نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۹، ص. ۲۸۶-۲۷۷

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 2, Summer 2010, p. 277-286

واحدهای حرارتی مورد نیاز گروههای مختلف ذرت (*Zea mays* L.) بر اساس شاخص‌های حرارتی در منطقه مشهد

رجب چوکان[1*] و هادی حسن زاده مقدم[2]

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۸
تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۳

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 می‌توان از شاخص GDD جهت گروه بندی هیبریدهای ذرت بر اساس نیاز حرارتی در منطقه سرد معتدل استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت،گروه رسیدگی، واحدهای گرمائی

مقدمه

در کشت‌های دیرهنگام هدف این است که محصول بتواند از باقیمانده فصل رشد طوری استفاده کند که قادر باشد به‌طور معمول به مرحله رسیدن فیزیولوژیکی برسد. تصمیم بر اینکه چه زمانی بایستی از ارقام با گروه رسیدگی زودتر استفاده شود بایستی براساس رتبه‌بندی هیبرید براساس واحدهای حرارتی موردنیاز و برآورد واحدهای حرارتی باقیمانده تا آخر فصل انجام گیرد (Nielsen et al., 1994). تولیدکنندگانی که ذرت را به‌صورت زودهنگام کشت می‌کنند نگران سرمای دیررس، ظهور ضعیف و رشد زودهنگام بوته هستند. تولیدکنندگانی که ذرت را دیرهنگام کشت می‌کنند نمی‌دانند از کدام هیبریدهای بلوغ نسبی استفاده کنند و از نوع تأثیر کاشت دیرهنگام بر عملکرد و رطوبت نهایی دانه بی‌اطلاع هستند (Lauer et al., 1999). کاشت زودهنگام هیبریدهای تمام‌فصل به طور گسترده‌ای پیشنهاد می‌شود زیرا در این صورت می‌توان 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 می‌شود که همین امر موجب افزایش حاشیهٔ سود می‌شود (Gupta, 1985). تصمیم‌گیری در کشت رقم خاص از نظر گروه رسیدن در ذرت در یک منطقه بویژه زمانی که به هر دلیلی کشت با تاخیر اتفاق می‌افتد (که بالطبع باعث کوتاه شدن فصل رشد باقیمانده می‌گردد) از مسائل بسیار مهم می‌باشد. چنین تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب هیبرید مناسب از نظر گروه رسیدن، نیازمند تعیین ویژگی‌های 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 تاثیر آنها بر تعداد روزهای از کاشت تا رسیدن ، کارایی لازم را ندارد (Montieth, 1984). در یک مطالعه از کل نیاز حرارتی هیبریدهای تحت‌بررسی در کشت‌های تأخیری (اوایل ژوئن) درمقایسه با کاشت‌های زود (اوایل مه) به‌طور متوسط ۱۴۴ درجه روز رشد کاسته شده‌است. واکنش هیبریدها نیز در این بررسی متفاوت بود و

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذرکرج و مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد.
(*- نویسنده مسئول: Email: r_choukan@spii.ir)

ژنوتیپ‌های دیررس کاهش بیشتری در این زمینه ازخود 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 قابل‌اطمینان نیست و لذا روش‌ها و سیستم‌های متعددی جهت پیش‌بینی سرعت رشد و نمو هیبریدهای ذرت ارایه شده‌است (Nielsen et al., 1994). یکی از قدیمی‌ترین سیستم‌ها در سال ۱۹۳۶ در مینه‌سوتای ایالات متحده ارایه 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 ارایه 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[1]) و واحدهای حرارتی محصول (CHU[2]) اشاره کرد. شاخص ایده‌آل شاخصی است که تعداد واحدهای حرارتی یک ژنوتیپ مشخص برای رسیدن به مرحلهٔ مشخصی از رشد را در طول دوره های مورد مطالعه ثابت برآورد کند. شاخص‌های فعلی زمان گرمایی موردنیاز برای رشد رویشی (بازهٔ 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 (بازهٔ 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 دیرهنگام 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 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) به‌طور 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 دیرهنگام بدون مشکل نمی‌باشد. رابطه بین تجمع درجه روز رشد و فنولوژی ذرت ممکن است تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گیرد. گیلمور 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 تاخیر 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 تاخیر 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 (B_{73} × 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

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

۲۰۰ و ۳۰۰ (KSC260، KSC250، KSC320 و DC370)، ۴۰۰ (BC404، OSSK444، OSSK499 و KSC400)، ۵۰۰ (BC504، OSSK552، NS540 و KSC500) ، ۶۰۰((OSSK602، BC678، BC666 و KSC647)و ۷۰۰ (KSC704، KSC700، OSSK713 و KSC720) 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 گشت 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 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:

$$GDD = \sum\left[\left(\frac{T_{MAX} - T_{MIN}}{2}\right) - T_{base}\right] \qquad \text{(معادله ۱)}$$

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، درجه‌حرارت پائین‌تر از ۱۰ و بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد غیرمؤثر تلقی شده و درجه‌حرارت‌های بالاتر از ۳۰ برابر با ۳۰ و درجه‌حرارت‌های 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)

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

واحدهای گرمائی مورد نیاز (معادله ۴)

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 (۱۳۸۷ و۱۳۸۶) نشان داد که اثر هیبرید 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 شاخص ها معنی دار می باشد. اثر متقابل تاریخ کاشت × هیبرید برای درجه بندی روز رشد (GDD) و واحدهای گرمایی مورد نیاز تا رسیدن فیزیولوژیک معنی‌دار می‌باشد. بررسی میانگین هیبریدها برای درجه روز رشد تا گلدهی (GDD) نشان دادکه هیبریدهای دیررس بالاترین مقدارGDD را تا گلدهی بخود اختصاص داده اند که در این بین هیبریدKSC700 بالاترین مقدار این شاخص را در این

گروه دارا می باشد (جدول ۳). هیبریدهایKSC720 وKSC704 با میانگین حدود ۱۰۴۷ درجه روز رشد در گروه مشابه ای قرار گرفتند. چهار هیبریدOSSK713 ،OSSK602 ،BC678 وOSSK552 علی رغم اینکه به گروههای رسیدگیFAO مختلفی تعلق دارند، جزء هیبریدهای باGDD مورد نیاز بالا قرار می گیرند. هیبریدهایOSSK552 وNS540 نیز بایستی به این گروه اضافه گردند. این دو هیبرید در گروه بندی اولیه بر اساسFAO در گروه رسیدگیFAO500 قرار دارند. در گروه بعدی مجموعه ای از هیبریدهای در گروه رسیدگی FAO600 ،FAO500، FAO400،FAO300 وFAO200 قرار گرفتند. این مسئله در مورد گروه آخر یعنی زود گل ترین گروه نیز کم و بیش دیده می شود. این مسئله نشان می دهد کهGDDمورد نیاز برای گلدهی در بین و داخل گروههای رسیدگی و مستقل از گروههای اصلی زودرسی متفاوت می باشد. تنها مورد استثنا در این گروه بندی این است که بطور کلی هیبریدهای دیررس، دیرگل نیز هستند وGDD 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 کشت های 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 نتایجی کاملاً مشابه درجه روز رشد تا گلدهی را نشان میدهد بطوریکه گروه بندی هیبریدها برایGDD وCHU 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 می دهند (جدول ۳).

در بررسی میانگین هیبریدها برایGDD مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک هیبریدهای دیررس و دیررس- متوسط رس بالاترین مقدارGDD مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک را بخود اختصاص داده- اند، در حالیکه گروههای زودرس کمترین مقدار این شاخص را بخود اختصاص داده اند (جدول ۳). دویر و همکاران ,.Dwyer et al) (2003 در مطالعات خود دریافتند که میزان GDD ازکاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در هیبریدهای دیررس بیشتر از هیبریدهای میان‌رس و زودرس است ونتیجه 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 خلافGDD مورد نیاز تا گلدهی،GDD تا رسیدگی فیزیولوژیک توانسته است تمام گروههای رسیدگی FAO را بخوبی از یکدیگر تفکیک نماید. در این شاخص نیز استثناتی وجود دارد. بطوریکه هیبریدهای OSSK602وBC678 علی رغم اینکه به گروه FAO600 تعلق دارند از نظرGDD مورد نیاز برابر گروهFAO700 می باشند. براساس اطلاعات حاصله بنظر می‌رسد گروه بندی اولیه این هیبریدها در گروهFAO600 اشتباه باشد، هر چند اثرات طول روز ناشی از تفاوت طول و عرض جغرافیائی در کشور مبداء نیز می‌تواند علت این تفاوت باشد. همچنین هیبریدKDC370 علی رغم گروه بندی اولیه در گروهFAO300 در این بررسی در گروه FAO400 قرار می گیرد. هیبریدهایOSSK444،BC504 و KSC250 بر خلاف گروه بندی اولیهFAO آنها، در گروهFAO300 قرار گرفتند. در مقایسهGDD 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 دیررسGDD بیشتری در دوره پرشدن دانه دریافت نموده اند(گلدهی تا رسیدن فیزیولوژیک). کمترین مقدارGDD در دوره زایشی به هیبریدهای KSC260 وKSC320 تعلق دارد. مقدارGDD 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 وسال تغییر می‌کند (Major et al.,1983; Plett, 1992).

بررسی اثر متقابل تاریخ کاشت × هیبرید از نظرGDD مورد نیاز برای گلدهی و همچنین تا رسیدگی فیزیولوژیک (جدول ۴) نشان می دهد که GDDمورد نیاز تا گلدهی در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول افزایش جزئی نشان می دهد که معنی دار نمی باشد. این مسئله در مورد GDD مورد نیاز تا رسیدن برعکس بوده و در اکثر هیبریدها در تاریخ کاشت دوم کاهش جزئی دیده می شود. بررسیGDD مورد نیاز دوره زایشی نشان می دهد که GDD دریافتی در این دوره در هیبریدهای زودرس ثابت بوده است در حالیکه در سایر هیبریدها روند مشخصی در گروه های مختلف دیده نمی شود، 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 می دهد (جدول ۴). سایر محققین با انجام آزمایشاتی رابطه نزدیکی را بین واحدهای دمائی تجمعی از کاشت تا گلدهی و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی گزارش کرده بودند (Carter & .Poneleit,1973; Derieux & Bonhomme,1982a,b)

در هیبریدهای KSC704 وKSC720 و همچنین هیبریدهای متوسط رسKSC647 ،BC666،BC678 وOSSK602 مقدارGDD مورد نیاز دوره زایشی از تاریخ کاشت اول به دوم کاهش نشان

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 می دهد که این صفت روند کاملاً مشابه ای با درجه روز رشد مورد نیاز (GDD) دارد، بطوریکه هیبریدهای دیررس بالاترین مقدارCHU مورد نیاز را تا گلدهی با میانگین حدود ۲۱۵۰ واحد گرمایی بخود اختصاص داده اند (جدول ۳). هیبریدهای OSSK552 وNS540 علیرغم اینکه در گروه بندی اولیه در گروه FAO500 قرار دارند، همراه با هیبریدهای گروه FAO600 با میانگینCHU 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 باGDD مورد نیاز تا گلدهی، در گروههای بعدی مجموعه ای از هیبریدهای در گروههای مختلف رسیدگیFAO500 ،FAO400، FAO300 وFAO200 قرار گرفتند. کمترین واحدهای گرمایی (CHU) مورد نیاز جهت گلدهی در این بررسی به هیبریدهایOSSK444 وKSC400 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 می کند.

در بررسی میانگین واحدهای گرمایی محصول (CHU) مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، 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، مقدارCHU مورد نیاز برای دوره سبز شدن تا گلدهی بیش از دوره گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک است. با این حال، هیبریدهای دیررس و سپس هیبریدهای دیررس- متوسط رس در مقایسه با سایر گروهها مقدارCHU 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 مقدارCHU دریافتی در دوره زایشی مربوط به هیبریدهایKSC260 وKSC320 میباشد. مقدارCHU دریافتی در دوره زایشی با افزایش گروه رسیدگی هیبریدها افزایش یافته است. با این حال هیبریدBC504 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 آزمایش‌هائی رابطه نزدیکی را بین واحدهای دمائی تجمعی از کاشت تا گلدهی و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی گزارش کرده بودند (Carter & Poneleit,1973; Derieux & Bonhomme,1982a,b).

بررسی اثر متقابل هیبرید× تاریخ کاشت برایCHU مورد نیاز نشان می‌دهد که بطورکلی واحدهای گرمایی مورد نیاز تا گلدهی (CHU)در گروههای مختلف رسیدگی از تاریخ کاشت اول به تاریخ کاشت دوم کاهش می یابد (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 وKSC500 مقدار واحد گرمایی (CHU) مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک از تاریخ کاشت اول به دوم روند افزایشی دارد.

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 - ۱۳۸٦) 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	458.160ns	50328.145**	7023.694 ns	113309.254ns
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	714.091ns	4933.715**	2887.067 ns	21801.783*
هیبرید × تاریخ کاشت × سال H×D×Y	19	753.575ns	3776.679*	3136.342ns	20494.047*
خطا (b) Error(b)	152	988.105	2249.757	4039.903	12026.221

ns، * و **: بترتیب غیر معنی دار و معنی دار درسطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

با مقایسه مقادیر بدست آمده از دوره تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، مشخص می‌گردد 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 تجمعی 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 KSC400، NS540، OSSK499 و بالاخره KDC370 روند کاهشی نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

بطور کلی با توجه به نتایج بدست آمده از هر دو سیستم شاخص حرارتیGDD وCHU و شباهت نسبی گروه بندی هیبریدها در هر دو سیستم، با در نظر گرفتن سادگی محاسباتGDD، روش درجه روز رشد جهت گروه بندی نیاز حرارتی هیبریدهای ذرت در مناطق سرد و سرد معتدل قابل توجیه است.

جدول ۳ - مقایسه میانگین دو ساله(۸۷ – ۱۳۸٦) 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 گرمائی تا گلدهی CHU to flowering	واحدهای گرمائی تا رسیدگی فیزیولوژیک CHU to physiological maturity
KSC 260	946.7 ghij*	1618. h	1949. ghij	3331. h
KSC 250	956.8 fghi	1678. fg	1969. fghi	3456. fg
KSC 320	972.0 efg	1652. gh	2000. efg	3400. gh
KDC 370	933.0 hij	1701. fg	1921. hij	3506. fg
BC 404	964.4 efgh	1708. f	1985. efgh	3523. fg
OSSK 444	922.3 ij	1698. fg	1900. ij	3499. fg
OSSK 499	962.6 efgh	1724. ef	1981. efgh	3559. ef
KSC 400	919.7 j	1718. ef	1894. j	3543. ef
BC 504	960.3 fgh	1681. fg	1976. fgh	3465. fg
OSSK 552	1016. Bcd	1785. cd	2088. bcd	3703. cd
NS 540	1008. Cd	1788. cd	2073. cd	3701. cd
KSC 500	966.9 efgh	1765. de	1990. efgh	3659. de
OSSK 602	1033. abc	1852. ab	2124. abc	3856. ab
BC 678	1026. bcd	1848. ab	2109. bcd	3844. ab
BC 666	992.6 def	1803. bcd	2041. def	3733. bcd
KSC 647	998.6 cde	1807. bcd	2054. cde	3740. bcd
KSC 704	1045. ab	1821. abc	2148. ab	3780. bcd
KSC 700	1067. a	1870. a	2192. a	3911. a
OSSK 713	1034. abc	1838. abc	2126. abc	3821. abc
KSC 720	1049. ab	1849. ab	2156. ab	3840. 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 ٤- مقایسه میانگین دو ساله (۸۷ - ۱۳۸٦) 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, 5th ۱۵ اردیبهشت	May, 20th ۳۰ اردیبهشت	May, 5th ۱۵ اردیبهشت	May, 20th ۳۰ اردیبهشت
KSC260	942.7 mnopq*	950.6 lmnopq	1604 q	1631 pq
KSC250	960.9 ijklmnopq	952.7 klmnopq	1680 mnopq	1676 mnopq
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 mnopq	1690 lmnop
OSSK552	1017. abcdefghi	1015. bcdefghij	1774 efghijkl	1796 bcdefgh
NS540	998.8 defghijklm	1018. abcdefgh	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 ٥- مقایسه میانگین دو ساله (۸۷ - ۱۳۸٦) 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, 5th ۱۵ اردیبهشت	May, 20th ۳۰ اردیبهشت	May, 5th ۱۵ اردیبهشت	May, 20th ۳۰ اردیبهشت
KSC260	1960 hijkl*	1937 jkl	3315 r	3346 qr
KSC250	1997 fghijk	1942 ijkl	3473 mnopqr	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 mnopqr
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. Agricalture 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 Sicence76: 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 Sicence 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 Sicence 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 Sicence 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.