

آماده انتشار

ارزیابی واحدهای گرمایی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی برای تعیین گروه‌های مختلف

رسیدگی در مناطق گرگان

* رمضان سرپرست^۱ - کامبیز مشایخی^۲

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان ۲- دانشیار گروه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

به منظور ایجاد محیط‌های مختلف و امکان برآورد نیاز گرمایی با استفاده از درجه روز-رشد (GDD) و واحدهای گرمایی گیاه (CHU) تعداد ۱۴ ژنوتیپ داخلی و خارجی در سه گروه رسیدگی، در دو منطقه پست و جلگه‌ای گرگان و منطقه کوهستانی شاهکوه طی سالهای ۱۳۸۶، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ به مرحله اجرا درآمد. نتایج حاصل نشان داد که هردو سیستم GDD و CHU تغییراتی را در گروه بندی برخی ژنوتیپ‌ها بر اساس نیاز گرمایی در مرحله سبز شدن و گلدهی ایجاد نمودند که کاملاً متفاوت بود، بطوری که برخی ژنوتیپ‌ها مانند ۱۱-۳۹۷۰۰۷ و سانتی دیرگل تراز گروه بندی اولیه خود بر مبنای گروه بندی 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 ۱۲۰۰ درجه روز-رشد و ۴۰۰۰ واحد های حرارتی تجمعی (CHU) در شاهکوه در مقابل ۱۰۰۰ درجه روز-رشد (GDD) و ۲۰۰۰ واحدهای حرارتی تجمعی (CHU) گرگان گردید. در نتیجه نهایی عملکرد غده، ژنوتیپ ۳-۳۹۷۰۰۹ ضمن داشتن بالاترین عملکرد در هر دو منطقه کاشت یعنی پاییزه با (۲۷۰۰۳ کیلوگرم در هکتار) و بهار با (۲۸۴۴۶ کیلوگرم در هکتار) توانست بترتیب با ۱۲/۵ و ۱۱/۹ غده در بوته در کاشتهای پاییزه و بهار 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 GDD منطقی‌تر به نظر می‌رسد.

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

درجه حرارت هوا، شاخص ثابت و پایداری است که استفاده از آن بصورت درجه روز- رشد^۱ (GDD) و یا واحد گرمایی برای تخمین دوره رشد و نمو گیاه، طبقه‌بندی‌ها، هیبریدها و یا ارزیابی‌های اقلیمی بمنظور اتخاذ روش صحیح در تولید محصولات زراعی، مورد تاکید قرار گرفته است. دما یک عامل کلیدی برای زمان بندی بسیاری از فرآیندهای بیولوژیکی گیاه جهت رشد و نمو بشمار می‌رود. سرعت رشد گیاهان زراعی با یکدیگر متفاوت بوده و تابع خصوصیات ژنتیکی و عوامل محیطی می‌باشد. کاشت در دو اقلیم متفاوت موجب تفاوت در روند رشد آن می‌گردد (لباسچی و شریفی، ۲۰۰۴). تولید محصول سیب‌زمینی 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 وضعیت 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 شاخص‌های رشد، متابولیسم، زیست-توده، رسیدگی فیزیولوژیکی و عملکرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد. درجه روز- رشد به ارزیابی مناسب بودن یک منطقه برای تولید یک گیاه زراعی، تعیین مراحل رشدی محصولات کشاورزی، بررسی بهترین زمان کود، علف‌کش و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد پرداخته و برآورد تجمع حرارتی ناشی از تنش گرمایی بر محصولات کشاورزی را پیش بینی کرده و زمان رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه، تاریخ‌های برداشت و ساخت مدل آب و هوا متناسب را برای محصول مورد نظر فراهم می‌کند (کریستین و همکاران، ۲۰۰۵). سیستم واحد دمایی دیگری که در کانادا مورد استفاده قرار می‌گیرد، سیستم واحدهای گرمایی محصول^۲ (CHU) است (براون و بوتسما، ۱۹۹۳). تمامی فرآیندهای فیزیکی و فیزیولوژیکی به دما وابسته می‌باشد در سیستم های واحد گرمایی محصول (CHU) یا درجه روز- رشد (GDD) فرض می‌شود که به طور کلی 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، ۲۰۰۶). واحدهای گرمایی محصول (CHU) 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

1 - Grow degree day

2- Crop heat unit

داد در مناطقی که ارتفاع بالاتر از ۴۵۰ متر داشتند مقدار واحدهای گرمایی (CHU) دریافت شده برای محصول مورد نظر بیشتر بوده است. لازم به ذکر است که شیب و نوع خاک هم بر روی حرارت دریافتی متأثر می باشد چرا که شیب‌هایی با دامنه جنوبی، واحدهای گرمایی محصول بیشتری را دریافت می کند (مرفیلد، ۲۰۱۳). دما، نرخ رشد بسیاری از گیاهان را کنترل می کند 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 می رود. 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°) می پردازد و یک رابطه خطی را بین درجه حرارت و طول زمانی برای تکمیل مراحل رشدی برقرار می کند (دویر و همکاران، ۲۰۰۳). درجه حرارت تقریباً در تمام فرآیندهای بیولوژیکی گیاهان زراعی نقش کلیدی داشته و به عنوان یکی از مهم ترین وقایع محیطی، فنولوژی و عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد (آدام و همکاران، ۱۹۹۴). یان و والاس (۱۹۹۸) اثرات متقابل میان دما و فتوپریود را به عنوان مهمترین عامل محیطی جهت برآزش مدل فنولوژیکی سیب زمینی بکار بردند. دماهای بالا به عنوان عامل اصلی محدود کننده عملکرد سیب زمینی در مناطق گرم، بشمار می رود. مطالعات انجام شده هاورکورت (۱۹۹۰) تاکید می کند که سازگاری سیب زمینی به اقلیم های سرد، نظیر مناطق مرتفع اقلیم های حاره ای که دارای میانگین روزانه دما بین ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتیگراد می باشند، بیشتر است. ارقام سیب زمینی در رویشگاه های مختلفی در اراضی هم سطح دریا تا اراضی با ارتفاع چهار هزار متر که دارای تفاوت هایی از نظر درجه حرارت، طول روز، مقدار رطوبت و دیگر شرایط آب و هوایی هستند، قابل کشت می باشد (لمون و استریوک، ۱۹۹۰). براساس خصوصیات مرفولوژیکی بخش های هوایی، نمو غده ارقام سیب زمینی را می توان به چهار مرحله متمایز: مرحله نخست کاشت تا سبز شدن، مرحله تشکیل غده ها که همراه با ظهور گل بوده و مرحله بزرگ شدن غده ها و رسیدن غده ها تقسیم نمود. اصول به زراعی و فیزیولوژیکی سیب زمینی از نظر زمان لازم برای رسیدن به حداکثر محصول اقتصادی به سه دسته؛ زودرس، متوسط رس و دیررس تقسیم شده و از نظر گل دهی گیاهی روزبلند بوده و از نظر غده بندی گیاهی روزکوتاه بشمار می رود (هی و واکر، ۱۹۸۹). توصیف نامه (دیسکریپتورهای)^۱ که برای ارزیابی صفات گیاه سیب زمینی مورد استفاده قرار می گیرد، توسط مجمع جهانی ذخایر توارث گیاهی^۲ تدوین شده و به سه مرحله جوانه (سبز شدن)، گلدهی و رسیدگی تقسیم می شود (سیلوا، ۲۰۰۵). بر اساس نظریه ایفنکو و آلن (۱۹۹۸) غده بندی سیب زمینی در اوایل دوره رشد صورت می پذیرد، این

1- IPGRI

2- IBPGR

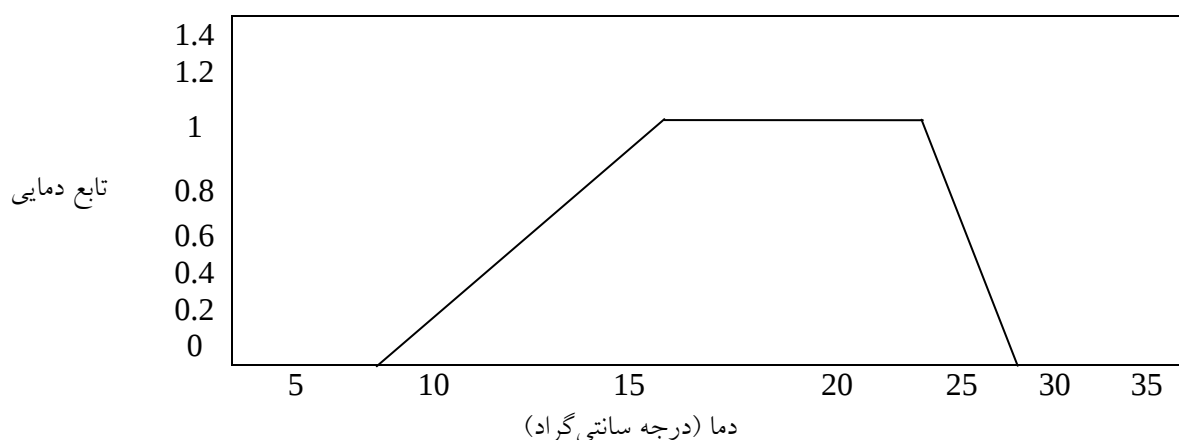
زمان حدود ۳ هفته پس از کاشت انجام می‌گردد و با توسعه سریعتر سطح برگ و مرگ دیر هنگام برگ، بر میزان عملکرد غده‌ها افزوده می‌گردد. تصمیم‌گیری درخصوص انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب سیب‌زمینی از نظر گروه رسیدگی زودرس، متوسط‌رس و دیررس نیازمند تعیین پارامترهای اقلیمی و امکان برآورد نیاز گرمایی متناسب با فصل رشد سیب‌زمینی بوده که این خصوصیات مرفولوژیکی در ارزیابی صفات گیاه سیب‌زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. 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 بررسی‌های لیزینسکا و همکاران (۱۹۸۹) فاصله کاشت تا زمان برداشت سیب‌زمینی ممکن است بین ۶۰ تا ۲۰۰ روز طول بکشد. در اروپای شرقی و مرکزی از تقسیم‌بندی کاملاً "دیررس، دیررس، متوسط‌رس، زودرس و کاملاً" زودرس استفاده می‌گردد. وانکولن و استولن (۱۹۹۵) دماهای میانگین، حداقل و حداکثر، مقدار بارندگی و طول روز را به عنوان مهم‌ترین عوامل اقلیمی عنوان کرده و بر پایه آن تقسیم‌بندی اقلیمی را برای گیاه سیب‌زمینی بکار بردند. درکشت‌های دیر هنگام هدف این است که محصول از باقیمانده فصل رشد طوری استفاده کند که بتواند به طور معمول به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی برسد. موهیبیروجان (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 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 از مراحل 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، ۱۹۸۶). 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 در مناطق مختلف آب و هوایی باعث می‌گردد تا محصول و درآمد تولیدکنندگان سیب‌زمینی با مخاطره همراه باشد. بمنظور تعیین نیاز حرارتی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در گروه‌های مختلف رسیدگی و امکان گروه-بندی 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 ۱۴ ژنوتیپ سیبزمینی به نامهای ۳۹۶۱۵۱-۷، ۳۹۷۰۰۹-۸، ۳۹۷۰۰۹-۳، ۳۹۷۰۹۷-۱۴، ۳۹۷۰۰۷-۱۱، ۳۹۷۰۰۷-۹، ۳۹۷۰۰۹-۷، ۳۹۶۱۵۱-۲۹، ۳۹۶۱۴۰-۱۴، سانتا، آگريا، ساتینا، بورن و مارلا در ۴ خط ۴ متری با فواصل ردیف ۷۵ سانتی متر و فاصله بوته-ها روی خطوط ۲۵ سانتی متر، در دو منطقه؛ گرگان با مختصات جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه ۵۵ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالانه ۴۵۰ میلی متر به صورت کشت پاییزه و دیگری منطقه شاهکوه با مختصات جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی، با ارتفاع ۲۵۴۰ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالانه ۲۷۵ میلی متر به صورت بهار در اواسط اردیبهشت طی سالهای ۱۳۸۶، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ اجرا گردید. فواصل تکرارها از یکدیگر ۲ متر و روش کاشت بصورت جوی و پشته ای بود. در طی فصل رشد اندازه گیری هایی شامل تعداد روز تا مراحل فنولوژیکی سبز شدن، شروع و پایان گلدهی بر اساس تعداد روز تا زمانی که ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت به آن مرحله برسند و رسیدگی فیزیولوژیکی بر اساس هنگامی که ۸۰ درصد برگها خشک شود، محاسبه و همچنین به منظور تعیین عملکرد نهایی غده سیبزمینی در انتهای مرحله رشد از هر کرت ۳ متر مربع نمونه برداری و سپس وزن تر غده ها انجام گردید. نیاز حرارتی هر ژنوتیپ در هر گروه رسیدگی بر اساس سیستم های GDD و CHU بطور جداگانه بشرح زیر محاسبه شد:

$$\text{GDD} = (T_p - T_b) \times f \quad \text{معادله (۱)}$$

معادله (۱) چگونگی محاسبه GDD به روش اصلاح شده را نشان می دهد که در آن T_p دمای مطلوب، T_b دمای پایه و f ضریبی است که با استفاده از منحنی واکنش گیاه به دما استخراج می شود. مقدار f در فاصله 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 در گیاه سیبزمینی

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

$$\text{CHU}_{\text{day}} = 3.33(T_{\text{max}} - 10) - 0.084 (T_{\text{max}} - 10)^2 \quad (۲) \text{ واحد گرمایی روزانه}$$

$$\text{CHU}_{\text{night}} = 1.8 (T_{\text{min}} - 4.4) \quad (۳) \text{ واحد گرمایی شبانه}$$

$$\text{CHU} = \frac{\text{CHU}_{\text{day}} + \text{CHU}_{\text{night}}}{3} \quad (۴) \text{ واحد گرمایی مورد نیاز}$$

در نهایت نیاز حرارتی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی برای تعیین گروه‌های مختلف رسیدگی با استفاده از نرم-افزار SAS مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفته و مقایسه میانگین داده‌ها با روش LSD در سطح احتمال پنج درصد 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 $\times$ ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار 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 ۳۹۶۱۵۱-۷، ۳۹۶۱۵۱-۲۹، ساتینا، بون، آگیا دارای بالاترین درجه روز-رشد تا سبز شدن و ژنوتیپ ۳۹۷۰۰۹-۳ کمترین GDD، تا سبز شدن را دارا بودند (جدول ۵). 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 (جدول ۲).

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 $\times$ ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی بودند (جدول ۳). در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی از نظر درجه روز-رشد تا گلدهی ژنوتیپ‌های ۳۹۷۰۹۷-۱۴ و آگیا بالاترین درجه روز - رشد تا گلدهی را به دست آوردند که نسبت به شاهد بون در حدود ۹ درصد بیشتر بوده است. این موضوع در مورد ژنوتیپ ساتینا برعکس بوده و به نظر می‌رسد که دوره پر شدن غده در این ژنوتیپ سریع‌تر انجام شود (جدول ۵). بطور کلی

گروه دیررس حدود ۶۰۰-۵۹۰ درجه روز- رشد، گروه نیمه‌دیررس حدود ۵۶۰ درجه روز- رشد و گروه نیمه‌زودرس حدود ۵۴۰ 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 X ژنوتیپ در سطح احتمال پنج در صد معنی‌دار بودند (جدول ۳). 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 ۱۱۸۰-۱۱۴۰ درجه روز - رشد شامل ژنوتیپ‌های ۷-۳۹۶۱۵۱، آگria، ۸-۳۹۷۰۰۹، ۱۴-۳۹۷۰۹۷، گروه بعدی ژنوتیپ‌های نیمه‌دیررس شامل ژنوتیپ‌های ۲۹-۳۹۶۱۵۱، ۱۴-۳۹۶۱۴۰، ۳-۳۹۷۰۰۹، ۹-۳۹۷۰۰۷، با میانگین حدود ۱۱۳۰-۱۰۹۰ درجه روز- رشد، و بر اساس گروه رسیدگی نیمه‌زودرس شامل ژنوتیپ‌های سانه، 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 ۱۴-۳۹۷۰۹۷ 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 X 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 براساس CHU مورد نیاز تا سبز شدن، ژنوتیپ‌های دیررس بیشترین مقدار CHU را دارا بودند (جدول ۵). ژنوتیپ‌های ۲۹-۳۹۶۱۵۱ و سانه 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 ۱۴-۳۹۷۰۱۴ با افزایش ۱۲ درصد نسبت به شاهد بورن با ۱۹۶۳ واحدهای گرمایی دیررس‌ترین تیمار و ساتینا کمترین مقدار CHU 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 در صد و اثر متقابل سال X ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که گروه ژنوتیپ‌های دیررس شامل، ۷-۳۹۶۱۵۱، ۸-۳۹۷۰۰۹، آگria و ۱۴-۳۹۷۰۹۷، بالاترین مقدار CHU مورد نیاز را برای این مرحله بخود اختصاص دادند (جدول ۵). میانگین نیاز حرارتی در این گروه حدود ۴۲۰۰ واحد گرمایی بوده است (جدول ۷). درگروه رسیدگی بعدی (نیمه‌دیررس) شامل ژنوتیپ‌های ۲۹-۳۹۶۱۵۱، ۹-۳۹۷۰۰۷، ۳-۳۹۷۰۰۹، ۱۴-۳۹۶۱۴۰، ۱۱-۳۹۷۰۰۷، سانه، مارلا میانگین نیاز حرارتی در این گروه حدود ۴۱۰۰ واحد گرمایی بوده است. سایر ژنوتیپ‌ها شامل بورن، ساتینا و ۷-۳۹۷۰۰۹، با نیاز حرارتی کمتر (۴۰۰۰) واحد گرمایی درگروه 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 در گروه نیمه‌زودرس قرار گرفت (جدول ۷).

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 ۱۴-۳۹۶۱۴۰ و آگria بالاترین درجه روز-رشد و ژنوتیپ ۱۴-۳۹۷۰۹۷ کمترین درجه روز-رشد تا سبز شدن را دارا بودند (جدول ۶). در تجزیه واریانس مرکب سه ساله درجه روز-رشد تا سبز شدن و گلدهی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان نشان داد که اثر سال و اثر ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد و اثر سال X ژنوتیپ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۴).

درجه روز-رشد (GDD) تا گلدهی:

در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی از نظر درجه روز-رشد تا گلدهی ژنوتیپ‌های سانه و آگria به ترتیب با ۴۷۹ و GDD ۴۷۵ بالاترین و ژنوتیپ مارلا با GDD ۳۷۱ کمترین درجه روز-رشد تا گلدهی را بدست آوردند. بطور میانگین گروه دیررس حدود ۴۸۰ درجه روز-رشد، گروه نیمه‌دیررس حدود ۴۵۰ درجه روز-رشد و گروه نیمه‌زودرس حدود ۴۲۰ 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 X ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که گروه ژنوتیپ‌های دیررس بالاترین مقدار GDD مورد نیاز را برای این مرحله دارا بودند (جدول ۶). این گروه با میانگین رسیدگی حدود ۱۰۰۰ درجه روز-رشد شامل؛ ژنوتیپ‌های ۷-۳۹۶۱۵۱، آگria، ۱۴-۳۹۷۰۹۷، گروه نیمه‌دیررس‌ها شامل؛ ژنوتیپ‌های ۱۴-۳۹۷۰۹۷، ۸-۳۹۷۰۰۹، ۱۴-۳۹۶۱۴۰، ۲۹-۳۹۶۱۵۱، سانه، ساتینا و مارلا با ۹۵۰ درجه روز-رشد و گروه بعدی یعنی نیمه‌زودرس شامل؛ ۱۱-۳۹۷۰۰۷، ۷-۳۹۷۰۰۹، ۳-۳۹۷۰۰۹ و بورن با ۹۰۰ درجه روز-رشد قرار گرفتند (جدول ۸). دوبر و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که در اکثر موارد در سیستم GDD واحدهای حرارتی مورد نیاز برای دوره پرشدن بیش از حد واقع برآورد می‌شود در حالیکه روت ویاکوم (۱۹۹۷) اعلام کردند که این موضوع فقط در سال‌هایی که دمای هوا بطور مشهود کمتر از حد عادی می‌باشد، اتفاق می‌افتد. اوبرین و همکاران (۱۹۹۵) میزان ذخیره حرارت GDD را در غده‌های سیب‌زمینی به عنوان 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 $\times$ ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند (جدول ۴). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی از نظر واحدهای گرمایی تجمعی تا سبز شدن نشان داد که براساس CHU مورد نیاز، ژنوتیپ‌های دیررس همانند ۲۹-۳۹۶۱۵۱ و آگریا به ترتیب با ۲۹۵ و ۲۹۴ واحد بیشترین و ژنوتیپ ۱۴-۳۹۷۰۹۷ با مقدار ۱۷۲ واحد کمترین واحدهای گرمایی تجمعی سبز شدن را دارا بودند (جدول ۶). در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی از نظر واحدهای گرمایی تجمعی تا گلدهی ژنوتیپ ۷-۳۹۷۰۰۹، آگریا و ۱۴-۳۹۷۰۹۷ به ترتیب با ۸۷۵، ۸۶۴ و ۸۵۹ واحد CHU بالاترین تیمار شناخته شدند. تیمار شاهد ساتینا با ۱۹۰۰ واحد تجمعی CHU در گروه 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 $\times$ ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند (جدول ۴). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که گروه ژنوتیپ‌های دیررس شامل ۷-۳۹۶۱۵۱، آگریا، ۱۴-۳۹۷۰۹۷ بالاترین مقدار CHU مورد نیاز را برای این مرحله بخود اختصاص دادند (جدول ۸). میانگین نیاز حرارتی در این گروه حدود ۲۲۰۰-۲۰۰۰ واحد گرمایی CHU بوده است (جدول ۸). در گروه رسیدگی بعدی (نیمه‌دیررس) شامل ژنوتیپ‌های ۲۹-۳۹۶۱۵۱، ۹-۳۹۷۰۰۷، ۱۴-۳۹۶۱۴۰، ساتینا، سائته، مارلا میانگین نیاز حرارتی در این گروه حدود ۲۰۰۰-۱۸۵۰ واحد گرمایی CHU بوده است. سایر ژنوتیپ‌ها شامل ۷-۳۹۷۰۰۹، بورن، ۱۱-۳۹۷۰۰۷ با نیاز حرارتی کمتر از ۱۸۵۰ واحد گرمایی CHU در گروه نیمه‌زودرس قرار گرفتند (جدول ۸). بطور کلی گروه‌بندی رسیدگی ژنوتیپ‌های مورد بررسی و CHU مورد نیاز در دو منطقه شاهکوه و گرگان در (جدول ۷ و ۸) خلاصه می‌شود. بررسی نتایج حاصل از هر دو سیستم برآورد واحدهای گرمایی مورد نیاز یعنی CHU و GDD نشان داد که هر دو 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، صرف‌نظر از اندازه متوسط غده‌های تولید شده به عنوان شاخص مهم اقتصادی و در واقع هدف اصلی از تولید سیب‌زمینی محسوب می‌شود. همچنانکه 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 (۲۸۴۴۶ کیلو گرم در هکتار) توانست بترتیب با ۱۲/۵ و ۱۱/۹ غده در بوته درکاشت‌های 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 درکشت 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 بارگاو (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) از کشت 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 به نظر می‌رسد، بویژه اینکه این گروه‌بندی با گروه‌بندی انجام شده با استفاده از هر دو سیستم GDD و CHU براساس واحدهای حرارتی مورد نیاز در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی کارآمدتر می‌باشد. چرا که در سیستم CHU تناقض جدی در نیاز حرارتی گروه‌های مختلف رسیدگی و تفسیر نتایج آنها بخصوص در زمان رسیدگی فیزیولوژیک مشاهده می‌گردد. براون و بوتسیما (۱۹۹۳) شاخص CHU را بعنوان روشی مناسب که زمان بلوغ را با اطمینان برآورد می‌کند اعلام نمودند، درحالیکه پلت (۱۹۹۲) اعلام کرد که زمان گرمایی لازم برای پرشدن غده بسته به زمان، مکان و سال تغییر می‌کند. دوریوکس و همکاران (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 به منظور 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 (جدول ۴ و ۶). در نتایج حاصله این آزمایش در دو اقلیم متفاوت (منطقه کوهستانی شاهکوه و بخش جلگه‌ای گرگان) با توجه به آمار هواشناسی، در بخش جلگه‌ای گرگان بطور 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 CHU و GDD بطور متوسط نیاز به ۱۲۰۰ واحد درجه روز-رشد و ۴۰۰۰ 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 نکند. 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 از سیستم GDD و CHU بویژه زمانی که دمای هوا کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد باشد، متفاوت خواهد بود. در مطالعات محققان کانادایی دویر و همکاران (۲۰۰۳) و استوارت و همکاران (۱۹۹۸) اعلام شده است که سیستم GDD برآورد قابل اطمینانی را از واحد-های 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 تاخیر روبرو می‌سازد، بلکه باعث برداشت دیر هنگام با رطوبت بالا، همراه با کاهش کمیت و کیفیت آن می‌گردد. بنابراین ضرورت استفاده از ارقام متوسط و زودرس در کشت‌های تاخیری اجتناب‌ناپذیر است.

پیشنهادهای :

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 ۱۴-۳۹۶۱۴۰ 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.

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	درجه روز- رشد	درجه روز- رشد	درجه روز- رشد تا	واحدهای گرمایی	واحدهای گرمایی	واحدهای گرمایی تا	رسیدگی فیزیولوژیک
		تا سبز شدن	تا گلدهی	رسیدگی فیزیولوژیک	تا سبز شدن	تا گلدهی	رسیدگی فیزیولوژیک	
سال	۲	۷۴۲۷۸**	۳۱۲۴۷۰**	۲۱۳۳۲۵**	۱۳۰۹۷۸**	۲۸۰۵۰۶۵**	۱۲۵۳۹۵۷**	
مکان	۱	۲۹۹۳۱۴۰**	۱۳۱۶۵۶۸**	۱۴۱۶۱۶۵**	۲۹۵۶۸۰۲۵**	۵۷۱۴۹۵۲۴**	۲۵۳۷۳۶۹۸۲**	
مکان × سال	۲	۷۷۷۳**	۱۵۹۶۵۱**	۴۸۹۷۷**	۳۹۴۰۴۷**	۶۳۰۵۰۹**	۲۷۱۹۳۳۲**	
مکان × سال × تکرار	۱۲	۵۰۶۹۸**	۲۵۳۰۶**	۶۶۱۱۸**	۳۷۸۶ ^{ns}	۱۰۲۶۶۷**	۳۰۸۵۴ ^{ns}	
ژنوتیپ	۱۳	۶۹۳۷**	۲۹۸۹**	۸۵۶۷**	۷۸۲۹۴**	۵۵۳۰۹۴*	۸۱۹۲۸**	
ژنوتیپ × سال	۲۶	۱۹۳۹**	۲۵۵۰**	۶۴۲۸**	۲۵۰۸۵**	۴۷۹۷۷*	۶۳۹۸۳**	
ژنوتیپ × مکان	۱۳	۳۳۱۶**	۴۸۴۰**	۹۴۹۶**	۸۸۲۸۹**	۷۱۴۸۹**	۱۴۵۶۵ ^{ns}	
ژنوتیپ × مکان × سال	۲۶	۱۴۷۹**	۲۸۴۸**	۲۵۵۴**	۲۸۸۶۵**	۴۳۴۰۶*	۱۱۴۹۹۵**	
اشتباه	۱۵۶	۴۸۹	۸۰۵	۱۱۶۹	۵۰۵۳	۱۸۵۱۸	۲۳۷۵۶	
ضریب تغییرات درصد		۸/۱	۵/۷	۳/۲	۱۲/۱	۱۰/۱۹	۵/۱	

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ 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	درجه روز رشد	درجه روز-رشد	درجه روز-رشد تا	واحدهای گرمایی	واحدهای گرمایی	واحدهای گرمایی
کاشت	تا سبز شدن	تا گلدهی	رسیدگی فیزیولوژیک	تا سبز شدن	تا گلدهی	رسیدگی فیزیولوژیک
شاهکوه	۳۸۴/۵ ^a	۵۶۸/۴ ^a	۱۱۱۲/۷ ^a	۹۲۸/۵ ^c	۱۸۱۰/۴ ^a	۴۰۶۷/۴ ^a
گرگان	۱۶۶/۶ ^b	۴۲۳/۸ ^b	۹۶۲/۸ ^b	۲۴۳/۴ ^b	۸۵۸/۱ ^b	۲۰۶۰/۶ ^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	درجه روز-رشد	درجه روز-رشد تا	واحدهای گرمایی	واحدهای گرمایی	واحدهای گرمایی تا	رسیدگی فیزیولوژیک
		تا سبزشدن	تا گلدهی	رسیدگی فیزیولوژیک	تا سبزشدن	تا گلدهی	رسیدگی فیزیولوژیک	رسیدگی فیزیولوژیک
سال	۲	۹۶۲۲۲**	۳۷۶۷۶**	۱۱۲۱۲۸**	۵۴۱۴۴۶**	۱۱۷۳۱۵۸**	۲۴۶۸۹۱**	
سال / تکرار	۶	۱۴۸۱۰۳**	۷۴۴ ^{ns}	۳۸۹۵ ^{ns}	۱۱۰۱ ^{ns}	۲۸۵۵۳ ^{ns}	۲۶۴۹۸ ^{ns}	
ژنوتیپ	۱۳	۴۳۹۴**	۲۷۶۵**	۱۰۷۲۲**	۷۸۲۹۹**	۵۶۸۸۴**	۶۸۹۹۸**	
سال * ژنوتیپ	۲۶	۴۲۶۲**	۴۰۳۵**	۹۰۵۰*	۶۲۹۱۵**	۹۶۲۱۹**	۶۰۸۷۱**	
اشتباه	۷۸	۵۶۸	۵۹۰	۲۴۸۱	۶۰۲۵	۱۹۸۶۸	۱۶۷۶۵	
ضریب تغییرات درصد		۶/۱	۴/۳	۴/۵	۸/۶	۷/۷	۳/۱	

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

جدول ۴- 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	درجه روز-رشد	درجه روز-رشد تا	واحدهای گرمایی	واحدهای گرمایی	واحدهای گرمایی تا	رسیدگی فیزیولوژیک
		تا سبزشدن	تا گلدهی	رسیدگی فیزیولوژیک	تا سبزشدن	تا گلدهی	رسیدگی فیزیولوژیک	رسیدگی فیزیولوژیک
سال	۲	۷۱۴۰۰**	۸۰۶۷۳۶**	۳۴۶۷۵۷**	۲۵۹۱۸۵**	۴۷۰۷۷۷۳**	۶۰۱۳۴۰۰**	
سال / تکرار	۶	۳۰۲۲ ^{ns}	۲۴۹۹ ^{ns}	۱۵۵۳ ^{ns}	۳۵۰۹ ^{ns}	۹۳۶۱ ^{ns}	۴۲۵۶۵ ^{ns}	
ژنوتیپ	۱۳	۵۲۶۳**	۵۵۴۷**	۴۳۸۷**	۱۱۶۲۴**	۲۴۰۴۳**	۵۶۳۳۶*	
سال * ژنوتیپ	۲۶	۴۰۸۶*	۵۳۵۶*	۷۸۲۰**	۷۹۹۲**	۲۳۱۷۶**	۸۸۹۱۰**	
اشتباه	۷۸	۱۵۶۲	۱۷۶۷	۱۰۱۷	۳۵۹۱	۷۹۱۸	۲۳۴۴۶	
ضریب تغییرات درصد		۲۴/۰۲	۹/۴۷	۳/۲۷	۲۴/۵۴	۱۱/۱۷	۷/۷۳	

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ^{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 سیب‌زمینی	درجه روز- رشد	درجه روز- رشد	درجه روز- رشد	واحدهای گرمایی	واحدهای گرمایی	واحدهای گرمایی رسیدگی
تا سبزشدن	تا گلدهی	فیزیولوژیک	تا سبزشدن	تا گلدهی	فیزیولوژیک	
۳۹۶۱۵۱-۲۹	۴۱۹ ^{ab}	۵۶۹ ^{a-d}	۱۱۱۸ ^{a-d}	۱۰۵۷ ^a	۱۸۱۰ ^{a-d}	۴۱۲۲ ^{a-e}
۳۹۷۰۰۹-۷	۳۷۲ ^{e-g}	۵۵۲ ^{cd}	۱۰۶۴ ^{d-f}	۸۲۵ ^c	۱۷۴۹ ^{b-d}	۳۹۸۳ ^{e-g}
۳۹۷۰۰۷-۹	۳۹۷ ^{b-e}	۵۶۲ ^{b-d}	۱۰۹۱ ^{c-e}	۹۸۸ ^{ab}	۱۸۰۲ ^{a-d}	۴۰۴۹ ^{c-f}
۳۹۷۰۰۷-۱۱	۳۸۶ ^{c-f}	۵۵۴ ^{cd}	۱۰۷۸ ^{d-f}	۹۲۴ ^b	۱۷۵۴ ^{b-d}	۴۰۲۰ ^{d-g}
۳۹۷۰۹۷-۱۴	۳۵۹ ^{f-h}	۵۹۲ ^a	۱۱۵۱ ^{a-c}	۸۰۶ ^c	۱۹۶۳ ^a	۴۱۷۶ ^{a-c}
۳۹۷۰۰۹-۳	۳۳۶ ^h	۵۷۱ ^{a-d}	۱۱۰۱ ^{b-e}	۶۹۷ ^d	۱۸۴۳ ^{ac}	۴۰۷۷ ^{b-f}
۳۹۷۰۰۹-۸	۳۴۸ ^{gh}	۵۸۶ ^{ab}	۱۱۵۲ ^{ab}	۷۱۰ ^d	۱۹۱۱ ^{ab}	۴۲۰۸ ^{ab}
۳۹۶۱۵۱-۷	۴۲۶ ^a	۵۸۶ ^{ab}	۱۱۶۵ ^a	۸۰۵ ^c	۱۹۵۳ ^a	۴۲۲۹ ^a
۳۹۶۱۴۰-۱۴	۴۰۲ ^{a-d}	۵۷۶ ^{a-c}	۱۱۱۶ ^{a-d}	۹۳۸ ^b	۱۸۸۰ ^{a-c}	۴۱۵۲ ^{a-d}
سانته	۳۸۵ ^{c-f}	۵۵۴ ^{cd}	۱۰۸۰ ^{d-f}	۱۰۲۹ ^a	۱۷۴۹ ^{b-d}	۴۰۲۴ ^{d-g}
آگریا	۴۰۵ ^{a-d}	۵۹۰ ^a	۱۱۶۰ ^a	۹۳۸ ^b	۱۹۴۸ ^a	۴۲۱۷ ^{ab}
ساتینا	۴۰۹ ^{a-c}	۵۱۱ ^e	۱۰۲۴ ^f	۱۰۰۱ ^{ab}	۱۶۴۷ ^d	۳۸۸۱ ^g
بورن	۴۱۴ ^{ab}	۵۴۴ ^d	۱۰۵۵ ^{ef}	۹۷۵ ^{ab}	۱۷۵۷ ^{b-d}	۳۹۵۷ ^{fg}
مارلا	۳۸۵ ^{c-f}	۵۵۲ ^{cd}	۱۰۷۶ ^{d-f}	۹۲۶ ^b	۱۰۵۷ ^d	۴۰۱۵ ^{d-g}
LSD %5	۲۷/۶	۲۸/۱	۵۷/۷	۸۹/۹	۱۶۳/۳	۱۵۰/۱

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

جدول ۶ - میانگین سه ساله درجه روز- رشد GDD و واحدهای گرمایی CHU ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان

ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی	درجه روز- رشد تا سبز شدن	درجه روز- رشد	درجه روز رشد- تا رسیدگی فیزیولوژیک	واحدهای گرمایی تا سبز شدن	واحدهای گرمایی	واحدهای گرمایی رسیدگی فیزیولوژیک
۳۹۶۱۵۱-۲۹	۱۷۹ ^{cd}	۴۲۹ ^{bc}	۹۶۷ ^{b-d}	۲۹۵ ^a	۷۶۱ ^{bc}	۱۹۵۸ ^{b-d}
۳۹۷۰۰۹-۷	۱۵۶ ^{cd}	۴۷۳ ^{ab}	۹۲۴ ^f	۲۱۷ ^{c-f}	۸۵۹ ^{ab}	۱۸۳۵ ^d
۳۹۷۰۰۷-۹	۱۳۷ ^d	۴۶۲ ^{ab}	۱۰۰۱ ^{ab}	۱۷۷ ^f	۸۳۶ ^{ab}	۱۹۱۰ ^{b-d}
۳۹۷۰۰۷-۱۱	۱۳۷ ^d	۴۵۰ ^{ab}	۹۳۸ ^{d-f}	۱۷۷ ^f	۸۶۸ ^{bc}	۱۸۷۳ ^{cd}
۳۹۷۰۹۷-۱۴	۱۳۳ ^d	۴۵۴ ^{ab}	۹۹۸ ^{a-c}	۱۷۲ ^f	۸۱۷ ^{ab}	۲۰۴۰ ^{a-c}
۳۹۷۰۰۹-۳	۱۴۶ ^{cd}	۴۴۶ ^{ab}	۹۲۷ ^{ef}	۱۹۸ ^{d-f}	۷۹۸ ^{ab}	۱۹۹۹ ^{b-d}
۳۹۷۰۰۹-۸	۱۴۵ ^{cd}	۴۴۳ ^{ab}	۹۸۹ ^{a-c}	۱۹۳ ^{ef}	۸۰۸ ^{ab}	۲۰۴۳ ^{a-c}
۳۹۶۱۵۱-۷	۱۴۲ ^{cd}	۴۴۲ ^{ab}	۱۰۰۵ ^a	۱۹۰ ^f	۷۹۱ ^{ab}	۲۰۵۶ ^{ab}
۳۹۶۱۴۰-۱۴	۲۴۱ ^a	۴۵۳ ^{ab}	۹۸۳ ^{a-c}	۲۶۳ ^{a-d}	۸۷۵ ^a	۱۹۷۶ ^{b-d}
سانته	۱۸۵ ^c	۴۷۹ ^a	۹۷۸ ^{a-c}	۲۷۵ ^{a-c}	۶۵۵ ^d	۱۹۷۵ ^{b-d}
آگریا	۱۹۶ ^a	۴۵۷ ^{ab}	۱۰۰۱ ^{ab}	۲۹۴ ^{ab}	۸۶۴ ^{ab}	۲۲۰۶ ^a
ساتینا	۱۶۵ ^{cd}	۴۳۱ ^{a-c}	۹۶۳ ^{c-e}	۲۳۵ ^{a-f}	۷۶۸ ^{bc}	۱۹۱۰ ^{b-d}
یورن	۱۶۰ ^{cd}	۳۹۳ ^{cd}	۹۲۷ ^{ef}	۹۶۷ ^{b-f}	۶۸۵ ^{cd}	۱۸۴۴ ^d
مارلا	۱۷۵ ^{cd}	۳۷۱ ^d	۹۷۹ ^{a-c}	۲۶۰ ^{a-e}	۶۵۵ ^d	۱۹۷۵ ^{b-d}
LSD %5	۴۵/۷	۴۸/۶	۳۶/۹	۶۹/۴	۱۰۳/۱	۱۷۷/۴

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

جدول ۷ - گروه بندی رسیدگی ژنوتیپ های سیب زمینی براساس درجه روز- رشد GDD و واحدهای گرمایی CHU مورد نیاز برای رسیدگی در منطقه کوهستانی شاهکوه

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

جدول ۸- گروه بندی رسیدگی ژنوتیپ های سیب زمینی براساس درجه روز -رشد GDD و واحدهای گرمایی CHU مورد نیاز برای رسیدگی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان

گروه رسیدگی	درجه روز- رشد	ژنوتیپ های گروه	واحد گرمایی CHU	ژنوتیپ های گروه
	GDD			
نیمه زودرس	۹۰۰	۳۹۷۰۰۹-۷، ۳۹۷۰۰۷-۱۱، ۳۹۷۰۰۹-۳، بورن	۱۸۵۰	۳۹۷۰۰۹-۷، ۳۹۷۰۰۷-۱۱، بورن
نیمه دیررس	۹۵۰	۳۹۶۱۵۱-۲۹، ۳۹۶۱۴۰-۱۴، ۳۹۷۰۰۹-۸، ۳۹۷۰۰۹۷-۱۴	۱۸۵۰-۲۰۰۰	۳۹۶۱۴۰-۱۴، ۳۹۷۰۰۷-۹، ۳۹۶۱۵۱-۲۹، مارلا، ساتینا، سانته
دیررس	۱۰۰۰	آگریا، ۳۹۶۱۵۱-۷، ۳۹۷۰۰۷-۹	۲۰۰۰-۲۲۰۰	۳۹۶۱۵۱-۷، ۳۹۷۰۹۷-۱۴، 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	عملکرد کل
(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)	(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، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

- Adam, H. S., Ageeb, O. A., Saunders, D. A., and Hettel, G. P. 1994. Temperature analysis and wheat yields in the Gezira scheme. Wheat in heat- stressed environments: Irrigated, dry area and rice-wheat farming systems. In: Proceedings of the International Conferences. Saunders, D. A. (Ed.), pp. 143-145.
- 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.
- Brown, D.M., and Bootsma, A. 2006. Replaces Corn Heat Units in Southern Ontario. Agric. Food Factcheet. Ontario Ministry of Agriculture and Food, Queens Park, ONT.USA.
- Bullock, D., GNielsen, 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.
- Christine, M., Waringtone, C., 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 2005. 118:98–101.
- Colville, D.C., and Frey, K.J. 1986. Development rate and growth duration of oats in response to delayed sowing. Agron. J. 78(3): 417-421.
- 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.
- 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.
- Harris, P.M. 1992. The Potato Crop. Chapman and Halp Limtd.pp265.
- Haverkort, A.J. 1990. Ecology of potato cropping systems in relation to latitude and altitude. Agric. Syst. 32: 251-272.
- Hay,R.H., and A.J.Walker.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.
- Ezekiel, R., and Bhargava, S. C. 2003. Potato leaf growth as influenced by photoperiods. Plant Physiology and Bioc. 18(2): 91-95.
- Ifenkwe, O. P., and Allen, E. J. 1998. Effect of two row width and planting density on growth and yield of main crop potato varieties. II. Number of tuber and graded yields and their relationships with above ground stem densities. J. of Agric. Sci. 91: 279-289.
- 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. Agri. Res. Instt., D.I.Khan. The J. of Animal & Plant Sci. 21(1). 31-37.
- 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. (In Persian).
- Lisinska, G., and Leszcynki, W. 1989 .Potato science and Technology. Elsevier Appl Sci.
- Lomen, W.J.M., and Struik, P.C. 1990. Field performance minitubers of different sizes. Proceedings of the 11 th Triennial Confrence EAPR. Edinburgh . 376-377.

- 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. of Agri. Sci, Cambridge. 96: 389-416.
- Mehta, A., Banerjee, V. N., and Kaley, D. M. 1988. Vegetative development of potato grown in autumn and spring in Panjab. Indian J. of Plant Physiol. 31(2): 145-151.
- Merfield., C.N. 2013. Potato Psyllid and Blight Management with Mesh Crop Covers. 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.
- Mohabir, G., and John, P. 1998. Effect of temperature on starch synthesis in potato tuber tissue and in amyloplasts. Plant Physiol. 88: 1222-1228.
- O' Brien, P.J., Allen, E.J., Bean, J.N., Griffith, R.L., Joxes, S.A., and Jones, J.L. 1995. Accumulated day-degrees as a measure of physiological age and the relationships with growth and yield in early potato varieties. J. of Agric. Sci, Cambridge. 101: 513-631.
- Plett, S. 1992. Comparison of seasonal thermal indices for measurement of corn maturity in a prairie environment. Can. J. Plant Sci. 72: 1157-1162.
- 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.
- Shaykewich, C.F. 1995. An appraisal of cereal crop phenology modelling. Can. J. Plant Sci. 75: 329-341.
- Silva, L., and Pinto, C. 2005. Duration of the growth cycle and the yield potential of potato genotypes. Crop Breeding and Appl Biotech. 5: 20-28.
- Stewart, D. W., Dwyer, L. M., and Carrigan, L. 1998. Phenological temperature response of maize. Agron. J. 90: 73-76.
- Struik, P. 2007. Response of the potato plant to temperature. Potato biology and biotechnology: advances and perspectives: Elsevier. Oxford, U.K. p. 367-394.
- 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.
- Van Keulen, H., and Stol, W. 1995. Agro-ecological zonation for potato production. Kluwer Academic Publishers. P. 357-371.
- 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.

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

*R. Sarparast¹ and K. Mashayekhi²

¹Scientific member of Agriculture and Natural Research center, Glestan,

² Associate Prof., Dept. of Horticultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource, Iran

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 were evaluated in three different maturity groups 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 late matured compared to the previous grouping based on IBPGR. The effect of year and year by genotype interaction 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 the best genotype because of producing the highest tuber yield of 27003 kg/ha-1 in autumn and 28446 kg/ha-1 in spring planting and for producing 12.5 and 11.9 tuber plant-1 in autumn and spring planting, respectively. Based on the information available about the maturing groups according to IBPGR and the time of the phenological stages during evaluation of these genotypes, the grouping based on GDD seemed more logical.

Key words: Physiological maturity, genotypes, GDD and CHU potato

*Corresponding Author; Email : ram_sarparast@yahoo.com