نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هفتم، شماره سوم، پاییز ۹۳
۱۲۳-۱۴۳
http://ejcp.gau.ac.ir

ارزیابی واحدهای گرمایی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی برای تعیین گروه‌های مختلف رسیدگی در مناطق گرگان

رمضان سرپرست[۱]* و کامبیز مشایخی[۲]

[۱]عضو هیات‌علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان،
[۲]دانشیارگروه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۲/٤/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/٤/۳۰

چکیده

به منظور ایجاد محیط‌های مختلف و امکان برآورد نیاز گرمایی با استفاده از درجه روز– رشد و واحدهای گرمایی گیاه تعداد ١٤ ژنوتیپ داخلی و خارجی در سه گروه رسیدگی، در دو منطقه پست و جلگه‌ای گرگان و منطقه کوهستانی شاهکوه طی سال‌های ١٣٨٦، ١٣٨٧ و ١٣٨٨ مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد که هردو سیستم، درجه روز–رشد و واحدهای گرمایی گیاه و تغییراتی را در گروه بندی برخی ژنوتیپ‌ها بر اساس نیاز گرمایی در مرحله سبزشدن و گلدهی ایجاد نمودند که کاملاً متفاوت بود، بطوری که برخی ژنوتیپ‌ها مانند ١١–٣٩٧٠٠٧ و سانته دیرگل تراز گروه‌بندی اولیه خود بر مبنای گروه‌بندی IBPGR بودند. در بررسی اثرات سال و همچنین اثرات متقابل ژنوتیپ با سال در هر دو مکان مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. سال‌هایی با متوسط دمای هوای بالاتر، باعث افزایش شاخص حرارتی ١٢٠٠ درجه روز– رشد و ٤٠٠٠ واحدهای حرارتی تجمعی در شاهکوه در مقابل ١٠٠٠ درجه روز– رشد و ٢٠٠٠ واحدهای حرارتی تجمعی گرگان گردید. در نتیجه نهایی عملکرد غده، ژنوتیپ ٣–٣٩٧٠٠٩ ضمن داشتن بالاترین عملکرد در هر دو منطقه کاشت یعنی پاییزه با (٢٧٠٠٣ کیلوگرم در هکتار) و بهاره با (٢٨٤٤٦ کیلوگرم در هکتار) توانست به‌ترتیب با ١٢/٥ و ١١/٩ غده در بوته در کاشت‌های پاییزه و بهاره بهترین ژنوتیپ شناخته شود. با در نظر گرفتن اطلاعات موجود از گروه رسیدگی IBPGR و همچنین زمان بروز مراحل فنولوژی در طی مدت ارزیابی این ژنوتیپ‌ها، گروه‌بندی انجام شده با استفاده از سیستم درجه روز – رشد منطقی‌تر به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، رسیدگی فیزیولوژیکی، ژنوتیپ‌ها، GDD و CHU

*نویسنده مسئول: ram_sarparast@yahoo.com

مقدمه

درجه حرارت هوا، شاخص ثابت و پایداری است که استفاده از آن به‌صورت درجه روز- رشد[1] و یا واحد گرمایی برای تخمین دوره رشد و نمو گیاه، طبقه‌بندی‌ها، هیبریدها و یا ارزیابی‌های اقلیمی به‌منظور اتخاذ روش صحیح در تولید محصولات زراعی، مورد تاکید قرار گرفته است. کاشت در دو اقلیم متفاوت موجب تفاوت در روند رشد آن می‌گردد (لباسچی و شریفی، ۲۰۰٤). تولید محصول سیب-زمینی در طول فصل رشد می‌تواند تحت تاثیر پویایی رشد اندام‌های مختلف گیاه قرار بگیرد. چرا که بین اندام‌های هوایی و زیرزمینی سیب‌زمینی یک رابطه مشخص وجود دارد. در نتیجه وضیعت اندام‌های هوایی در طول فصل رشد می‌تواند بر میزان عملکرد غده تاثیرگذار باشد (استرایک، ۲۰۰۷). درجه روز-رشد اختصاص مقدار گرمای لازم برای رشد و نمو روزانه گیاه را داشته و در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مثل جوانه‌زنی و برداشت محصول، سیستم واحدهای گرمایی متفاوت بوده و متغیرهای رشدی گیاه همانند شاخص‌های‌رشد، متابولیسم، زیست‌توده، رسیدگی فیزیولوژیکی و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کریستین و همکاران، ۲۰۰۵). سیستم واحد دمایی دیگری که در کانادا مورد استفاده قرار می‌گیرد، سیستم واحدهای گرمایی محصول[2] است (براون و بوتسما، ۱۹۹۳). تمامی فرآیندهای فیزیکی و فیزیولوژیکی به دما وابسته می‌باشد در سیستم های واحد گرمایی محصول یا درجه روز-رشد فرض می‌شود که به‌طورکلی رابطه مستقیم و خطی بین رشد، گیاه و درجه حرارت وجود دارد (خان و همکاران، ۲۰۱۱). سیستم واحدهای گرمایی محصول نشان می‌دهد که واکنش رشد گیاه به درجه حرارت شبانه و روزانه متفاوت می‌باشد. در واحد گرمایی محصول، مدت انرژی محاسبه شده به ازاء دریافت حرارت روزانه از زمان کاشت تا برداشت محصول بوده و دانشمند معروف فرانسوی به نام رنه روموئر آنرا در ۳۰۰ سال قبل بیان داشت (براون و بوتسما، ۲۰۰٦). واحدهای گرمایی محصول یک سیستم نمایه‌سازی شده را جهت انتخاب رقم یا هیبرید مناسب به کشاورزان ارائه می‌دهد. به عنوان مثال مدلی که به مدت ۳۰ سال در منطقه آنتاریو برای توسعه مزارع ذرت استفاده گردید، نشان داد در مناطقی که ارتفاع بالاتر از ٤۵۰ متر داشتند مقدار واحدهای گرمایی دریافت شده برای محصول مورد نظر بیشتر بوده است. لازم به ذکر است که شیب و نوع خاک هم برروی حرارت دریافتی متأثر می‌باشد چرا که شیب‌هایی با دامنه جنوبی، واحدهای گرمایی محصول بیشتری را دریافت می‌کند (مرفیلد، ۲۰۱۳). دما،

1- Grow degree day
2- Crop heat unit

نرخ رشد بسیاری از گیاهان را کنترل می‌کند چرا که گیاهان نیاز به یک مقدار مشخصی از حرارت برای توسعه از یک مرحله رشدی به یک مرحله دیگر داشته و این مقیاس از حرارت‌های تجمع یافته به عنوان زمان فیزیولوژیکی گیاه شناخته شده که از لحاظ تئوری این زمان فیزیولوژیکی یک مرجع مشترک برای رشد موجود زنده بکار می‌رود. زمان فیزیولوژیکی اغلب به بیان و استفاده از تقریب در مقیاس ساعتی یا روزانه با استفاده از واحد درجه ساعت (hr) و یا درجه روزانه (D°) می‌پردازد و یک رابطه خطی را بین درجه حرارت و طول زمانی برای تکمیل مراحل رشدی برقرار می‌کند (دویر و همکاران، ۲۰۰۳). یان و والاس (۱۹۹۸) اثرات متقابل میان دما و فتوپریود را به‌عنوان مهمترین عامل محیطی جهت برازش مدل فنولوژیکی سیب‌زمینی به‌کار بردند. ارقام سیب‌زمینی در رویشگاه‌های مختلفی در اراضی هم سطح دریا تا اراضی با ارتفاع چهار هزار متر که دارای تفاوت‌هایی از نظر درجه حرارت، طول روز، مقدار رطوبت و دیگر شرایط آب و هوایی هستند، قابل کشت می‌باشد (لمون و استریوک، ۱۹۹۰). اصول به‌زراعی و فیزیولوژیکی سیب‌زمینی از نظر زمان لازم برای رسیدن به حداکثر محصول اقتصادی به سه دسته؛ زودرس، متوسط‌رس و دیررس تقسیم شده و از نظر گل‌دهی گیاهی روزبلند بوده و از نظر غده‌بندی گیاهی روزکوتاه بشمار می‌رود (هی و واکر، ۱۹۸۹). توصیف‌نامه (دیسکریپتورهایی)[1] که برای ارزیابی صفات گیاه سیب‌زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد، توسط مجمع جهانی ذخایر توارث گیاهی[2] تدوین شده و به سه مرحله جوانه (سبز شدن)، گلدهی و رسیدگی تقسیم می‌شود (سیلوا و پینتو، ۲۰۰۵). دوره رسیدن سیب‌زمینی در ارقام خیلی زودرس معمولاً بین ۸۰ روز و در ارقام خیلی دیررس تا ۱۸۰ روز تغییر می‌کند (هریس، ۱۹۹۲). طول دوره رشد در بین ارقام مختلف متفاوت بوده و براساس بررسی-های لیزینسکا و سززینکا (۱۹۸۹) فاصله کاشت تا زمان برداشت سیب‌زمینی ممکن است بین ٦۰ تا ۲۰۰ روز طول بکشد. در اروپای شرقی و مرکزی از تقسیم‌بندی کاملاً دیررس، دیررس، متوسط‌رس، زودرس و کاملاً زودرس استفاده می‌گردد. موهبیر و جان (۱۹۹۸) نشان دادند که در گیاه سیب‌زمینی، میزان زودرسی رقم مورد استفاده نسبت به رقم رایج در تاریخ کاشت معمول بایستی بر اساس نیاز GDD گیاه در هنگام رسیدگی و برآورد GDD باقیمانده تا آخر فصل زراعی گیاه انجام گیرد. باتوجه به تغییرات مراحل فنولوژیک، هنگامی که سیب‌زمینی در شرایط متفاوت آب و هوایی کشت می‌شود. سیستم‌های

1- IPGRI
2- IBPGR

مبتنی بر تعداد روز قابلیت بالاتری را در پیش‌بینی دقیق سرعت رشد و نمو سیب‌زمینی ارائه می‌کند (شاهکیویچ، ۱۹۹۵). از آنجایی که در هر یک ازمراحل رشدی در سیب‌زمینی، میزان مشخص انرژی توسط گیاه جذب می‌شود، لذا با توجه به همبستگی هر مرحله از رشد و نمو سیب‌زمینی با عامل حرارتی دما، انرژی حرارتی جذب شده از مرحله جوانه زنی تا مرحله برداشت گیاه به صورت انرژی حرارتی تجمع یافته مورد محاسبه قرار می‌گیرد (کالویل و فری، ۱۹۸٦). بالاک و همکاران (۱۹۸۸) شاخص‌های رشد را بر اساس CHU تنظیم نموده و تاکید نمودند که آنالیز شاخص‌های رشد بر اساس واحد گرمایی می‌تواند عکس العمل گیاه نسبت به شرایط محیطی را بهتر از تقویم زمانی ارائه دهد. هدف اصلی از این پژوهش شناخت صحیح از طول دوره رویش در گیاه سیب‌زمینی و انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب از نظر گروه رسیدگی زودرس، میان‌رس و دیررس می‌باشد، چرا که کاشت غیر معمول ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی درمناطق مختلف آب و هوائی باعث می‌گردد تا محصول و درآمد تولیدکنندگان سیب‌زمینی با مخاطره همراه باشد. به‌منظور تعیین نیاز حرارتی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در گروه‌های مختلف رسیدگی و امکان گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس نیاز دمایی این آزمایش در دو منطقه استان گلستان انجام گردید.

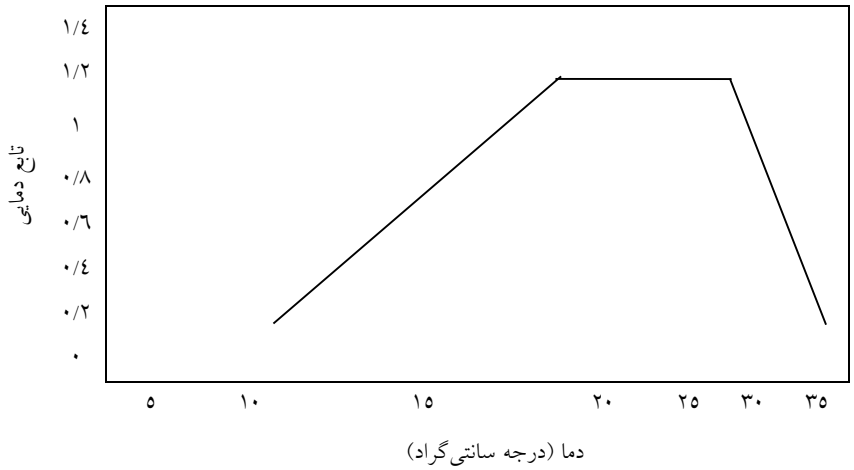
مواد و روش‌ها

آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ١٤ ژنوتیپ سیب‌زمینی به نام‌های ۲۹-۳۹٦۱۵۱، ۷-۳۹۷۰۰۹، ۹-۳۹۷۰۰۷، ۱۱- ۳۹۷۰۰۷، ١٤-۳۹۷۰۹۷، ۳-۳۹۷۰۰۹، ۸-۳۹۷۰۰۹، ۷-۳۹٦۱۵۱، ١٤-۳۹٦١٤٠، سانته، آگریا، ساتینا، بورن و مارلا در٤ خط ٤ متری با فواصل ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط ۲۵ سانتی‌متر، در دو منطقه؛ گرگان با مختصات جغرافیایی ٥٤ درجه و۲۰دقیقه طول‌شرقی و ۳٦ درجه ۵۵ دقیقه عرض‌شمالی با ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالانه ٤٥۰ میلی‌متر به‌صورت کشت پاییزه و دیگری منطقه شاهکوه با مختصات جغرافیایی ٥٤ درجه و ۲۵ دقیقه طول‌شرقی و ۳٦ درجه و ۳٤ دقیقه عرض‌شمالی، با ارتفاع ۲٥٤۰ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالانه ۲۷۵ میلی‌متر به‌صورت بهاره در اواسط اردیبهشت طی سال‌های ۱۳۸٦، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ اجرا گردید. فواصل تکرارها از یکدیگر ۲ متر و روش کاشت به‌صورت جوی و پشته‌ای بود. در طی فصل رشد اندازه‌گیری‌هایی شامل تعداد روز تا مراحل فنولوژیکی سبز شدن، شروع و پایان گلدهی براساس تعداد روز تا زمانی که ۵۰ درصد از گیاهان هرکرت به آن مرحله برسند و رسیدگی فیزیولوژیکی بر اساس هنگامی که ۸۰ درصد برگ‌ها خشک شود، محاسبه و همچنین به‌منظور تعیین عملکرد نهایی

غده سیب‌زمینی در انتهای مرحله رشد از هر کرت ۳ متر مربع نمونه‌برداری و سپس وزن تر غده‌ها اندازه‌گیری شد. نیاز حرارتی هر ژنوتیپ در هر گروه رسیدگی بر اساس سیستم‌های GDD و CHU به‌طور جداگانه به‌شرح زیر محاسبه شد:

معادله (۱) $GDD = (Tp - Tb) \times f$

معادله (۱) چگونگی محاسبه GDD به روش اصلاح شده را نشان می‌دهد که در آن Tp دمای مطلوب، Tb دمای پایه و f ضریبی است که با استفاده از منحنی واکنش گیاه به دما استخراج می‌شود. مقدار f درفاصله بین دمای مطلوب تحتانی و فوقانی برابر با یک و در حد فاصل دماهای مطلوب تا دمای پایه یا سقف عددی بین صفر تا یک خواهد بود (شکل ۱).



شکل ۱- رابطه سرعت نمو نسبی (f) در برابر دما درگیاه سیب‌زمینی

برای محاسبه (CHU) واحد گرمایی روزانه (CHU_{day}) و (CHU_{night}) به‌طور جداگانه محاسبه و سپس (CHU) به شرح زیر محاسبه شد (براون و بوتسما، ۱۹۹۳).

(۲) واحدگرمایی روزانه $CHU_{day} = 3.33(T_{max} - 10) - 0.084 (T_{max} - 10)^2$

(۳) واحد گرمایی شبانه $CHU_{night} = 1.8 (T_{min} - 4.4)$

(٤) واحد گرمایی مورد نیاز $\mathrm{CHU} = \frac{\mathrm{CHU}day + \mathrm{CHU}night}{3}$

در نهایت نیاز حرارتی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی برای تعیین گروه‌های مختلف رسیدگی با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفته و مقایسه میانگین داده‌ها با روش LSD در سطح احتمال پنج در صد انجام گردید.

نتایج و بحث

الف- منطقه شاهکوه

درجه روز-رشد (GDD) تا سبز شدن: تجزیه واریانس مرکب سه ساله درجه روز–رشد تا سبز شدن سیب‌زمینی در منطقه کوهستانی شاهکوه نشان داد که اثرات سال، ژنوتیپ و سال × ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۳). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی از نظر درجه روز– رشد تا سبز شدن نشان داد که بیشترین درجه روز– رشد تا سبز شدن به ژنوتیپ‌های دیررس سیب‌زمینی تعلق داشت. ژنوتیپ‌های ۷-۳۹٦۱۵۱، ۲۹-۳۹٦۱۵۱، ساتینا، بورن، آگریا دارای بالاترین درجه روز–رشد تا سبز شدن و ژنوتیپ ۳-۳۹۷۰۰۹ کمترین GDD، تا سبز شدن را دارا بودند (جدول۵). اگر کشت سیب‌زمینی در زمانی صورت گیرد که هوا سرد و درجه حرارت خاک پایین باشد در چنین حالتی معمولاً مدت زمان کاشت و جوانه‌زنی غده‌ها طولانی می‌گردد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که GDD دریافتی تا سبز شدن سیب‌زمینی در منطقه کوهستانی شاهکوه از ایستگاه گرگان بیشتر بوده است (جدول۲).

درجه روز–رشد (GDD) تا گلدهی: تجزیه واریانس سه ساله برای GDD مورد نیاز گلدهی نشان داد که اثرات سال، ژنوتیپ و اثر متقابل سال × ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول۳). در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی از نظر درجه روز–رشد تا گلدهی ژنوتیپ‌های ١٤-۳۹۷۰۹۷ و آگریا بالاترین درجه روز - رشد تا گلدهی را به‌دست آوردند که نسبت به شاهد بورن در حدود ۹ درصد بیشتر بوده است. این موضوع در مورد ژنوتیپ ساتینا برعکس بوده و به‌نظر می‌رسد که دوره پر شدن غده در این ژنوتیپ سریعتر انجام شود (جدول۵). به‌طورکلی گروه دیررس حدود ٦۰۰- ۵۹۰ درجه روز- رشد، گروه نیمه‌دیررس حدود ٥٦۰ درجه روز-رشد و گروه نیمه‌زودرس حدود ٥٤۰ درجه روز- رشد در این مرحله لازم دارند (جدول ۵).

درجه روز–رشد (GDD) تا رسیدگی: تجزیه واریانس سه ساله برای GDD مورد نیاز رسیدگی فیزیولوژیک اثرات سال و ژنوتیپ در سطح احتمال یک در صد و اثر متقابل سال × ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول۳). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که گروه ژنوتیپ‌های دیررس بالاترین مقدار GDD مورد نیاز را برای این مرحله دارا بودند (جدول ۵). این گروه با میانگین حدود ۱۱۸۰–۱۱٤۰ درجه روز–رشد شامل ژنوتیپ‌های ۷–۳۹٦۱۵۱، آگریا، ۸–۳۹۷۰۰۹، ۱٤–۳۹۷۰۹۷، گروه بعدی ژنوتیپ‌های نیمه‌دیررس شامل ژنوتیپ‌های ۲۹–۳۹٦۱۵۱، ۱٤–۳۹٦۱٤۰، ۳–۳۹۷۰۰۹، ۹–۳۹۷۰۰۷، با میانگین حدود ۱۱۳۰–۱۰۹۰ درجه روز– رشد، و بر اساس گروه رسیدگی نیمه‌زودرس شامل ژنوتیپ‌های سانته، ۱۱–۳۹۷۰۰۷، مارلا، ۷–۳۹۷۰۰۹، بورن، ساتینا که GDD لازم برای رسیدگی در حدود ۱۰۸۰–۱۰۲۰، درجه روز–رشد بوده است (جدول ۷). به نظر می‌رسد که ژنوتیپ ۱٤–۳۹۷۰۹۷ نیاز حرارتی بیشتری در دوره پر شدن غده نسبت به دوره تا گلدهی لازم دارد.

واحدهای گرمایی تجمعی (CHU) تا سبز شدن و گلدهی: تجزیه واریانس سه ساله برای CHU مورد نیاز تا سبز شدن و گلدهی نشان داد اثرات سال، ژنوتیپ و اثر متقابل سال × ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی از نظر واحدهای گرمایی تجمعی تا سبز شدن نشان داد که بر اساس CHU مورد نیاز تا سبز شدن، ژنوتیپ‌های دیررس بیشترین مقدارCHU را دارا بودند (جدول۵). ژنوتیپ‌های ۲۹–۳۹٦۱۵۱ و سانته بیشترین و ژنوتیپ ۷–۳۹۷۰۰۹ حداقل CHU تا سبز شدن را نیاز داشتند. در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی از نظر واحدهای گرمایی تجمعی تا گلدهی ژنوتیپ ۱٤–۳۹۷۰۱٤ با افزایش ۱۲ درصد نسبت به شاهد بورن با ۱۹٦۳ واحدهای گرمایی دیررس‌ترین تیمار و ساتینا کمترین مقدارCHU را دارا بود (جدول ۵).

واحدهای گرمایی تجمعی (CHU) تا رسیدگی فیزیولوژیکی: تجزیه واریانس سه ساله برای CHU مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیکی نشان داد اثر ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل سال ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که گروه ژنوتیپ‌های دیررس شامل، ۷–۳۹٦۱۵۱، ۸–۳۹۷۰۰۹، آگریا و ۱٤–۳۹۷۰۹۷، بالاترین مقدار CHU مورد نیاز را برای این مرحله بخود اختصاص دادند (جدول ۵). میانگین نیاز حرارتی در این گروه حدود ٤۲۰۰ واحد گرمایی بوده است (جدول ۷). در گروه رسیدگی بعدی (نیمه‌دیررس) شامل ژنوتیپ‌های ۲۹–۳۹٦۱۵۱، ۹–۳۹۷۰۰۷، ۳–۳۹۷۰۰۹، ۱٤–۳۹٦۱٤۰، ۱۱–۳۹۷۰۰۷، سانته، مارلا میانگین نیاز حرارتی در این گروه حدود ٤۱۰۰ واحد گرمایی بوده است. سایر ژنوتیپ‌ها شامل بورن، ساتینا و ۷–۳۹۷۰۰۹، با نیاز حرارتی کمتر (٤۰۰۰) واحدگرمایی در گروه دیگر یعنی نیمه‌زودرس قرارگرفتند (جدول ۷).

اختلاف بیشترین و کمترین تیمار در حدود ۳۵۰ واحد CHU بوده است (جدول ۵). تیمار شاهد (بورن) با ۳۹۵۷ واحد CHU درگروه نیمه‌زودرس قرار گرفت (جدول۷).

منطقه گرگان

درجه روز- رشد (GDD) تا سبز شدن: مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی از نظر درجه روز– رشد تا سبز شدن نشان داد که بیشترین درجه روز– رشد تا سبز شدن به ژنوتیپ‌های دیررس سیب‌زمینی تعلق داشت. ژنوتیپ‌های ۱٤–۳۹٦۱٤۰ و آگریا بالاترین درجه روز– رشد و ژنوتیپ ۱٤–۳۹۷۰۹۷ کمترین درجه روز– رشد تا سبز شدن را دارا بودند (جدول ٦). درتجزیه واریانس مرکب سه ساله درجه روز– رشد تا سبز شدن وگلدهی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان نشان داد که اثر سال و اثر ژنوتیپ درسطح احتمال ۱ درصد و اثر سال × ژنوتیپ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ٤).

درجه روز– رشد (GDD) تا گلدهی: در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی از نظر درجه روز– رشد تا گلدهی ژنوتیپ‌های سانته و آگریا به‌ترتیب با ٤۷۹ و ٤۷۵ GDD بالاترین و ژنوتیپ مارلا با ۳۷۱ GDD کمترین درجه روز– رشد تا گلدهی را به‌دست آوردند. به‌طور میانگین گروه دیررس حدود ٤۸۰ درجه روز–رشد، گروه نیمه‌دیررس حدود ٤۵۰ درجه روز–رشد و گروه نیمه‌زودرس حدود ٤۲۰ درجه روز- رشد، در این مرحله لازم دارند (جدول ۸).

درجه روز– رشد (GDD) تا رسیدگی فیزیولوژیک: تجزیه واریانس سه ساله برای GDD مورد نیاز رسیدگی فیزیولوژیک اثرات سال و ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل سال × ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ٤). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که گروه ژنوتیپ‌های دیررس بالاترین مقدار GDD مورد نیاز را برای این مرحله دارا بودند (جدول ٦). این گروه با میانگین رسیدگی حدود ۱۰۰۰ درجه روز–رشد شامل؛ ژنوتیپ‌های ۷–۳۹٦۱۵۱، آگریا، ۱٤–۳۹۷۰۹۷ گروه نیمه دیررس‌ها شامل؛ ژنوتیپ‌های ۱٤–۳۹۷۰۹۷، ۸–۳۹۷۰۰۹، ۱٤–۳۹٦۱٤۰، ۲۹–۳۹٦۱۵۱، سانته، ساتینا و مارلا با ۹۵۰ درجه روز–رشد و گروه بعدی یعنی نیمه زودرس شامل؛۱۱–۳۹۷۰۰۷، ۷–۳۹۷۰۰۹، ۳–۳۹۷۰۰۹ و بورن با۹۰۰ درجه روز– رشد قرار گرفتند (جدول ۸). دویر و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که در اکثر موارد در سیستم GDD واحدهای حرارتی مورد نیاز برای دوره پرشدن بیش ازحد واقع برآورد می‌شود در حالی که روت ویاکوم (۱۹۹۷) اعلام کردند که این موضوع فقط در سال‌هایی که دمای هوا به‌طور

مشهود کمتر از حد عادی می‌باشد، اتفاق می‌افتد. اوبرین و همکاران (۱۹۹۵) میزان ذخیره حرارت GDD را در غده‌های سیب‌زمینی به‌عنوان عامل تعیین کننده در کیفیت مطلوب عملکردی آنها در مزرعه عنوان کردند و ذخیره حرارتی بالاتر از ۲۵۰۰ را نامناسب تشخیص دادند.

واحدهای گرمایی تجمعی(CHU) تا سبز شدن و گلدهی: تجزیه واریانس سه ساله برای واحدهای گرمایی تجمعی (CHU) مورد نیاز تا سبز شدن و گلدهی نشان داد اثرات سال، ژنوتیپ و اثر متقابل سال × ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ٤). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی از نظر واحدهای گرمایی تجمعی تا سبز شدن نشان داد که بر اساس CHU مورد نیاز، ژنوتیپ‌های دیررس همانند ۲۹-۳۹٦۱۵۱ و آگریا به‌ترتیب با ۲۹۵ و ۲۹٤ واحد بیشترین و ژنوتیپ ۱٤-۳۹۷۰۹۷ با مقدار ۱۷۲ واحد کمترین واحدهای گرمایی تجمعی سبز شدن را دارا بودند (جدول ٦). در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی ازنظرواحدهای گرمایی تجمعی تا گلدهی ژنوتیپ ۷-۳۹۷۰۰۹، آگریا و ۱٤-۳۹۷۰۹۷ به‌ترتیب با ۸۷۵، ۸٦٤ و ۸۵۹ واحد CHU بالاترین تیمار شناخته شدند. تیمار شاهد ساتینا با ۱۹۰۰ واحد تجمعی CHU درگروه نیمه‌دیررس قرار گرفت (جدول ۸).

واحدهای گرمایی تجمعی (CHU) تا رسیدگی فیزیولوژیکی: در تجزیه واریانس سه ساله برای CHU مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیکی نشان داد اثر ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل سال× ژنوتیپ درسطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ٤). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که گروه ژنوتیپ‌های دیررس شامل ۷-۳۹٦۱۵۱، آگریا، ۱٤-۳۹۷۰۹۷ بالاترین مقدار CHU مورد نیاز را برای این مرحله به خود اختصاص دادند. میانگین نیاز حرارتی در این گروه حدود ۲۲۰۰-۲۰۰۰ واحد گرمایی CHU بوده است. در گروه رسیدگی بعدی (نیمه دیررس) شامل ژنوتیپ‌های ۲۹-۳۹٦۱۵۱، ۹-۳۹۷۰۰۷، ۱٤-۳۹٦۱٤۰، ساتینا، سانته، مارلا میانگین نیاز حرارتی دراین گروه حدود ۲۰۰۰-۱۸۵۰ واحد گرمایی CHU بوده است. سایرژنوتیپ‌ها شامل ۷-۳۹۷۰۰۹، بورن، ۱۱-۳۹۷۰۰۷ با نیازحرارتی کمتر از ۱۸۵۰ واحد گرمایی CHU درگروه نیمه‌زودرس قرار گرفتند (جدول ۸). به‌طورکلی گروه‌بندی رسیدگی ژنوتیپ‌های مورد بررسی و CHU مورد نیاز در دو منطقه شاهکوه و گرگان در (جدول‌های ۷ و ۸) خلاصه می‌شود. بررسی نتایج حاصل از هر دو سیستم برآورد واحدهای گرمایی مورد نیاز یعنی CHU و GDD نشان دادکه هردو سیستم نتایج کم و بیش مشابهی را برای نیاز گرمایی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی ارائه می‌دهند ولی GDD و CHU دریافتی از سبز شدن سیب‌زمینی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی در منطقه کوهستانی شاهکوه از گرگان بیشتر بوده است (جدول ۲).

عملکرد نهایی غده: مقدار عملکرد غده در واحد سطح، صرف نظر از اندازه متوسط غده‌های تولید شده به‌عنوان شاخص مهم اقتصادی و در واقع هدف اصلی از تولید سیب‌زمینی محسوب می‌شود. هم‌چنان که نتایج این آزمایش نشان داد، مقدار عملکرد غده در هر دو منطقه آزمایش ژنوتیپ‌های ۷-۳۹۷۰۰۹ و ۳-۳۹۷۰۰۹ نسبت به سایر ژنوتیپ برتر بوده است که عموماً چنین افزایشی به واسطه افزایش تعداد غده بیشتر در بوته می‌باشد. در این تحقیق نیز ژنوتیپ ۳-۳۹۷۰۰۹ ضمن داشتن بالاترین عملکرد در هر دو منطقه کاشت یعنی پاییزه با (۲۷۰۰۳ کیلوگرم در هکتار) و بهاره با (۲۸٤٤٦ کیلوگرم در هکتار) توانست به‌ترتیب با ۱۲/۵ و ۱۱/۹ غده در بوته در کاشت‌های پاییزه و بهاره بهترین ژنوتیپ شناخته شود (جدول ۹). مهتا و همکاران (۱۹۸۸) در بررسی کشت بهاره و پاییزه سیب‌زمینی نتیجه گرفتند که مقادیر سرعت رشد نسبی و میزان جذب خالص اولیه در کشت پاییزه بالاتر بوده و باعث افزایش رشد بیشتر در گیاه سیب‌زمینی گردید اما در فصل بهار، سیب‌زمینی در زمان طولانی‌تری به حداکثر رشد خود رسید. ازکیل و بارگاوا (۲۰۰۳) نشان داده‌اند که افزایش عملکرد سیب‌زمینی در کشت بهاره نسبت به پاییزه، به علت طولانی‌تر بودن فصل رشد و میزان جذب خالص بوده‌است. در این آزمایش انجام شده نیز میانگین عملکرد در کشت بهاره (شاهکوه) ازکشت پاییزه (گرگان) بیشتر بوده و استنباط می‌گردد که در منطقه شاهکوه واحدهای حرارتی GDD و CHU بیشتری را از گرگان دریافت نموده است (جدول ۲).

نتایج این تحقیق حاکی از آن است با توجه به گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف، و با در نظر گرفتن سوابق موجود از گروه رسیدگی (IBPGR) و همچنین تاریخ بروز مراحل فنولوژی و رسیدگی ژنوتیپ‌های سیب زمینی استفاده از سیستم GDD منطقی‌تر به‌نظر می‌رسد، به‌ویژه اینکه این گروه‌بندی با گروه‌بندی انجام شده با استفاده از هر دو سیستم GDD و CHU بر اساس واحدهای حرارتی مورد نیاز در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی کار آمدتر می‌باشد. چرا که در سیستم CHU تناقض جدی در نیاز حرارتی گروه‌های مختلف رسیدگی و تفسیر نتایج آنها به‌خصوص در زمان رسیدگی فیزیولوژیک مشاهده می‌گردد. براون و بوتسیما (۱۹۹۳) شاخص CHU را به‌عنوان روشی مناسب که زمان بلوغ را با اطمینان برآورد می‌کند اعلام نمودند، در حالی که پلت (۱۹۹۲) اعلام کرد که زمان گرمایی لازم برای پرشدن غده بسته به زمان، مکان و سال تغییر می‌کند. دوریوکس و بونهوما (۱۹۸۲) رابطه نزدیکی را بین واحدهای حرارتی تجمعی از کاشت تا گلدهی و کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی گزارش کرده و اعلام نمودند که زمان گرمایی مورد نیاز برای ژنوتیپ خاص به‌منظور رسیدن به سن بلوغ با دمای محیط تغییر می‌کند. مکان‌هایی با متوسط دمای هوای بالاتر موجب تجمع واحدهای دمایی بیشتری تا زمان رسیدگی برای همان ژنوتیپ می‌شود (جدول ۲). در این تحقیق اثرات سال و همچنین اثرات متقابل ژنوتیپ با سال در

هر دو مکان مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۱). این موضوع نشان داد که ژنوتیپ‌ها نیاز حرارتی متفاوتی داشته و این موضوع می‌تواند ناشی از تغییرات درجه حرارت هوا در سال‌های مختلف بوده که منجر به تغییرات سرعت رشد و نمو گیاه گردد (جداول ٤ و ٦). در نتایج حاصله این آزمایش در دو اقلیم متفاوت (منطقه کوهستانی شاهکوه و بخش جلگه‌ای گرگان) با توجه به آمار هواشناسی، دربخش جلگه‌ای گرگان به‌طور متوسط نیاز به ۱۰۰۰ واحد درجه روز- رشد (GDD) و ۲۰۰۰ واحد گرمایی (CHU) برای مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی مورد نیاز می‌باشد ولی در منطقه کوهستانی شاهکوه با توجه به گرمتر بودن میانگین دما در طول فصل رویش و افزایش تجمع دریافتی CHUو GDD به‌طور متوسط نیاز به ۱۲۰۰ واحد درجه روز- رشد و ٤۰۰۰ واحد گرمایی برای رسیدگی فیزیولوژیکی می‌باشد (جدول ۲). مندهام و همکاران (۱۹۸۱) مشاهده کردند که سرعت نمو متناسب با میانگین دما از گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک بوده و طول دوره گلدهی در شرایط مزرعه در دماهای پایین نسبت به دماهای بالاتر طولانی‌تر است. آن‌ها نتیجه گرفتند که میزان دمای لازم برحسب GDD برای طی مراحل فنولوژیک در ارقام مختلف متفاوت است. سال‌ها یا مکان‌هایی با متوسط دمای هوای بالاتر موجب تجمع واحدهای دمایی بیشتری تا زمان رسیدگی برای همان ژنوتیپ شده و بالاتر بودن دمای هوا در طی فصل رشد در سال‌های مختلف آزمایش باعث شده که میانگین طول دوره رشد تغییر کند. سان و همکاران (۱۹۹۱) نتیجه گرفتند که ارقام مختلف مانند گونه‌های مختلف به شرایط اقلیمی معین سازگار هستند. استوارت و همکاران (۱۹۹۸) با ارائه معادلات توابع واکنش دمایی اعلام کردند که داده‌های حاصل ازسیستم GDD وCHU به‌ویژه زمانی که دمای هوا کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد باشد، متفاوت خواهد بود. درمطالعات محققان کانادایی دویر و همکاران (۲۰۰۳) و استوارت و همکاران (۱۹۹۸) اعلام شده است که سیستم GDD برآورد قابل اطمینانی را از واحدهای گرمایی مورد نیاز در طی دوره رویشی ارائه می‌نماید، ولی برآورد دوره زایشی بیش از حد واقع بوده و متغیر می‌باشد. بدین لحاظ استفاده از ارقام دیررس سیب‌زمینی نه تنها کشت بعدی را با تأخیر روبرو می‌سازد، بلکه باعث برداشت دیرهنگام با رطوبت بالا، همراه با کاهش کمیت و کیفیت آن می‌گردد. بنابراین ضرورت استفاده از ارقام متوسط و زودرس در کشت‌های تأخیری اجتناب‌ناپذیر است.

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس مرکب سه ساله درجه روز- رشد GDD و واحدهای گرمایی CHU ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی درمناطق شاهکوه و گرگان

منابع تغییرات	درجه آزادی	درجه روز- رشد تا سبز شدن	درجه روز- رشد تا گلدهی	درجه روز- رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک	واحدهای گرمایی تا سبز شدن	واحدهای گرمایی تا گلدهی	واحدهای گرمایی تا رسیدگی فیزیولوژیک
سال	۲	۷٤۲۷۸**	۳۱۲٤۷۰**	۲۱۳۳۲٥**	۱۳۰۹۷۸**	۲۸۰٥۰٦٥**	۱۲٥۳۹٥۷**
مکان	۱	۲۹۹۳۱٤۰**	۱۳۱٦٥٦۸**	۱٤۱٦۱٦٥**	۲۹٥٦۸۰۲٥**	٥۷۱٤۹٥۲٤**	۲٥۳۷۳٦۹۸۲**
مکان × سال	۲	۷۷۷۳**	۱٥۹٦٥۱**	٤۸۹۷۷**	۳۹٤۰٤۷**	٦۳۰٥۰۹**	۲۷۱۹۳۳۲**
مکان × سال × تکرار	۱۲	٥۰٦۹۸**	۲٥۳۰٦**	٦٦۱۱۸**	۳۷۸٦ns	۱۰۲٦٦۷**	۳۰۸٥٤ns
ژنوتیپ	۱۳	٦۹۳۷**	۲۹۸۹**	۸٥٦۷**	۷۸۲۹٤**	٥٥۳۰۹٤*	۸۱۹۲۸**
ژنوتیپ × سال	۲٦	۱۹۳۹**	۲٥٥۰**	٦٤۲۸**	۲٥۰۸٥**	٤۷۹۷۷*	٦۳۹۸۳**
ژنوتیپ × مکان	۱۳	۳۳۱٦**	٤۸٤۰**	۹٤۹٦**	۸۸۲۸۹**	۷۱٤۸۹**	۱٤٥٦٥ ns
ژنوتیپ × مکان × سال	۲٦	۱٤۷۹**	۲۸٤۸**	۲٥٥٤**	۲۸۸٦٥**	٤۳٤۰٦*	۱۱٤۹۹٥**
اشتباه	۱٥٦	٤۸۹	۸۰٥	۱۱٦۹	٥۰٥۳	۱۸٥۱۸	۲۳۷٥٦
ضریب تغییرات درصد		۸/۱	٥/۷	۳/۲	۱۲/۱	۱۰/۱۹	٥/۱

*اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نداشتن اختلاف معنی‌دار

جدول ۲ - میانگین سه ساله درجه روز- رشد GDD و واحدهای گرمایی CHU ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در مناطق شاهکوه و گرگان

منطقه کاشت	درجه روز رشد تا سبزشدن	درجه روز-رشد تا گلدهی	درجه روز-رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک	واحدهای گرمایی تا سبزشدن	واحدهای گرمایی تا گلدهی	واحدهای گرمایی رسیدگی فیزیولوژیک
شاهکوه	۳۸٤/٥ a	٥٦۸/٤ a	۱۱۱۲/۷ a	۹۲۸/٥ c	۱۸۱۰/٤ a	٤۰٦۷/٤ a
گرگان	۱٦٦/٦ b	٤۲۳/۸ b	۹٦۲/۸ b	۲٤۳/٤ b	۸٥۸/۱ b	۲۰٦۰/٦ b

میانگین‌هایی در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۳- خلاصه تجزیه واریانس مرکب درجه روز- رشد GDD و واحدهای گرمایی CHU ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در منطقه کوهستانی شاهکوه

منابع تغییرات	درجه آزادی	درجه روز-رشد تا سبزشدن	درجه روز-رشد تا گلدهی	درجه روز-رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک	واحدهای گرمایی تا سبزشدن	واحدهای گرمایی تا گلدهی	واحدهای گرمایی تا رسیدگی فیزیولوژیک
سال	۲	۹٦۲۲۲**	۳۷٦۷٦**	۱۱۲۱۲۸**	٥٤۱٤٤٦**	۱۱۷۳۱٥۸**	۲٤٦۸۹۱**
سال / تکرار	٦	۱٤۸۱۰۳**	۷٤٤ns	۳۸۹٥ ns	۱۱۰۱ ns	۲۸٥٥۳ ns	۲٦٤۹۸ ns
ژنوتیپ	۱۳	٤۳۹٤**	۲۷٦٥**	۱۰۷۲۲**	۷۸۲۹۹**	٥٦۸۸٤**	٦۸۹۹۸**
سال * ژنوتیپ	۲٦	٤۲٦۲**	٤۰۳٥**	۹۰٥۰*	٦۲۹۱٥**	۹٦۲۱۹**	٦۰۸۷۱**
اشتباه	۷۸	٥٦۸	٥۹۰	۲٤۸۱	٦۰۲٥	۱۹۸٦۸	۱٦۷٦٥
ضریب تغییرات درصد		٦/۱	٤/۳	٤/٥	۸/٦	۷/۷	۳/۱

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نداشتن اختلاف معنی‌دار

جدول ٤- خلاصه تجزیه واریانس مرکب درجه روز- رشد GDD و واحدهای گرمایی CHU ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان

منابع تغییرات	درجه آزادی	درجه روز-رشد تا سبزشدن	درجه روز-رشد تا گلدهی	درجه روز-رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک	واحدهای گرمایی تا سبزشدن	واحدهای گرمایی تا گلدهی	واحدهای گرمایی تا رسیدگی فیزیولوژیک
سال	٢	٧١٤٠.**	٨٠٦٧٣٦**	٣٤٦٧٥٧**	٢٥٩١٨٥**	٤٧٠٧٧٣**	٦٠١٣٤٠.**
سال / تکرار	٦	٣٠٢٢ ns	٢٤٩٩ ns	١٥٥٣ ns	٣٥٠٩ ns	٩٣٦١ ns	٤٢٥٦٥ ns
ژنوتیپ	١٣	٥٢٦٣**	٥٥٤٧**	٤٣٨٧**	١١٦٢٤**	٢٤٠٤٣**	٥٦٣٣٦*
سال * ژنوتیپ	٢٦	٤٠٨٦*	٥٣٥٦*	٧٨٢٠**	٧٩٩٢**	٢٣١٧٦**	٨٨٩١٠**
اشتباه	٧٨	١٥٦٢	١٧٦٧	١٠١٧	٣٥٩١	٧٩١٨	٢٣٤٤٦
ضریب تغییرات درصد		٢٤/٠٢	٩/٤٧	٣/٢٧	٢٤/٥٤	١١/١٧	٧/٧٣

اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ١ در صد، ns نداشتن اختلاف معنی‌دار

جدول ۵ - میانگین سه ساله درجه روز- رشد GDD و واحدهای گرمایی CHU در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در منطقه کوهستانی شاهکوه

ژنوتیپ‌های سیب-زمینی	درجه روز- رشد تا سبزشدن	درجه روز- رشد تا گلدهی	درجه روز- رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک	واحدهای گرمایی تا سبزشدن	واحدهای گرمایی تا گلدهی	واحدهای گرمایی رسیدگی فیزیولوژیک
۳۹۶۱۵۱-۲۹	٤۱۹ ab	a-d٥٦۹	۱۱۱۸ a-d	۱۰۵۷ a	۱۸۱۰ a-d	٤۱۲۲ a-e
۳۹۷۰۰۹-۷	۳۷۲ e-g	cd٥٥۲	۱۰٦٤ d-f	۸۲٥ c	۱۷٤۹ b-d	۳۹۸۳ e-g
۳۹۷۰۰۷-۹	۳۹۷ b-e	b-d٥٦۲	۱۰۹۱ c-e	۹۸۸ ab	۱۸۰۲ a-d	٤۰٤۹ c-f
۳۹۷۰۰۷ -۱۱	۳۸٦ c-f	cd٥٥٤	۱۰۷۸ d-f	۹۲٤ b	۱۷٥٤ b-d	٤۰۲۰ d-g
۳۹۷۰۹۷-۱٤	۳٥۹ f-h	a٥۹۲	۱۱٥۱ a-c	۸۰٦ c	۱۹٦۳ a	٤۱۷٦ a-c
۳۹۷۰۰۹-۳	۳۳٦ h	a-d٥۷۱	۱۱۰۱ b-e	٦۹۷ d	۱۸٤۳ ac	٤۰۷۷ b-f
۳۹۷۰۰۹-۸	۳٤۸ gh	ab٥۸٦	۱۱٥۲ ab	۷۱۰ d	۱۹۱۱ ab	٤۲۰۸ ab
۳۹٦۱٥۱-۷	٤۲٦ a	٥۸٦ ab	۱۱٦٥ a	۸۰٥ c	۱۹٥۳ a	٤۲۲۹ a
۳۹٦۱٤۰-۱٤	٤۰۲ a-d	٥۷٦ a-c	۱۱۱٦ a-d	۹۳۸ b	۱۸۸۰ a-c	٤۱٥۲ a-d
سانته	۳۸٥ c-f	٥٥٤ cd	۱۰۸۰ d-f	۱۰۲۹ a	۱۷٤۹ b-d	٤۰۲٤ d-g
آگریا	٤۰٥ a-d	٥۹۰ a	۱۱٦۰ a	۹۳۸ b	۱۹٤۸ a	٤۲۱۷ ab
ساتینا	٤۰۹ a-c	٥۱۱ e	۱۰۲٤ f	۱۰۰۱ ab	۱٦٤۷ d	۳۸۸۱ g
بورن	٤۱٤ ab	٥٤٤ d	۱۰٥٥ ef	۹۷٥ ab	۱۷٥۷ b-d	۳۹٥۷ fg
مارلا	۳۸٥ c-f	٥٥۲ cd	۱۰۷٦ d-f	۹۲٦ b	۱۰٥۷ d	٤۰۱٥ d-g
LSD %5	۲۷/٦	۲۸/۱	٥۷/۷	۸۹/۹	۱٦۳/۳	۱٥۰/۱

میانگین‌هایی در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ٦ - میانگین سه ساله درجه روز- رشد GDD و واحدهای گرمایی CHU ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان

ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی	درجه روز- رشد تا سبزشدن	درجه روز- رشد تا گلدهی	درجه روز رشد- تا رسیدگی فیزیولوژیک	واحدهای گرمایی تا سبزشدن	واحدهای گرمایی تا گلدهی	واحدهای گرمایی رسیدگی فیزیولوژیک
۳۹٦۱۵۱-۲۹	۱۷۹ cd	٤۲۹ bc	۹٦۷ b-d	۲۹٥ a	۷٦۱ bc	۱۹٥۸ b-d
۳۹۷۰۰۹-۷	۱٥٦ cd	٤۷۳ ab	۹۲٤ f	۲۱۷ c-f	۸٥۹ ab	۱۸۳٥ d
۳۹۷۰۰۷-۹	۱۳۷ d	٤٦۲ ab	۱۰۰۱ ab	۱۷۷ f	۸۳٦ ab	۱۹۱۰ b-d
۳۹۷۰۰۷-۱۱	۱۳۷ d	٤٥۰ ab	۹۳۸ d-f	۱۷۷ f	۸٦۸ bc	۱۸۷۳ cd
۳۹۷۰۹۷-۱٤	۱۳۳ d	٤٥٤ ab	۹۹۸ a-c	۱۷۲ f	۸۱۷ ab	۲۰٤۰ a-c
۳۹۷۰۰۹-۳	۱٤٦ cd	٤٤٦ ab	۹۲۷ ef	۱۹۸ d-f	۷۹۸ ab	۱۹۹۹ b-d
۳۹۷۰۰۹-۸	۱٤٥ cd	٤٤۳ ab	۹۸۹ a-c	۱۹۳ ef	۸۰۸ ab	۲۰٤۳ a-c
۳۹٦۱۵۱-۷	۱٤۲ cd	٤٤۲ ab	۱۰۰٥ a	۱۹۰ f	۷۹۱ ab	۲۰٥٦ ab
۳۹٦۱٤۰-۱٤	۲٤۱ a	٤٥۳ ab	۹۸۳ a-c	۲٦۳ a-d	۸۷٥ a	۱۹۷٦ b-d
سانته	۱۸٥ c	٤۷۹ a	۹۷۸ a-c	۲۷٥ a-c	٦٥٥ d	۱۹۷٥ b-d
آگریا	۱۹٦ a	٤٥۷ ab	۱۰۰۱ ab	۲۹٤ ab	۸٦٤ ab	۲۲۰٦ a
ساتینا	۱٦٥ cd	٤۳۱ a-c	۹٦۳ c-e	۲۳٥ a-f	۷٦۸ bc	۱۹۱۰ b-d
بورن	۱٦۰ cd	۳۹۳ cd	۹۲۷ ef	۹٦۷ b-f	٦۸٥ cd	۱۸٤٤ d
مارلا	۱۷٥ cd	۳۷۱ d	۹۷۹ a-c	۲٦۰ a-e	٦٥٥ d	۱۹۷٥ b-d
LSD %5	٤٥/۷	٤۸/٦	۳٦/۹	٦۹/٤	۱۰۳/۱	۱۷۷/٤

میانگین‌هایی در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ٥ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۷- گروه‌بندی رسیدگی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی براساس درجه روز- رشد GDD و واحدهای گرمایی CHU مورد نیاز برای رسیدگی در منطقه کوهستانی شاهکوه

گروه رسیدگی	درجه روز – رشد GDD	ژنوتیپ‌های گروه	واحد گرمایی CHU	ژنوتیپ‌های گروه
نیمه‌زودرس	۱۰۸۰–۱۰۲۰	سانته، ۱۱–۳۹۷۰۰۷، مارلا، ۷–۳۹۷۰۰۹، بورن، ساتینا	۴۰۰۰–۳۹۰۰	ساتینا، بورن، ۷–۳۹۷۰۰۹
نیمه‌دیررس	۱۱۳۰–۱۰۹۰	۲۹–۳۹۶۱۵۱، ۱۴–۳۹۶۱۴۰، ۳–۳۹۷۰۰۹ ، ۹–۳۹۷۰۰۷	۴۱۰۰–۴۰۰۱	۱۴–۳۹۶۱۴۰، ۹–۳۹۷۰۰۷، ۲۹–۳۹۶۱۵۱، مارلا، سانته، ۳–۳۹۷۰۰۹
دیررس	۱۱۸۰–۱۱۴۰	۸–۳۹۷۰۰۹، آگریا، ۷–۳۹۶۱۵۱، ۱۴–۳۹۷۰۹۷	۴۲۰۰–۴۱۰۱	۷–۳۹۶۱۵۱، ۸–۳۹۷۰۰۹، آگریا، ۱۴–۳۹۷۰۹۷

جدول ۸- گروه‌بندی رسیدگی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی براساس درجه روز –رشد GDD و واحدهای گرمایی CHU مورد نیاز برای رسیدگی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان

گروه رسیدگی	درجه روز– رشد GDD	ژنوتیپ‌های گروه	واحد گرمایی CHU	ژنوتیپ‌های گروه
نیمه‌زودرس	۹۰۰	۷–۳۹۷۰۰۹، ۱۱–۳۹۷۰۰۷، ۳–۳۹۷۰۰۹، بورن	۱۸۵۰	۱۱–۳۹۷۰۰۷، بورن، ۷–۳۹۷۰۰۹
نیمه‌دیررس	۹۵۰	۲۹–۳۹۶۱۵۱، ۱۴–۳۹۶۱۴۰، ۸–۳۹۷۰۰۹، ۱۴–۳۹۷۰۰۹۷، مارلا، ساتینا، سانته	۲۰۰۰–۱۸۵۰	۱۴–۳۹۶۱۴۰، ۹–۳۹۷۰۰۷، ۲۹–۳۹۶۱۵۱، مارلا، ۱۱–۳۹۷۰۰۷، سانته
دیررس	۱۰۰۰	آگریا، ۷–۳۹۶۱۵۱، ۹–۳۹۷۰۰۷	۲۲۰۰–۲۰۰۰	۷–۳۹۶۱۵۱، ۱۴–۳۹۷۰۹۷ ،آگریا

جدول ۹- مقایسه میانگین عملکرد و تعداد غده، ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی مناطق شاهکوه و گرگان

ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی	شاهکوه		گرگان	
	تعداد غده	عملکرد کل	تعداد غده	عملکرد کل
	(کیلوگرم در هکتار)		(کیلوگرم در هکتار)	
۳۹۶۱۵۱-۲۹	۸ c-e	۱۶۲۱۱ g	۱۱ a-e	۲۱۹۹۸ a-e
۳۹۷۰۰۹-۷	۱۰/۶ a-c	۲۸۱۵۶ ab	۱۰/۲ a-c	۲۷۰۵۶ a
۳۹۷۰۰۷-۹	۹/۷ a-d	۲۲۳۷۵ c-e	۸/۷ bc	۲۲۲۱۹ a-e
۳۹۷۰۰۷-۱۱	۹/۳ a-d	۲۲۱۱۲ ef	۸/۶ bc	۲۴۳۲۵ a-c
۳۹۷۰۹۷-۱۴	۱۱/۷ ab	۲۶۷۵۴ a-c	۱۰/۹ ab	۱۸۶۶۴ de
۳۹۷۰۰۹-۳	۱۲/۵ a	۲۸۴۴۶ a	۱۱/۹ a	۲۷۰۰۳ a
۳۹۷۰۰۹-۸	۹ b-d	۲۶۶۹۸ a-d	۱۰/۳ a-c	۲۰۴۳۱ c-e
۳۹۶۱۵۱-۷	۷/۱ de	۱۶۳۱۳ g	۱۰/۷ ab	۱۶۷۶۹ e
۳۹۶۱۴۰-۱۴	۷ de	۱۶۶۰۲ g	۸ c	۲۰۸۱۱ c-e
سانته	۷/۸ c-e	۲۰۰۴۹ e-g	۹/۷ a-c	۲۱۱۳۱ b-e
آگریا	۴/۸ e	۱۷۹۵۵ fg	۸/۲ c	۲۳۳۱۴ a-d
ساتینا	۷/۷ c-e	۲۳۹۵۹ b-e	۹ bc	۲۵۹۲۳ a-c
بورن	۶/۵ de	۲۲۵۲۵ c-e	۸/۷ bc	۲۲۳۴۳ a-e
مارلا	۶/۵ de	۲۲۳۳۱ d-f	۹/۷ a-c	۲۶۵۵۵ ab
LSD %5	۳/۴	۴۴۶۶	۲/۶	۵۸۷۲

میانگین‌هایی در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

به علت کاهش شاخص حرارتی درجه روز– رشد (GDD) واحدهای حرارتی تجمعی (CHU) در منطقه جلگه‌ای گرگان به علت کاهش دمای هوا در ابتدای فصل رشد و عدم برخورد با دماهای بالا ضرورت استفاده از ارقام متوسط و زودرس سیب‌زمینی نظیر ۷–۳۹۷۰۰۹، ساتینا و ۱٤–۳۹٦۱٤۰ بیشتر می‌باشد در حالیکه در منطقه کوهستانی شاهکوه با توجه به گرمتر بودن میانگین دما در طول فصل رویش و افزایش شاخص حرارتی درجه روز–رشد و واحدهای حرارتی تجمعی نیاز به استفاده از ارقام زودرس نظیر ۷–۳۹۷۰۰۹ و بورن می‌باشد.

منابع

1.Brown, D.M., and Bootsma, A. 1993. Crop heat units for corn and other warm season crops in Ontario. OntMinist. Agric. Food Factcheet, Agdex 111/31. ISSN No. 0225-7882. Ontario Ministry of Agriculture and Food, Queens Park, ONT. USA.

2.Brown, D.M., and Bootsma, A. 2006. Replaces Corn Heat Units in Southern Ontario.

3.Agric. Food Factcheet. Ontario Ministry of Agriculture and Food, Queens Park, ONT.USA.

4.Bullock, D., GNielson, R.L., and Nyquist, W.E. 1988. A growth analysis comparison of corn growth in conventional and equidistant plant spacing. Crop Sci., 24:1187-1191.

5.Christine, M., Waringtone, C., and Hutchinson, M. 2005. Accumulated growing degree day as a model to determine key developmental stages and evaluate yield and quality of Potato in north east florida, Proc. State. Hort. Soc., 118:98–101.

6.Colville, D.C., and Frey, K.J. 1986. Development rate and growth duration of oats in response to delayed sowing. Agron. J., 78:417-421.

7.Derieux, M., and Bonhomme, R. 1982. 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.

8.Dwyer, L.M., Evanson, L., and Hamilton, R.I. 2003. Maize physiological traits related to grain yield and harvest moisture in mid-to short season environments. Crop Sci., 34: 985-992.

9.Harris, P.M. 1992. The Potato Crop. Chapman and Halp Limtd.pp265.

10.Hay, R.H., and Walker, A.J. 1989. An Intioduction to the Physiology of Crop Yield Chapter 7. Longman Scientific and Technical Co. Published in U.S. John Willy and Sons. Inc. N.Y.

11.Ezekiel, R., and Bhargava, S.C. 2003. Potato leaf growth as influenced by photoperiods. Plant Physiol. Biochem., 18:91-95.

12.Khan, A.A., Jilani, M., Khan, S.M.Q., and Zubair, M. 2011.Impact of Crop Heat Units on Growth and Developmental Physiology of Future Crop. Effect of seasonal variation on tuber bulking rate of potato. J. Animal Plant Sci., 21: 31-37.

13.Lebaschy, M.H., and Sharifi Ashour Abadi, E. 2004. Application of physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. Pajouhesh & Sazandegi J. 65:65-75.
14.Lisinska, G., and Leszczynki, W. 1989. Potato science and Technology. Els vier. Sci. pub., p. 391.
15.Lomen, W.J.M., and Struik, P.C. 1990. Field performance minitubers of different sizes. Proceedings of the 11th Triennial Confrence EAPR. Edinburgh. 376-377.
16.Mendham, N.J., Shipway, P.A., and Scott, R.K. 1981.The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape *(Brassica napus*). J. Agri. Sci., 96: 389-416.
17.Mehta, A., Banerjee, V.N., and Kaley, D.M. 1988. Vegetative development of potato grown in autumn and spring in Panjab. Indian J. Plant Physiol., 31: 145-151.
18.Merfield, C.N. 2013. Potato Psyllid and Blight Management with Mesh Crop Covers.
19.Second Year's Results and Future Research Directions.The BHU Future Farming Centre Permanent Agriculture and Horticulture Science and Extension. July 2013. Report number 5-2013 V.
20.Mohabir, G., and John, P. 1998. Effect of temperature on starch synthesis in potato tuber tissue and in amyloplasts. Plant Physiol., 88: 1222-1228.
21.O' Brien, P.J., Allen, E.J., Bean, J.N., Griffith, R.L., Joxes, S.A., and Jones, J.L. 1995 Accumulated day-degrxes as a measure of physiological age anx the relationships with growth and yield in early potato varieties. J. Agric. Sci., 101: 513-631.
22.Plett, S. 1992. Comparison of seasonal thermal indices for measurement of corn maturity in a prairie environment. Can. J. Plant Sci., 72: 1157-1162.
23.Roth, G.W., and Yocum, J.O. 1997. Use of hybrid growing degree day ratings for corn in the northeastern USA. J. Prod. Agric., 10: 283-288.
24.Shaykewich, C.F. 1995. An appraisal of cereal crop phenology modelling. Can. J. Plant Sci., 75: 329-341.
25.Silva, L., and Pinto, C. 2005. Duration of the growth cycle and the yield potential of potato genotypes. Crop Breeding Appl. Biotech., 5: 20-28.
26.Stewart, D.W., Dwyer, L.M. and Carrigan, L. 1998. Phenologicl temperature response of maize. Agron. J., 90: 73-76.
27.Struik, P. 2007. Response of the potato plant to temperature. Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives: Elsevier. Oxford, U.K. p. 367-394.
28.Sun, W.C., Pan, Q.Y., An, X., and Yang, Y.P. 1991. Brassica and Brassica-related oilseed crops in Gansu, China. Proceedings of the 8th International Rapeseed Congress, Saskatoon, p. 1130-1135.
29.Yan, W., and Wallace, D.H. 1998. Simulation and prediction of plant phenology for five crops based on photoperiod temperature interaction. Ann of Bot., 81:705-716.

EJCP., Vol. 7 (3): 123-143
http://ejcp.gau.ac.ir

Heat unit evaluation of potato genotypes for determining different maturity groups in Gorgan region

R. Sarparast[1*] and K. Mashayekhi[2]
[1] Scientific member of Agriculture and Natural Research center, Glestan, [2]Associate Professor, Deptartment of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource, Iran
Recieved: 07/16/2013 ; Accepted: 07/21/2014

Abstract

In order to create different environmental conditions and to estimate the required growth degree days (GDD) and heat units (CHU), fourteen foreign and Iranian potato genotypes in three different maturity groups were evaluated in two regions, Shako Mountain, and plain region for three cropping seasons (2007-2010). The results revealed that both systems, i.e. GDD and CHU changed maturity group of some of the genotypes based on heat requirement during emergence and flowering. Some genotypes such as 397007-11 and Sante were grouped as the late matured compared to the previous grouping based on IBPGR. Year and year by genotype interaction effect were significant in both locations. Years with higher air average temperature increased the heat index 1200 (GDD) and 4000 (CHU) in the mountain region of Shahkooh whereas in the plain region of Gorgan GDD and CHU increased 1000 and 2000, respectively. Genotypes 397009-3 could be considered as the best genotype because of producing the highest tuber yield (27003 kg ha^{-1}) in autumn and spring cropping (28446 kg ha^{-1}), with production of 12.5 and 11.9 tuber $plant^{-1}$ in autumn and spring cropping, respectively. Based on the information available about the maturing groups according to IBPGR and the time of the phonological stages during evaluation of these genotypes, the grouping based on GDD seemed more logical.

Keywords: Physiological maturity, genotypes, GDD and CHU potato

[*]Corresponding author; ram_sarparast@yahoo.com