۰ برابر با ۳۰ و درجه حرارت‌های پائین‌تر از ۱۰ برابر ۱۰ در نظر گرفته شد (Plett, 1992).

برای محاسبه CHU (Brown & Bootsma, 1993) واحد گرمایی روزانه (CHU_{day}) و شبانه (CHU_{night}) به‌طور جداگانه محاسبه (معادلات ۲ و ۳) و سپس CHU بر اساس معادله ۴ محاسبه شد.

$$CHU_{day} = 3/33(T_{max} - 10) - 0/084(T_{max} - 10)^2$$

واحد گرمایی روزانه (معادله ۲)

$$CHU_{night} = 1/8(T_{min} - 4/4)$$

واحد گرمایی شبانه (معادله ۳)

$$CHU = \frac{CHU_{day} + CHU_{night}}{2}$$

واحدهای گرمایی مورد نیاز (معادله ۴)

برای درجه روز رشد (GDD) تا گلدهی و رسیدن فیزیولوژیک و همچنین واحدهای گرمایی مورد نیاز محصول (CHU) تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک معنی دار است (جدول ۲). اثر تاریخ کاشت برای کلیه شاخص‌ها معنی دار می‌باشد. اثر متقابل تاریخ کاشت × هیبرید برای درجه بندی روز رشد (GDD) و واحدهای گرمایی مورد نیاز تا رسیدن فیزیولوژیک معنی دار می‌باشد. بررسی میانگین هیبریدها برای درجه روز رشد تا گلدهی (GDD) نشان داد که هیبریدهای دیررس بالاترین مقدار GDD را تا گلدهی بخود اختصاص داده اند که در این بین هیبرید KSC700 بالاترین مقدار این شاخص را در این

۲۰۰ و ۳۰۰ (KSC250، KSC260، DC370 و KSC320)، ۴۰۰ (BC404، OSSK444، OSSK499 و KSC400)، ۵۰۰ (BC504، OSSK552، NS540 و KSC500)، ۶۰۰ (OSSK602، BC678، BC666 و KSC647) و ۷۰۰ (KSC704، KSC700، KSC713 و OSSK720) در منطقه طرق مشهد استفاده شد. ایستگاه تحقیقاتی طرق مشهد در طول جغرافیائی ۵۶/۶ درجه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۶/۲ درجه شمالی و در ارتفاع ۹۸۵ متر متر از سطح دریا قرار دارد. بمنظور ایجاد شرایط مختلف جهت برآورد نیاز حرارتی از دو تاریخ کاشت (۱۵ اردیبهشت و ۳۰ اردیبهشت) استفاده شد. بطوریکه تاریخ های کاشت بعنوان عامل اصلی و هیبریدها بعنوان عامل فرعی بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در طی دو سال (۱۳۸۶ و ۱۳۸۷) مورد مطالعه قرار گرفتند. هر گروه از هیبریدها نیز در تراکم معمول و توصیه شده خود کشت شدند بطوریکه گروه ۷۰۰ در تراکم ۷۰ هزار، گروه ۶۰۰ در تراکم ۷۰ هزار، گروه ۵۰۰ در تراکم ۷۴ هزار، گروه ۴۰۰ در تراکم ۷۵ هزار و گروه ۲۰۰ و ۳۰۰ نیز در تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار کشت شدند. بدین ترتیب که هر هیبرید در ۱۶ کپه‌های با فاصله خطوط ۷۵ سانتیمتر کشت گردیدند. بمنظور دستیابی به تراکم مورد نظر در هر گروه رسیدگی، فاصله کپه‌ها در گروههای ۷۰۰ و ۶۰۰ برابر ۳۸ سانتیمتر، در گروههای ۵۰۰ و ۴۰۰ برابر ۳۵/۵ سانتیمتر و در گروههای ۲۰۰ و ۳۰۰ برابر ۳۳ سانتیمتر در نظر گرفته شدند. در هر یک از تاریخ های کاشت برای هر کدام از هیبریدها، تاریخ سبز شدن، تاریخ ظهور کاکل و تاریخ رسیدن فیزیولوژیک (هر سه روز یکبار) ثبت گردیده و

پس نیاز حرارتی هر مرحله برای ورود به مرحله بعد تعیین و در نهایت نیاز حرارتی برای رسیدن محصول تعیین شد. نیاز حرارتی سیستم‌های مختلف با استفاده از نرم افزار MSTATC مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفته و میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفتند. در نهایت پایدارترین سیستم در تعیین نیاز حرارتی تعیین شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس دو ساله (۱۳۸۶ و ۱۳۸۷) نشان داد که اثر هیبرید

گروه دارا می باشد (جدول ۳). هیبریدهای KSC720 و KSC704 با میانگین حدود ۱۰۴۷ درجه روز رشد در گروه مشابه ای قرار گرفتند. چهار هیبرید OSSH713، OSSH602، BC678 و OSSH552 علی‌رغم اینکه به گروه‌های رسیدگی FAO مختلفی تعلق دارند، جزء هیبریدهای با GDD مورد نیاز بالا قرار می‌گیرند. هیبریدهای OSSH552 و NS540 نیز بایستی به این گروه اضافه گردند. این دو هیبرید در گروه بندی اولیه بر اساس FAO در گروه رسیدگی FAO500 قرار دارند. در گروه بعدی مجموعه ای از هیبریدهای در گروه رسیدگی FAO500، FAO600، FAO400 و FAO300 قرار گرفتند. این مسئله در مورد گروه آخر یعنی زود گل‌ترین گروه نیز کم و بیش دیده می‌شود. این مسئله نشان می‌دهد که GDD مورد نیاز برای گلدهی در بین و داخل گروه‌های رسیدگی و مستقل از گروه‌های اصلی زودرسی متفاوت می‌باشد. تنها مورد استثنا در این گروه بندی این است که بطور کلی هیبریدهای دیررس، دیرگل نیز هستند و GDD بالاتری را تا مرحله گلدهی لازم دارند. این مسئله در خصوص هیبریدهای دیررس متوسط رس نیز صدق می‌کند، ولی با کاهش گروه رسیدگی، تنوع GDD مورد نیاز تا گلدهی در داخل گروه‌ها افزایش یافته و روند مشخص را که مرتبط با گروه رسیدگی باشد نشان نمی‌دهد.

استفاده از درجه روز رشد برای انتخاب گروه رسیدن هیبریدها در کشت‌های دیرهنگام بدون مشکل نمی‌باشد و رابطه بین تجمع درجه روز رشد و فنولوژی ذرت ممکن است تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گیرد (Nielsen et al., 1994).

نکته قابل توجه این است که واحدهای گرمایی محصول (CHU) مورد نیاز تا گلدهی نتایج کاملاً مشابه درجه روز رشد تا گلدهی را نشان می‌دهد بطوریکه گروه بندی هیبریدها برای GDD و CHU مورد نیاز تا گلدهی کاملاً مشابه است و هر دو سیستم در گروه بندی هیبریدها بر اساس دوره سبز شدن تا گلدهی نتایج مشابه ای را نشان می‌دهند (جدول ۳).

در بررسی میانگین هیبریدها برای GDD مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک هیبریدهای دیررس و دیررس-متوسط رس بالاترین مقدار GDD مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک را بخود اختصاص داده‌اند، در حالیکه گروه‌های زودرس کمترین مقدار این شاخص را بخود اختصاص داده‌اند (جدول ۳). دویر و همکاران (Dwyer et al., 2003) در مطالعات خود دریافتند که میزان GDD از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در هیبریدهای دیررس بیشتر از هیبریدهای میان‌رس و زودرس است و نتیجه گرفتند که هیبریدهای دیررس طی فصل رشد GDD بیشتری برای تکمیل دوره رشد رویشی نیاز دارند ولی GDD دوره رشد زایشی آنها کمتر است. لذا سرعت پر شدن دانه در هیبریدهای دیررس بیشتر از هیبریدهای میان‌رس و زودرس

خواهد بود. بر خلاف GDD مورد نیاز تا گلدهی، GDD تا رسیدگی فیزیولوژیک توانسته است تمام گروه‌های رسیدگی FAO را بخوبی از یکدیگر تفکیک نماید. در این شاخص نیز استثنائاتی وجود دارد. بطوریکه هیبریدهای OSSH602 و BC678 علی‌رغم اینکه به گروه FAO600 تعلق دارند از نظر GDD مورد نیاز برابر گروه FAO700 می‌باشند. براساس اطلاعات حاصله بنظر می‌رسد گروه بندی اولیه این هیبریدها در گروه FAO600 اشتباه باشد، هر چند اثرات طول روز ناشی از تفاوت طول و عرض جغرافیایی در کشور مبداء نیز می‌تواند علت این تفاوت باشد. همچنین هیبرید KDC370 علی‌رغم گروه بندی اولیه در گروه FAO300 در این بررسی در گروه FAO400 قرار می‌گیرد. هیبریدهای BC504، OSSH444 و KSC250 بر خلاف گروه بندی اولیه FAO آنها، در گروه FAO300 قرار گرفتند. در مقایسه GDD مورد نیاز برای دوره تا گلدهی و همچنین تا رسیدگی فیزیولوژیک میتوان نتیجه گرفت که بطور کلی در کلیه گروه‌های رسیدن، GDD مورد نیاز برای دوره سبز شدن تا گلدهی بیش از دوره گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک است (جدول ۳). با این حال هیبریدهای دیررس GDD بیشتری در دوره پر شدن دانه دریافت نموده‌اند (گلدهی تا رسیدن فیزیولوژیک). کمترین مقدار GDD در دوره زایشی به هیبریدهای KSC260 و KSC320 تعلق دارد. مقدار GDD دریافتی در دوره ی زایشی با افزایش گروه رسیدگی هیبرید افزایش نشان می‌دهد (جدول ۳). تعدادی از محققین اعلام کرده بودند که زمان گرمائی لازم برای پر شدن دانه بسته به زمان و مکان و سال تغییر می‌کند (Major et al., 1983; Plett, 1992).

بررسی اثر متقابل تاریخ کاشت × هیبرید از نظر GDD مورد نیاز برای گلدهی و همچنین تا رسیدگی فیزیولوژیک (جدول ۴) نشان می‌دهد که GDD مورد نیاز تا گلدهی در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول افزایش جزئی نشان می‌دهد که معنی‌دار نمی‌باشد. این مسئله در مورد GDD مورد نیاز تا رسیدن برعکس بوده و در اکثر هیبریدها در تاریخ کاشت دوم کاهش جزئی دیده می‌شود. بررسی GDD مورد نیاز دوره زایشی نشان می‌دهد که GDD دریافتی در این دوره در هیبریدهای زودرس ثابت بوده است در حالیکه در سایر هیبریدها روند مشخصی در گروه‌های مختلف دیده نمی‌شود، بطوریکه در برخی از هیبریدها GDD مورد نیاز در دوره زایشی از تاریخ کاشت اول به دوم ثابت، در برخی افزایش و در برخی دیگر کاهش نشان می‌دهد (جدول ۴). سایر محققین با انجام آزمایشاتی رابطه نزدیکی را بین واحدهای دمائی تجمعی از کاشت تا گلدهی و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک گزارش کرده بودند (Carter & Ponleit, 1973; Derieux & Bonhomme, 1982a,b).

در هیبریدهای KSC704 و KSC720 و همچنین هیبریدهای متوسط رس KSC647، BC666، BC678 و OSSH602 مقدار GDD مورد نیاز دوره زایشی از تاریخ کاشت اول به دوم کاهش نشان

است. با این حال، هیبریدهای دیررس و سپس هیبریدهای دیررس-متوسط رس در مقایسه با سایر گروهها مقدار CHU بیشتری را در دوره گلدهی تا رسیدن دریافت نموده اند. استوارت و همکاران (Stewart et al., 1998) در ارائه معادلات توابع واکنش دمائی اعلام کردند که داده های حاصل از سیستم GDD و CHU بویژه زمانی که دما کمتر از ۱۵ درجه سانتی گراد باشد متفاوت خواهد بود.

کمترین مقدار CHU دریافتی در دوره زایشی مربوط به هیبریدهای KSC260 و KSC320 میباشد. مقدار CHU دریافتی در دوره زایشی با افزایش گروه رسیدگی هیبریدها افزایش یافته است. با این حال هیبرید BC504 حالت خاص داشته و بر خلاف گروه رسیدگی مربوطه، مقدار واحد گرمایی دریافتی آن در دوره زایشی کمتر بوده است. این هیبرید در دوره تا گلدهی نیز نسبت به گروه اولیه خود یعنی FAO500 واحدهای گرمایی نسبتاً کمتری دریافت کرده است. تعدادی از محققین با انجام آزمایش‌هایی رابطه نزدیکی را بین واحدهای دمائی تجمعی از کاشت تا گلدهی و کاشت تا رسیدگی (Carter & Poneleit, 1973; Derieux & Bonhomme, 1982a,b).

بررسی اثر متقابل هیبرید× تاریخ کاشت برای CHU مورد نیاز نشان می‌دهد که بطور کلی واحدهای گرمایی مورد نیاز تا گلدهی (CHU) در گروههای مختلف رسیدگی از تاریخ کاشت اول به تاریخ کاشت دوم کاهش می‌یابد (جدول ۵). مقدار واحد گرمایی مورد نیاز تا رسیدن فیزیولوژیک بطور کلی از تاریخ کاشت اول به تاریخ کاشت دوم روند کاهش دارد. این مسئله در خصوص هیبریدهای گروه FAO500 بر عکس بوده و در هیبریدهای BC504، OSSK552 و KSC500 مقدار واحد گرمایی (CHU) مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک از تاریخ کاشت اول به دوم روند افزایشی دارد.

می‌دهد. بطور کلی با احتساب ۱۰۰ درجه روز رشد از کاشت تا سبز شدن، میتوان هیبریدهای مختلف را بر اساس نیاز حرارتی در گروههای مختلف بشرح جدول ۱ قرار داد.

بررسی میانگین هیبریدها برای واحدهای گرمایی مورد نیاز محصول (CHU) تا گلدهی نشان می‌دهد که این صفت روند کاملاً مشابه ای با درجه روز رشد مورد نیاز (GDD) دارد، بطوریکه هیبریدهای دیررس بالاترین مقدار CHU مورد نیاز را تا گلدهی با میانگین حدود ۲۱۵۰ واحد گرمایی بخود اختصاص داده اند (جدول ۳). هیبریدهای OSSK552 و NS540 علیرغم اینکه در گروه بندی اولیه در گروه FAO500 قرار دارند، همراه با هیبریدهای گروه FAO600 با میانگین CHU مورد نیاز تا گلدهی برابر ۲۰۷۰ واحد گرمایی از نظر نیاز گرمایی تا گلدهی در گروه هیبریدهای با نیاز گرمایی متوسط تا زیاد قرار گرفتند. بطور مشابه با GDD مورد نیاز تا گلدهی، در گروههای بعدی مجموعه ای از هیبریدهای در گروههای مختلف رسیدگی FAO500، FAO400، FAO300 و FAO200 قرار گرفتند. کمترین واحدهای گرمایی (CHU) مورد نیاز جهت گلدهی در این بررسی به هیبریدهای OSSK444 و KSC400 تعلق دارد. بطور کلی با کاهش گروه رسیدگی، تنوع نیاز حرارتی تا گلدهی در داخل گروهها افزایش یافته و روند مشخصی را در ارتباط با گروه رسیدگی نشان نمیدهد. پلت (Plett, 1992) و ماژور و همکاران (Major et al., 1983) اعلام کردند که زمان گرمائی لازم برای پر شدن دانه بسته به زمان، مکان و سال تغییر می‌کند.

در بررسی میانگین واحدهای گرمایی محصول (CHU) مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک، روند کاملاً مشابه ای با درجه روز رشد (GDD) مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک وجود دارد (جدول ۳). بطور کلی، در کلیه گروه های رسیدگی، مقدار CHU مورد نیاز برای دوره سبز شدن تا گلدهی بیش از دوره گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک

جدول ۱ - گروه بندی رسیدگی هیبریدهای ذرت براساس GDD مورد نیاز برای رسیدن در منطقه مشهد

Table 1- Maturity classification of corn hybrids based on GDD (Growth Degree Day) to maturity, in Mashhad conditions

گروه رسیدن Maturity group	درجه روز رشد GDD	هیبریدهای گروه Hybrids in group
زودرس Early maturity	1710-1760	KSC260 KSC320
زودرس - متوسط رس Early - Medium maturity	1761-1810	KSC250 BC504 OSSK444 DC370 BC404
متوسط رس Medium maturity	1811-1860	OSSK499 KSC400
متوسط - دیررس Medium-Late maturity	1861-1910	KSC500 OSSK552 KSC647 NS540 BC666
دیررس - متوسط رس Late-medium maturity	1911-1960	KSC704 OSSK713 OSSK602 BC673 KSC720
دیررس Late maturity	1961-2010	KSC700

جدول ۲- میانگین مربعات تجزیه واریانس مرکب دو ساله (۸۷ - ۱۳۸۶) GDD و CHU در هیبریدهای ذرت در منطقه مشهد
 Table 2- Mean squares of 2-years combined analysis variance of Growth Degree Day (GDD) and Crop Heat Units (CHU) for different corn hybrids in Mashhad conditions (2007-08)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درجه روز رشد تا گلدهی GDD to flowering	درجه روز رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک GDD to physiological maturity	واحدهای گرمائی تا گلدهی CHU to flowering	واحدهای گرمائی تا رسیدگی فیزیولوژیک CHU to physiological maturity
سال Year (Y)	1	805667.263**	1472001.119**	2509006.286**	5669050.029**
تکرار (سال) Rep./Y	4	1649.731	1616.724	6716.428 ^{ns}	8270.877
تاریخ کاشت Planting Date(D)	1	772.570*	25963.577*	59001.389*	124308.450*
تاریخ کاشت × سال D×Y	1	458.160 ^{ns}	50328.145**	7023.694 ^{ns}	113309.254 ^{ns}
خطا (a) Error (a)	4	751.241	2332.345	3079.249	14387.781
هیبرید Hybrid (H)	19	23655.938**	69340.161**	96978.871**	357402.511**
هیبرید × سال H×Y	19	1864.172*	4785.162**	7582.162*	22959.480*
هیبرید × تاریخ کاشت H×D	19	714.091 ^{ns}	4933.715**	2887.067 ^{ns}	21801.783*
هیبرید × تاریخ کاشت × سال H×D×Y	19	753.575 ^{ns}	3776.679*	3136.342 ^{ns}	20494.047*
خطا (b) Error(b)	152	988.105	2249.757	4039.903	12026.221

^{ns}, * و **: بترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪
 ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

حرارتی GDD و CHU و شباهت نسبی گروه بندی هیبریدها در هر دو سیستم، با در نظر گرفتن سادگی محاسبات GDD، روش درجه روز رشد جهت گروه بندی نیاز حرارتی هیبریدهای ذرت در مناطق سرد و سرد معتدل قابل توجیه است.

با مقایسه مقادیر بدست آمده از دوره تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، مشخص می گردد که مقدار واحد گرمایی مورد نیاز در دوره زایشی در گروههای دیررس از تاریخ کاشت اول به تاریخ کاشت دوم روند کاهشی دارد (جدول ۳). گوپتا (Gupta, 1985) در بررسی اثر تاریخ کاشت بر ذرت اعلام کرد که در کشت دیر هنگام دمای جمعی دریافتی در دوره ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک کاهش می یابد. بنظر می رسد نیاز گرمایی این گروه از هیبریدها در تاریخ کاشت دوم تأمین نشده و دچار مشکل می باشد در حالیکه در سایر گروهها این مقدار حالت افزایش نشان می دهد. در این بین برخی هیبریدها حالت استثناء دارد بطوریکه هیبرید NS540، KSC400، OSSK499 و بالاخره KDC370 روند کاهشی نشان می دهد.

نتیجه گیری

بطور کلی با توجه به نتایج بدست آمده از هر دو سیستم شاخص

جدول ۳ - مقایسه میانگین دو ساله (۸۷ - ۱۳۸۶) هیبریدهای ذرت برای صفات مختلف در منطقه مشهد
 Table 3-2-years means comparison (2007-08) of corn hybrids for different characteristics in mashhad conditions.

نام هیبرید Hybrid	درجه روز رشد تا گلدهی GDD to flowering	درجه روز رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک GDD to physiological maturity	واحد های گرمایی تا گلدهی CHU to flowering	واحد های گرمایی تا رسیدگی فیزیولوژیک CHU to physiological maturity
KSC 260	946.7	ghij*	1949.	ghij
KSC 250	956.8	fg	1969.	fg
KSC 320	972.0	efg	2000.	efg
KDC 370	933.0	hij	1921.	hij
BC 404	964.4	efgh	1985.	efgh
OSSK 444	922.3	ij	1900.	ij
OSSK 499	962.6	efgh	1981.	efgh
KSC 400	919.7	j	1894.	j
BC 504	960.3	fgh	1976.	fgh
OSSK 552	1016.	Bcd	2088.	bcd
NS 540	1008.	Cd	2073.	cd
KSC 500	966.9	efgh	1990.	efgh
OSSK 602	1033.	abc	2124.	abc
BC 678	1026.	bcd	2109.	bcd
BC 666	992.6	def	2041.	def
KSC 647	998.6	cde	2054.	cde
KSC 704	1045.	ab	2148.	ab
KSC 700	1067.	a	2192.	a
OSSK 713	1034.	abc	2126.	abc
KSC 720	1049.	ab	2156.	ab

* میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری با هم ندارند.
 * Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% level of probability using DMRT

جدول ۴- مقایسه میانگین دو ساله (۸۷ - ۱۳۸۶) هیبریدهای ذرت برای صفت GDD تا گلدهی و رسیدن فیزیولوژیک در منطقه مشهد
 Table 4- Growth Degree Day (GDD) means comparison of corn hybrids from planting to flowering and physiological maturity in Mashhad conditions in 2 years (2007-08)

هیبریدها Hybrids	Planting Date				تاریخ کاشت			
	To flowering		تا گلدهی		To physiological maturity		تا رسیدگی فیزیولوژیک	
	May, 5 th	۱۵ اردیبهشت	May, 20 th	۳۰ اردیبهشت	May, 5 th	۱۵ اردیبهشت	May, 20 th	۳۰ اردیبهشت
KSC260	942.7	mnpq*	950.6	lmnopq	1604	q	1631	pq
KSC250	960.9	ijklmnopq	952.7	klmnopq	1680	mnpq	1676	mnpq
KSC320	977.5	fghijklmno	966.6	ghijklmnopq	1659	nopq	1644	opq
KDC370	926.8	opq	939.1	nopq	1708	jklmnop	1694	lmnop
BC404	958.5	jklmnopq	970.3	ghijklmnop	1706	jklmnop	1711	ijklmnop
OSSK444	926.4	opq	918.3	pq	1695	lmnop	1702	klmnop
OSSK499	961.3	ijklmnopq	963.8	hijklmnopq	1755	fghijklm	1692	lmnop
KSC400	910.7	q	928.7	opq	1720	hijklmno	1715	hijklmnop
BC504	947.9	lmnopq	972.6	ghijklmnop	1673	mnpq	1690	lmnop
OSSK552	1017.	abcdefghi	1015.	bcdefghij	1774	efghijkl	1796	bcdefgh
NS540	998.8	defghijklm	1018.	abcdefghgh	1792	cdefghi	1783	defghijk
KSC500	953.2	klmnopq	980.7	efghijklmno	1735	ghijklmn	1795	bcdefgh
OSSK602	1037.	abcd	1030	abcdef	1873	abc	1832	abcdef
BC678	1022.	abcdefg	1029	abcdef	1878	ab	1819	bcdefg
BC666	977.2	fghijklmno	1008	bcdefghijk	1823	abcdef	1784	defghijk
KSC647	995.6	defghijklmn	1002	cdefghijkl	1843	abcde	1771	efghijkl
KSC704	1057	abc	1034	abcde	1854	abcde	1788	defghij
KSC700	1072	a	1061	ab	1873	abc	1867	abcd
OSSK713	1037	abcd	1031	abcdef	1865	abcd	1812	bcdefg
KSC720	1058.	ab	1040	abcd	1902	a	1796	bcdefgh

* میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری با هم ندارند.

* Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% level of probability using DMRT.

جدول ۵- مقایسه میانگین دو ساله (۸۷ - ۱۳۸۶) هیبریدهای ذرت برای صفت CHU تا گلدهی و رسیدن فیزیولوژیک در منطقه مشهد
 Table 5- Crop Heat Units (CHU) means comparison of corn hybrids from planting to flowering and physiological maturity in Mashhad conditions in 2 years (2007-2008)

هیبریدها Hybrids	Planting Date				تاریخ کاشت			
	To flowering		تا گلدهی		To physiological maturity		تا رسیدگی فیزیولوژیک	
	May, 5 th	۱۵ اردیبهشت	May, 20 th	۳۰ اردیبهشت	May, 5 th	۱۵ اردیبهشت	May, 20 th	۳۰ اردیبهشت
KSC260	1960	hijkl*	1937	jkl	3315	r	3346	qr
KSC250	1997	fghijk	1942	ijkl	3473	mnpqr	3439	nopqr
KSC320	2030	efghij	1970	hijkl	3429	opqr	3371	pqr
KDC370	1928	jkl	1914	kl	3533	ijklmnopq	3479	lmnopqr
BC404	1992	ghijk	1977	hijkl	3525	jklmnopq	3521	jklmnopq
OSSK444	1927	jkl	1872	l	3503	klmnopqr	3494	lmnopqr
OSSK499	1998	fghijk	1964	hijkl	3629	fghijklmn	3489	lmnopqr
KSC400	1895	kl	1893	kl	3555	hijklmnop	3530	jklmnopq
BC504	1971	hijkl	1982	hijkl	3457	nopqr	3473	mnpqr
OSSK552	2110	bcdef	2067	cdefgh	3672	defghijkl	3735	bcdefgh
NS540	2073	cdefgh	2073	cdefgh	3709	bcdefghij	3692	cdefghijk
KSC500	1981	hijkl	1998	fghijk	3590	ghijklmno	3728	bcdefgh
OSSK602	2151	abcd	2097	bcdefg	3885	abc	3828	abcde
BC678	2121	abcde	2096	bcdefg	3897	ab	3791	abcdef
BC666	2030	efghij	2053	cdefghi	3773	abcdefg	3694	cdefghijk
KSC647	2067	cdefgh	2040	defghij	3819	abcdef	3660	efghijklm
KSC704	2191	ab	2106	bcdefg	3847	abcde	3713	bcdefghij
KSC700	2222	a	2162	abc	3890	ab	3932	a
OSSK713	2151	abcd	2101	bcdefg	3867	abcd	3775	abcdefg
KSC720	2194	ab	2118	abcde	3954	a	3725	bcdefghi

* میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری با هم ندارند.

* Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% level of probability using DMRT.

منابع

- 1- Brown, D.M., and Bootsma, A.1993. Crop heat units for corn (*Zea mays* L.) and other warm season crops in Ontario. Ont Minist. Agriculture Food Factcheet, Agdex 111/31. ISSN No. 0225-7882. Ontario Ministry of Agriculture and food, Queens park, ON.
- 2- Carter, M.W., and Poneleit, C.G. 1973. Black layer maturity and filling period variation among inbred lines of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science* 13(4): 436-439.
- 3- Daynard, T.B. 1972. Relationships among black layer formation, grain moisture percentage, and heat unit accumulation in corn. *Agronomy Journal* 64: 716-719.
- 4- Derieux, M., and Bonhomme, R. 1982a. Heat unit requirements for maize hybrids in Europe. Results from the European FAO sub-network: I. Sowing to silking period *Matautu* 27: 59-77.
- 5- Derieux, M., and Bonhomme, R. 1982b. Heat unit requirements for maize hybrids in Europe. Results from the European FAO sub-network: II. Period from silking to maturity. *Matautu* 24: 79-96.
- 6- Dwyer, L.M., Evanson, L., and Hamilton, R.I. 2003. Maize physiological traits related to grain yield and harvest moisture in mid to shortseason environments. *Crop Science* 34: 985-992.
- 7- Dwyer, L.M., Stewart, D.W., Carrigan, L., Neave, B.L. Ma, P., and Balchin, D. 1999a. A general thermal index for maize. *Agronomy Journal* 91: 946-949.
- 8- Dwyer, L.M., Stewart, D.W., Carrigan, L., Neave, B.L. Ma, P., Balchin, D. 1999b. Guidelines for comparisons among different maize maturity rating systems. *Agronomy Journal* 91: 946-949.
- 9- Dwyer, L.M., Stewart, D.W., Ma, P., Carrigan, L. 1996. Performance of a revised thermal index. [Abstract from can.Soc.Agro- meteorol.At Agric.Inst.of Canada Annu.Meet., Lthbridge, AB]. *Canadaian Journal of Soil Sicense*76: 559.
- 10- Gilmore, E.C., and Rogers, J.S. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agronomy Journal* 50: 611-615.
- 11- Gupta, S.C. 1985. Predicting corn planting dates for maboord and no-tillage in the corn belt. *Agronomy Journal* 77: 446-455.
- 12- Lauer, J.G., Carter, P.R., Wood, T.M., Daniel, G.D., Robert, W., Rand, E., and Mlynarek, M.J. 1999. Corn hybrid response to planting date in the northern Corn Belt. *Agronomy Journal* 91:834-839.
- 13- Major, D.J., Brown, D.M., Bootsma, A., Dupuis, G., Fairey, N.A., and Grant, E.A. 1983. An evaluation of the corn heat unit sestem for the short–season growing regions across Canada. *Canadaian Journal of Plant Sicense* 63:121-130.
- 14- Montieth, J. L. 1984. Consistency and convience in the choice of units for agricultural science. *Experimental Agriculture Journal* 20: 117-125.
- 15- Nielsen, R.L., P.R. Thomison, G.A. Brown, A.L. Halter, Wells, J., and Wuethrich, K.L. 2002. Delayed planting effects on flowering and grain maturation of dent corn. *Agronomy Journal* 94: 549-558.
- 16- Nielsen, R.L., Thomison, P.R., Brown, G.A., and Halter, A.L. 1994. Hybrid maturity selection for delayed planting: Do GDD maturity ratings help? P. 191-205. In: Rep. Annual Corn and Sorghum Industry Res. Conf., 49th, Chicago. 7-8 Dec. 1994. American Seed Trade Association, Washigton, DC.
- 17- Plett, S. 1992. Comparison of seasonal thermal indices for measurement of corn maturity in a prairie environment. *Canadaian Journal of Plant Sicense* 72: 1157-1162.
- 18- Roth, G.W., and Yocum, J.O. 1997. Use of hybrid growing degree day ratings for corn in the northeastern USA. *Journal of Production Agriculture* 10: 283-288.
- 19- Shaykewich, C.F. 1995. An appraisal of cereal crop phenology model- ling. *Canadaian Journal of Plant Sicense* 75:329-341.

- 20- Stevens, E.J., Stevens, S.J., Flowerday, A.D., Gardner, C.O., and Eskridge, K.M. 1986. Phenology of dent corn and pop corn: III. Improved crop development models. *Agronomy Journal* 78: 885-891.
- 21- Stewart, D.W., Dwyer, L.M., and Carrigan, L. 1998. Phenological temperature response of maize. *Agronomy Journal* 90:73-76.
- 22- Sutton, L.M., and Stucker, R.E. 1974. Growing degree days to black layer compared to Minnesota relative maturity rating of corn hybrids. *Corn Science* 14:408-412.
- 23- Troyer, A. F. 1993. Breeding Early Corn. pp. 341-395. In: A.R. Hallauer (ed.). *Specialty Corns*. CRC Press. Inc.
- 24- Wang, J.Y. 1960. A Critique of the heat unit approach to plant response studies. *Ecology* 4:758-790.