

## بررسی تأثیر فصل کاشت بر عملکرد و فنولوژی ارقام سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) با استفاده از شاخص های نوری و حرارتی

عبدالستار دارابی<sup>\*۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۱۵)

### چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر فصل کاشت پاییزه و زمستانه بر عملکرد و فنولوژی ارقام سیب زمینی به کمک شاخص های حرارتی در خوزستان، این پژوهش به صورت آزمایش اسپلیت پلات در زمان در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت یک سال زراعی (۹۴-۱۳۹۳) اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سه رقم سانه، ساوالان و جاوید و فاکتور فرعی دو فصل کاشت پاییزه و زمستانه بود. غده های بذری در کشت پاییزه در اواسط مهرماه و در کشت زمستانه در اواسط دی ماه ۱۳۹۳ کشت شدند. برداشت غده ها در کشت پاییزه در اواسط اسفند و در کشت زمستانه در اواخر اردیبهشت ماه انجام گرفت. در کشت پاییزه مدت زمان مرحله رشد جوانه ها از کشت زمستانه (۱۴۴/۳۳ روز) کوتاه تر ولی مرحله حجیم شدن غده ها (۲۵ روز) طولانی تر بود. درجه روز رشد دریافت شده، واحد هلیو ترمال و شاخص فتوترمال در کشت پاییزه در مرحله رشد جوانه ها از کشت زمستانه (به ترتیب ۱۱۷/۴۱ درجه روز رشد، ۱۹۶۷ ساعت در درجه روز رشد و ۹/۲۹ درجه روز رشد در روز) بیشتر ولی در مرحله حجیم شدن غده ها (به ترتیب ۵۳۷/۵۸ درجه روز رشد، ۴۱۶۸/۷۹ ساعت در درجه روز رشد و ۱۰/۴۲ درجه روز رشد در روز) کمتر بود. بالا بودن دما در مرحله حجیم شدن غده ها در کشت زمستانه سبب شد که عملکرد، کارایی مصرف حرارت و کارایی مصرف واحد هلیو ترمال در این فصل کاشت در مقایسه با کشت پاییزه کاهش معنی داری (به ترتیب ۱۸/۳۶، ۳۴/۹۵ و ۳۱/۵۸ درصد) را در سطح یک درصد نشان دهد. در هر دو فصل کاشت بیشترین عملکرد، کارایی مصرف حرارت و کارایی مصرف واحد هلیو ترمال به رقم جاوید مربوط بود.

واژه های کلیدی: درجه روز رشد، واحد هلیو ترمال، شاخص نوری دمایی، غده زایی

۱. استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: darabi6872@yahoo.com

## مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به دلیل داشتن هیدروکربن‌های قابل هضم، پروتئین‌های حاوی لیزین که یک اسید آمینه ضروری مهم بوده که غالباً در محصولاتی مانند غلات و سبزیجات وجود ندارد، ارزش غذایی فراوانی دارد (۳۴). این محصول به دلیل داشتن متابولیت‌های اولیه و ثانویه نقش مهمی در فرایندهای متابولیسمی انسان دارد (۹). اهمیت غذایی سیب‌زمینی تنها به دلیل انرژی‌زایی آن نبوده بلکه این محصول حاوی مقادیر توجهی ویتامین‌های B6 و C، فیبر و مواد معدنی همانند آهن، منیزیم، روی و مس است (۱۵). سیب‌زمینی از نظر کارایی مصرف آب، عملکرد ماده خشک قابل مصرف، مقدار پروتئین و مواد معدنی در واحد سطح بر غلات برتری دارد (۴).

شاخص‌های اقلیمی که پایه حرارتی دارند همانند درجه روز رشد (Growing degree day)، واحد هلیوترمال (Helio thermal unit) و شاخص فوتوترمال (Photo thermal index) ابزارهای مفیدی برای پیش‌بینی رشد و عملکرد محصولات هستند (۱۲). اساس درجه روز رشد بر این مبنا استوار است که زمان واقعی هر مرحله فنولوژیکی به‌طور خطی با محدوده درجه حرارت بین درجه حرارت پایه و درجه حرارت بهینه مرتبط است. در همین راستا چندین محقق تأثیر دما را بر فنولوژی و عملکرد محصولات زراعی از قبیل ذرت (۱۰)، گندم (۲)، برنج (۲۴)، کتان (۳۰) و سیب‌زمینی (۱۹) از طریق شاخص‌های حرارتی گزارش کرده‌اند. کارایی مصرف دما و نور در تجمع ماده خشک و عملکرد کاربرد عملی دارند. کارایی تبدیل گرما و نور به ماده خشک به فاکتورهای ژنتیکی، تاریخ کاشت و نوع محصول بستگی دارد (۲۹). بنابراین آگاهی از شاخص‌های حرارتی همانند واحد تجمع حرارتی (Heat summation unit) که در بیشتر منابع از آن به عنوان درجه روز رشد یاد شده است و همچنین سایر مشتقات ریاضی آن مانند واحد هلیو ترمال، شاخص فتو ترمال و کارایی مصرف دما و نور می‌توانند اصول پایه‌ای برای تعیین مراحل فنولوژی و تاریخ کاشت مناسب فراهم آورد (۳۲). همه مراحل نموی را می‌توان بر اساس درجه روز رشد دقیق‌تر از تقویم زمانی پیش‌بینی کرد (۲۵).

مراحل رشد سیب‌زمینی را می‌توان به پنج مرحله: رشد و توسعه جوانه‌ها، رشد سبزینه‌ای، غده‌زدایی، حجیم شدن غده‌ها و بلوغ یا رسیدن تقسیم کرد (۷ و ۲۸).

سیب‌زمینی تولید شده در مناطق معتدله کشور در پاییز و اوایل زمستان به مصرف رسیده و بعد از این خلاء این محصول در بازار وجود دارد. با کشت زمستانه سیب‌زمینی در مناطق گرم می‌توان به پر کردن این خلاء اقدام کرد. یکی از مناطق نیمه گرمسیری مناسب برای کشت سیب‌زمینی استان خوزستان است. زراعت این محصول در سال‌های اخیر مورد استقبال کشاورزان منطقه قرار گرفته به‌گونه‌ای که سطح زیر کشت آن از ۳۴۷ هکتار در سال زراعی ۶۴-۱۳۶۳ هم اکنون به ۷۰۴۹ هکتار (۳) رسیده است. کشت سیب‌زمینی در استان خوزستان در دو فصل پاییز و زمستان صورت می‌گیرد. با توجه به لزوم مطالعات همه جانبه در مورد این محصول و با عنایت به اینکه هیچ گزارشی در ارتباط با مطالعه شاخص‌های حرارتی در سیب‌زمینی در کشور منتشر نشده است این پژوهش به منظور بررسی تأثیر دو فصل کاشت پاییزه و زمستانه بر شاخص‌های حرارتی در مراحل مختلف فنولوژی و مقایسه عملکرد ارقام سیب‌زمینی اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت آزمایش اسپلیت پلات در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با ۳۶°: ۳۰° عرض شمالی و ۱۴°: ۵۰ طول شرقی و به مدت یک سال زراعی (۹۴-۱۳۹۳) اجرا شد. محل آزمایش دارای اقلیم گرم و نیمه‌خشک با ارتفاع ۳۲۰ متر از سطح دریا است. بعضی از پارامترهای مهم هواشناسی در دوره رشدونمو محصول در جدول (۱) و (۲) ارائه شده است. فاکتور اصلی شامل سه رقم سانه، ساوالان و جاوید و فاکتور فرعی شامل دو فصل کاشت پاییزه و زمستانه بود. خصوصیات ارقام مورد بررسی عبارتند از:

**سانته:** متوسط دیررس، فرم بوته نیمه‌ایستاده، رنگ گل سفید، شکل غده بیضوی، رنگ پوست و گوشت غده به ترتیب زرد و زرد روشن و عمق چشم‌ها سطحی

جدول ۱. برخی از پارامترهای هواشناسی ماهیانه در دوره رشد و نمو سیب‌زمینی در دو فصل کشت پاییزه و زمستانه

پارامتر هواشناسی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
میانگین دما (°C)	۲۸/۳۰	۱۹/۳۵	۱۵/۴۵	۱۳/۳۵	۱۷/۲۰	۱۶/۸۵	۲۲/۵۰	۲۹/۳۰
میانگین دمای حداکثر (°C)	۳۶/۹	۲۷/۳	۲۱/۸	۱۹/۸	۲۴	۲۴/۱	۲۹/۷۰	۳۸/۱۰
میانگین دمای حداقل (°C)	۱۹/۷	۱۱/۴	۹/۱	۶/۹	۱۰/۴	۹/۶	۱۵/۳۰	۲۰/۵۰
حداقل مطلق دما (°C)	۱۳	۶	۵/۸	۲/۲	۱/۶	۱/۸	۶/۹۰	۱۱/۶۰
حداکثر مطلق دما (°C)	۴۰/۸	۳۴	۲۶/۶	۲۵	۲۸/۲	۲۸/۵	۳۷/۹۰	۴۲/۴۰
بارندگی (میلی‌متر)	۱۴/۵	۳۶/۵	۱۱۳/۳	۲۱/۷	۲	۲۳/۸	۲۰/۵۰	۰/۹۰

جدول ۲. طول دوره (روز) و درجه روز رشد مورد نیاز مراحل مختلف فنولوژی ارقام سیب‌زمینی در دو فصل کشت پاییزه و زمستانه

تیمار	رشد جوانه‌ها		رشد سبزینه‌ای		غده‌زایی		حجیم شدن غده		مجموع
	مدت	درجه روز رشد	مدت	درجه روز رشد	مدت	درجه روز رشد	مدت	درجه روز رشد	
کشت پاییزه									
رقم									
سانته	۲۷	۴۸۸/۸	۱۵	۱۵۴/۷۰	۱۵	۱۴۱/۶۰	۸۸	۷۸۳/۴۰	۱۴۵
ساوالان	۲۸	۵۰۱/۹۰	۱۵	۱۵۳/۱۰	۱۵	۱۳۷/۱۰	۸۷	۷۷۶/۴۰	۱۴۵
جاوید	۲۴	۴۴۵/۷۰	۱۵	۱۶۵/۲۰	۱۵	۱۵۳/۲۰	۹۱	۷۱۸/۴۰	۱۴۵
کشت زمستانه									
رقم									
سانته	۴۷	۴۵۰/۴۰	۱۵	۱۳۳/۳۵	۱۵	۱۹۵/۳۰	۵۷	۱۲۰/۱۳۰	۱۳۴
ساوالان	۳۹	۳۲۶/۱۵	۱۵	۱۴۰/۵۵	۱۵	۱۵۶/۴۰	۶۶	۱۳۱۱/۲۵	۱۳۴
جاوید	۳۶	۳۱۶/۶۲	۱۵	۱۶۱/۷۵	۱۵	۱۴۳/۲۵	۶۸	۱۳۴۸/۴۰	۱۳۴

کاشت و بقیه در هنگام خاک‌دهی پای بوته در اختیار گیاهان قرار گرفت (۲۰). غده‌های بذری در کشت پاییزه در اواسط مهرماه و در کشت زمستانه در اواسط دی‌ماه کشت شدند. در زمان کاشت، غده‌ها از نظر سن فیزیولوژیک در شرایط سنی چند جوانه‌ای، دارای ۳-۵ جوانه سبز رنگ ۱/۵-۱ سانتی‌متری بودند. هر کرت آزمایشی به مساحت ۱۵ مترمربع شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر بود. فاصله خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط ۲۵ سانتی‌متر منظور شد. هنگامی که قطر قسمت متورم انتهای استولون دو برابر قطراستولون شد به‌عنوان زمان تشکیل غده تلقی شد (۸). شاخص‌های زراعی اقلیمی با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

$$GDD = \sum [(T_{max} + T_{min}) / 2] - T_b \quad (1)$$

ساوالان: نیمه‌زودرس، فرم بوته ایستاده، رنگ گل بنفش، شکل غده گرد، رنگ پوست غده زرد با لکه‌های قرمز در چشم‌ها، رنگ گوشت غده زرد روشن، عمق چشم‌ها سطحی جاوید: متوسط دیررس، فرم بوته ایستاده، رنگ گل سفید، شکل غده بیضوی مایل به گرد، رنگ پوست و گوشت غده به‌ترتیب زرد و زرد روشن و عمق چشم‌ها سطحی میزان مصرف کود بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب صورت گرفت و مقدار آن در هر دو فصل کاشت عبارت بود از ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار که در هنگام تهیه زمین به‌طور یکنواخت پخش و با خاک مخلوط شدند. کود نیتروژنه لازم نیز به‌میزان ۳۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، نصف آن قبل از

دریافت شده توسط گیاه در مرحله رشد جوانه‌ها در کشت زمستانه (از ۳۱۶/۶۵ تا ۴۵۰/۴۰ درجه روز رشد) نسبت به کشت پاییزه (۴۵۵/۷۰ تا ۵۰۱/۹۰ درجه روز رشد) کمتر بود. (جدول ۲). ماجی و همکاران طی یک مطالعه دو ساله در هندوستان درجه روز رشد مورد نیاز در مرحله رشد جوانه‌ها در پنج تاریخ کاشت از ۲۵ آبان تا ۲۳ آذر را ۹۵/۲ تا ۱۴۹/۱ درجه روز رشد گزارش کردند. نتایج مطالعات ورتینگتون و هات‌چین سون (۳۵) در فلوریدا مشخص کرد درجه روز رشد دریافت شده در مرحله رشد جوانه‌ها در شش تاریخ کاشت از ۲۴ دی تا ۷ فروردین در فلوریدا از ۲۴۰ تا ۱۷۸ واحد متغیر بوده است. ابرین و همکاران (۲۵) در انگلستان درجه روز رشد دریافت شده در مرحله رشد جوانه‌ها را بسته به تاریخ کاشت بین ۱۴۸ تا ۲۸۵ درجه روز رشد گزارش کردند. بنابراین در این پژوهش درجه روز رشد دریافت شده در هر دو فصل کشت پاییزه و زمستانه در این مرحله فنولوژیکی از گزارش‌های پژوهشگران مزبور بیشتر بوده است. یکی از شاخص‌های حرارتی مهم دیگر که برای مطالعه فنولوژی گیاهان استفاده می‌شود واحد هلیو ترمال است. کومار و همکاران (۱۷) این شاخص را در گندم و ماش و راتنام و راجامانی (۳۰) این شاخص را در کتان مطالعه کردند. با توجه به اینکه این شاخص حاصل ضرب درجه روز رشد و تعداد ساعات آفتابی است، مشابه با درجه روز رشد، واحد هلیو ترمال در هر سه مورد مطالعه در کشت پاییزه نسبت به کشت زمستانه به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر بود (جدول ۳) که دلیل این موضوع بیشتر بودن دما و تعداد ساعات آفتابی در کشت پاییزه است (جدول ۴)، همانند درجه روز رشد، واحد هلیو ترمال در هر دو فصل کاشت و در همه ارقام نسبت به گزارش ماجی و همکاران (۲۰۱۴)، از ۶۹۴/۳ تا ۱۰۱۷/۶، به‌میزان چشمگیری بیشتر بود. ارزیابی پارامترهای هواشناسی در دوره رشدونمو گیاه مشخص کرد که اگرچه میانگین دما در دوره رشد جوانه‌ها در هر سه رقم در کشت زمستانه ۱۵/۰۸ درجه سانتی‌گراد بوده است (جدول ۴) ولی در نیمه دوم دی و اوایل بهمن ماه متوسط دمای روزانه نه تنها با

GDD درجه روز رشد، n تعداد روزهای رشد، Tmax و Tmin به‌ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه و Tb دمای پایه (۷ درجه سانتی‌گراد). دمای کمتر از ۷ درجه سانتی‌گراد و بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۷ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد محسوب شدند.

$$HTU = GDD \times \text{Duration of sun shine hours} \quad (۲)$$

HTU واحد هلیو ترمال برحسب ساعات آفتابی در درجه روز رشد، GDD درجه روز رشد و Duration of sun shine hours دوره ساعات آفتابی

$$HTUE = \text{Yield} / HTU \quad (۳)$$

HTUE کارایی مصرف هلیو ترمال بر حسب کیلوگرم در هکتار در ساعت در درجه روز رشد، Yield عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار و GDD درجه روز رشد

$$TUE = \text{Yield} / GDD \quad (۴)$$

TUE کارایی مصرف حرارت بر حسب کیلوگرم در هکتار در درجه روز رشد، Yield عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار و GDD درجه روز رشد

$$PTI = GDD / \text{Growth days} \quad (۵)$$

PTI شاخص فتو ترمال بر حسب درجه روز رشد در روز، Growth days تعداد روز در هر مرحله رشد و GDD درجه روز رشد (۱۰، ۱۹، ۳۱ و ۳۵).

یک هفته قبل از برداشت اندام‌های هوایی قطع و غده‌ها در کشت پاییزه و زمستانه به‌ترتیب در اوایل اسفند و اواخر اردیبهشت‌ماه برداشت شدند. در پایان به‌کمک نرم‌افزار MSTAT-C روی عملکرد و سایر صفات اندازه‌گیری شده تجزیه واریانس ساده صورت گرفت و میانگین‌ها به‌کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

## بحث

### اثر فصل کاشت بر شاخص‌های حرارتی در مراحل مختلف فنولوژیکی

#### رشد جوانه‌ها

ارزیابی درجه روز رشد مشخص کرد که درجه روز رشد

جدول ۳. واحد هلیو ترمال (برحسب ساعت در درجه روز رشد) و شاخص فتو ترمال (برحسب درجه روز رشد در روز) در مراحل مختلف فنولوژی ارقام سیب‌زمینی در دو فصل کشت پاییزه و زمستانه

تیمار	رشد جوانه‌ها		رشد سبزینه‌ای		غده‌زایی		حجم شدن غده		مجموع
	شاخص	واحد	شاخص	واحد	شاخص	واحد	شاخص	واحد	
کشت پاییزه	شاخص	واحد	شاخص	واحد	شاخص	واحد	شاخص	واحد	واحد
رقم	هلیوترمال	فتوترمال	هلیوترمال	فتوترمال	هلیوترمال	فتوترمال	هلیوترمال	فتوترمال	هلیوترمال
سانته	۴۱۸۵/۰۲	۱۸/۱۰	۱۲۹۰/۰۶	۱۰/۳۱	۸۴۳/۹۱	۹/۴۴	۴۹۹۵/۹۷	۸/۹۰	۱۱۳۱۵/۵۵
ساوالان	۴۳۰۶/۸۵	۱۷/۹۳	۱۲۱۰/۱۷	۱۰/۲۰	۸۲۶/۰۱	۹/۱۴	۴۹۳۶/۴۷	۸/۹۲	۱۱۳۱۵/۵۵
جاوید	۳۹۳۰/۷۰	۱۸/۵۷	۱۳۲۰/۵۳	۱۱/۰۱	۹۴۰/۳۰	۸/۲۱	۵۱۷۷/۹۷	۸/۹۸	۱۱۳۱۵/۵۵
کشت زمستانه									
رقم									
سانته	۲۳۷۴/۳۱	۹/۵۸	۱۱۳۸/۹۶	۸/۲۳	۱۲۷۰/۰۷	۱۳/۰۲	۸۷۳۴/۷۱	۲۱/۰۸	۱۳۵۱۸/۰۵
ساوالان	۲۰۹۱/۵۳	۸/۳۶	۷۰۰/۲۵	۹/۳۷	۱۴۳۵/۶۱	۱۰/۴۳	۹۲۹۰/۶۵	۱۷/۱۴	۱۳۵۱۸/۰۵
جاوید	۲۰۵۴	۸/۸۰	۵۰۷/۲۱	۱۰/۷۸	۱۳۶۵/۴۳	۹/۵۷	۹۵۹۱/۴۱	۱۹/۸۳	۱۳۵۱۸/۰۵

جدول ۴. میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) و تعداد ساعات آفتابی در مراحل مختلف فنولوژی ارقام سیب‌زمینی در دو فصل کشت پاییزه و زمستانه

تیمار	رشد جوانه‌ها		رشد سبزینه‌ای		غده‌زایی		حجم شدن غده	
	دما	ساعات آفتابی	دما	ساعات آفتابی	دما	ساعات آفتابی	دما	ساعات آفتابی
کشت پاییزه								
رقم								
سانته	۲۵/۱۰	۸/۵۲	۱۷/۳۱	۸/۵۰	۱۵/۹۹	۶/۴۳	۱۵/۰۹	۶/۱۲
ساوالان	۲۴/۹۳	۸/۵۵	۱۷/۲۱	۸/۱۳	۱۵/۶۵	۶/۶۷	۱۵/۱۰	۶/۰۸
جاوید	۲۵/۵۷	۸/۸۵	۱۸/۱۰	۸/۱۹	۱۷/۲۱	۶/۱۱	۱۴/۹۸	۶/۶۷
کشت زمستانه								
رقم								
سانته	۱۵/۶۱	۵/۶۲	۱۴/۰۴	۹/۰۷	۲۰/۰۲	۶/۵۱	۲۸/۱۱	۶/۹۹
ساوالان	۱۵/۱۱	۶/۱۵	۱۵/۸۷	۵/۲۸	۱۷/۴۲	۹/۲۷	۲۷/۱۷	۶/۶۷
جاوید	۱۴/۵۲	۶/۵۹	۱۶/۶۰	۳/۵۷	۱۶/۵۵	۹/۵۶	۲۶/۷۳	۶/۷۳

سانتی‌گراد، (جدول ۴) نسبت به دمای بهینه برای رشد جوانه‌ها، ۱۸ درجه سانتی‌گراد، (۲۱) به‌میزان قابل توجهی بیشتر بود، به همین دلیل در این فصل کاشت اگر چه مدت زمان بین کاشت تا سبز شدن غده به‌طور معنی‌داری از کشت زمستانه کمتر بود (جدول ۵) ولی درجه روز رشد و واحد هلیو ترمال دریافت شده در این مرحله نه تنها در مقایسه با گزارشات ماجی و همکاران (۱۹)، ورتینگتن و هاتچین سن (۳۵) و ابرین و

صفر فیزیولوژی سیب‌زمینی، هفت درجه سانتی‌گراد، اختلاف چندانی نداشت بلکه در بعضی از روزها از صفر فیزیولوژی نیز کمتر بود. بنابراین در کاشت زمستانه پایین بودن دما در اوایل رشد و نمو محصول سبب طولانی شدن مدت زمان این مرحله، ۴۱ روز (جدول ۲) و در نتیجه بالا بودن درجه روز رشد و واحد هلیو ترمال دریافت شده توسط گیاه شد. در کشت پاییزه میانگین دما در دوره رشد جوانه در هر سه رقم، ۲۵/۲ درجه

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین تعداد روز تا سبز شدن، تعداد ساقه، عملکرد کل، تعداد غده در بوته، متوسط وزن غده، کارایی مصرف

حرارت و کارایی مصرف واحد هلیوترمال در ارقام و دو فصل کاشت مورد مطالعه

رقم	تیمار	روز تا سبز شدن	تعداد ساقه اصلی	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار بافت تازه)	تعداد غده در بوته	متوسط وزن غده (گرم)	کارایی مصرف حرارت (کیلوگرم در هکتار بافت تازه در درجه روز رشد)	کارایی مصرف واحد هلیو ترمال (کیلوگرم در هکتار بافت تازه در درجه روز رشد)
سانته	۳۷/۱۷ <sup>a</sup>	۲/۸۰ <sup>a</sup>	۲۰۸۴۰ <sup>b</sup>	۵/۹۳ <sup>b</sup>	۷۲/۵۳ <sup>a</sup>	۱۲/۰۲ <sup>b</sup>	۱/۷۰ <sup>c</sup>	
ساوالان	۳۳/۸۳ <sup>ab</sup>	۳/۲۹ <sup>a</sup>	۲۲۳۶۰ <sup>b</sup>	۵/۶۰ <sup>b</sup>	۷۳/۷۲ <sup>a</sup>	۱۲/۹۱ <sup>b</sup>	۱/۸۳ <sup>b</sup>	
جاوید	۳۰/۱۷ <sup>b</sup>	۳/۸۸ <sup>a</sup>	۲۷۱۵۰ <sup>a</sup>	۷/۹۷ <sup>a</sup>	۶۷/۹۶ <sup>a</sup>	۱۵/۸۰ <sup>a</sup>	۲/۲۳ <sup>a</sup>	
فصل کاشت								
پاییزه	۲۶/۴۴ <sup>b</sup>	۳/۴۴ <sup>a</sup>	۲۵۸۲۰ <sup>a</sup>	۷/۳۷ <sup>a</sup>	۶۹/۰۷ <sup>a</sup>	۱۶/۴۵ <sup>a</sup>	۲/۲۸ <sup>a</sup>	
زمستانه	۴۱ <sup>a</sup>	۳/۲۱ <sup>a</sup>	۲۱۰۸۰ <sup>b</sup>	۵/۴۱ <sup>b</sup>	۷۳/۷۴ <sup>a</sup>	۱۰/۷۰ <sup>b</sup>	۱/۵۶ <sup>b</sup>	

میانگین‌های هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، برای رقم و فصل کاشت به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

**رشد سبزینه‌ای**

در سیب‌زمینی مدت زمان مرحله رشد سبزینه‌ای نقش بسیار مهمی در عملکرد این محصول دارد. هر چه این مدت زمان کوتاه‌تر باشد، مرحله حجیم شدن غده طولانی‌تر شده و از طرف دیگر اندام‌های هوایی به عنوان یک منبع رقابت‌کننده برای جذب مواد غذایی با غده، بیش از اندازه رشد نخواهد کرد (۱۳). در همه ارقام مورد بررسی و در هر دو فصل کاشت (۱۵ روز بعد از خروج گیاهان) غده مشاهده شد. بنابراین مرحله رشد سبزینه‌ای، در هر دو فصل کشت پاییزه و زمستانه ۱۵ روز بود. پرویزی و همکاران (۲۷) گزارش کردند که در کشت بهاره سیب‌زمینی در همدان مرحله رشد سبزینه‌ای حدود ۴۰ روز است، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد مرحله رشد سبزینه‌ای در کشت سیب‌زمینی در خوزستان در مقایسه با زراعت بهاره این محصول در همدان حدود ۲۵ روز کوتاه‌تر است. ارزیابی پارامترهای اقلیمی نشان داد که میانگین دمای روزانه در دوره رشد سبزینه‌ای در کشت پاییزه و زمستانه به‌ترتیب ۱۷/۵۴ و ۱۵/۵۰ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۴). بین این نتایج و گزارش کومن و همکاران (۱۶) که با افزایش دمای محیط تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد رشد سبزینه‌ای کوتاه خواهد شد هماهنگی وجود دارد. با توجه به اینکه بعد از مرحله جوانه‌زنی روند

همکاران (۲۵) بلکه حتی در مقایسه با کشت زمستانه نیز افزایش نشان داد (جدول ۲ و ۳). در بین ارقام مورد بررسی حداقل مدت زمان بین کاشت تا سبز شدن، درجه روز رشد و واحد هلیو ترمال دریافت شده در مرحله رشد جوانه‌ها در هر دو فصل کاشت به رقم جاوید مربوط بود (جدول ۲ و ۳) که با توجه به متفاوت بودن نوع تنش‌های دمایی در دو فصل کاشت در این مرحله فنولوژیکی (تنش دمای بالای در کشت پاییزه و تنش دمای پایین در کشت زمستانه) می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد در رقم جاوید تحمل تنش دماهای نامساعد در مرحله رشد جوانه‌ها در مقایسه با سایر ارقام مورد مطالعه بیشتر است که فاکتور مثبتی در ارزیابی این رقم محسوب می‌شود. از شاخص‌های مهم زراعی اقلیمی دیگر که اخیراً در مطالعات فنولوژی گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفته است می‌توان به شاخص فتوترمال اشاره کرد (۱۰ و ۳۱). این شاخص نشان‌دهنده میانگین درجه روز رشد دریافت شده روزانه است. میانگین این شاخص در کشت پاییزه به‌دلیل بالاتر بودن دما نسبت به کشت زمستانه ۱۰۴ درصد افزایش نشان داد. حداقل شاخص فتوترمال در هر دو فصل کشت زمستانه و پاییزه (به‌ترتیب ۸/۳۶ و ۱۷/۹۳ درجه روز رشد در روز) برای رشد جوانه‌ها به رقم ساوالان مربوط بود (جدول ۳).

این آزمایش ۱۵ روز بعد از سبز شدن، گیاهان وارد این مرحله فنولوژیک شده‌اند. این نتایج با گزارش موربی و میل تروپ (۲۳) که مناسب‌ترین شرایط اقلیمی برای غده‌زایی دمای ۱۰ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و طول روز ۱۲ ساعت است کاملاً هماهنگ است. تشکیل زوده هنگام غده برای تولید عملکرد قابل قبول در مناطقی همانند خوزستان که غده قبل از بلوغ فیزیولوژیک برداشت می‌شود ضروری است (۲۲). مدت زمان غده‌زایی بستگی به شرایط اقلیمی دارد، در شرایطی که رشد گیاه سریع است در مقایسه با شرایطی، که رشد گیاه کند است دوره غده‌زایی کوتاه‌تر خواهد شد ولی معمولاً مدت زمان غده‌زایی در سیب‌زمینی بین دو تا شش هفته در نظر گرفته می‌شود (۲۵) علی‌رغم این موضوع، با توجه به اینکه قسمت اعظم غده‌ها طی یک دوره ۱۵ روز تشکیل می‌شوند معمولاً طول دوره غده‌زایی در سیب‌زمینی حدود ۱۵ روز در نظر گرفته می‌شود (۱۳)، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد مدت زمان مرحله رشد سبزینه‌ای و غده‌زایی در این پژوهش برابر بوده است ولی به دلیل کاهش دما در مرحله غده‌زایی در مقایسه با مرحله رشد سبزینه‌ای در کشت پاییزه، کلیه شاخص‌های حرارتی مورد مطالعه در این مرحله در مقایسه با مرحله رشد سبزینه‌ای کاهش یافتند. در کشت زمستانه به دلیل روند صعودی دما از بعد از مرحله رشد جوانه‌ها، با ورود گیاه به مرحله غده‌زایی، کلیه شاخص‌های حرارتی در مقایسه با مرحله رشد سبزینه‌ای افزایش یافتند، به همین دلیل بر خلاف دو مرحله فنولوژیک قبلی در مرحله غده‌زایی مقدار همه شاخص‌های حرارتی مورد مطالعه در کشت زمستانه نسبت به کشت پاییزه بیشتر بود (جدول ۲ و ۳).

#### حجم شدن غده

سرعت و مدت حجیم شدن غده تعیین کننده عملکرد سیب‌زمینی است ولی مدت حجیم شدن در مقایسه با سرعت حجیم شدن نقش مهم‌تری در تعیین عملکرد این محصول ایفا می‌کند (۲۲). مدت زمان این مرحله معمولاً بین ۶۰ تا ۹۰ روز

تغییرات درجه حرارت هوا در کشت پاییزه و زمستانه به ترتیب نزولی و صعودی است، اگرچه میانگین درجه روز رشد دریافت شده در این مرحله در کشت پاییزه بیشتر بود ولی افزایش این شاخص در این فصل کاشت در مقایسه با کشت زمستانه (۱۱ درصد) قابل توجه نبود (جدول ۲). به علت مساوی بودن مدت زمان این مرحله فنولوژیکی در هر دو فصل کاشت (۱۵ روز)، مشابه با درجه روز رشد، میزان افزایش میانگین شاخص فتوترمال در کشت پاییزه نسبت به کشت زمستانه ۱۱ درصد بود (جدول ۳). با عنایت به مساوی بودن مدت زمان این مرحله در کلیه ارقام مورد بررسی، اختلاف بین شاخص‌های حرارتی در ارقام در هر فصل کاشت ناشی از اختلاف زمانی در شروع و خاتمه این مرحله و در نتیجه اختلاف شرایط اقلیمی از قبیل دما، تعداد ساعات آفتابی و طول روز در این دوره‌های ۱۵ روزه بود. میانگین درجه روز رشد مورد نیاز در مرحله رشد سبزینه‌ای در ارقام مورد بررسی در دو فصل کاشت پاییزه و زمستانه بین ۱۲۳/۳۵ تا ۱۶۵/۲ واحد متغیر بود (جدول ۲). ابرین و همکاران (۲۵) درجه روز رشد دریافت شده را در کشت بهار بسته به تاریخ کاشت ۲۰۳ تا ۳۰۴ واحد گزارش کردند. علت تفاوت در این نتایج را می‌توان طولانی‌تر بودن طول روز و بالاتر بودن دما در مرحله رشد سبزینه‌ای در کشت بهار (آزمایش ابرین) در مقایسه با شرایط اقلیمی کشت پاییزه و زمستانه این محصول در خوزستان نسبت داد.

#### غده‌زایی

غده‌زایی در سیب‌زمینی مکانیسمی پیچیده بوده و سطوح هورمون‌های درون‌زاد و تعادل تنظیم کننده‌های رشد نقش اساسی در آن ایفا می‌کنند. سطوح تنظیم کننده‌های رشد داخلی به نوبه خود تحت تأثیر شرایط آب‌وهوا، طول روز (فتوپریود)، دمای محیط و نیز شرایط رشد قرار دارند (۱۴). ارزیابی پارامترهای اقلیمی مشخص کرد که در هر دو فصل کاشت مورد بررسی در هنگام تشکیل غده میانگین دما حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد و طول روز حدود ۱۲ ساعت بود، به همین دلیل در

### بلوغ

به دلیل بالا رفتن دما از اواسط اردیبهشت، برداشت در خوزستان قبل از مرحله بلوغ و یا رسیدن گیاه انجام می شود، زیرا در صورت تاخیر در برداشت، به دلیل افزایش دما و افزایش گندیدگی غده‌ها و بروز عارضه رشد ثانویه از عملکرد قابل فروش کاسته خواهد شد (۶). در کشت پاییزه نیز به دلیل پایین بودن دما، طول روز و شدت نور در مرحله حجیم شدن غده‌ها، مرحله بلوغ مشاهده نمی شود (۷). بنابراین مراحل رشد و نمو سیب زمینی در خوزستان فقط شامل چهار مرحله رشد جوانه‌ها، رشد سبزینه‌ای، غده‌زایی و حجیم شدن غده است. عدم مشاهده مرحله بلوغ در سیب زمینی در سایر مناطق گرمسیری نیز گزارش شده است (۱).

### خصوصیات زراعی و عملکرد

گیاه سیب زمینی شامل تعدادی ساقه است و هر ساقه به منزلی یک گیاه تلقی می شود که ریشه، استولون و غده تولید می کند. تراکم بوته در سیب زمینی شامل دو بخش است: بخش اول تعداد گیاه در واحد سطح و بخش دوم تعداد ساقه در هر گیاه که در مطالعات عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲۸). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف تعداد ساقه ارقام مورد مطالعه در فصول و اثر متقابل این دو عامل معنی دار نبود. یکی از علل عدم وجود اختلاف معنی دار بین تعداد ساقه در این پژوهش را می توان به یکسان بودن سن فیزیولوژیک غده‌ها (چند جوانه‌ای) در هنگام کاشت نسبت داد (۲۸).

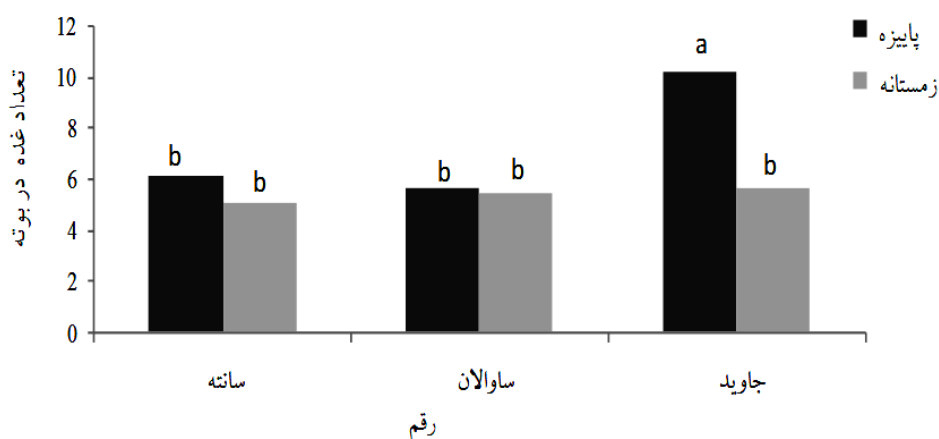
عملکرد غده در واحد سطح به عنوان شاخص مهم اقتصادی و در واقع هدف اصلی تولید سیب زمینی است. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر رقم و فصل کاشت بر عملکرد به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی دار بود. به دلیل یکسان بودن روند تغییرات عملکرد غده در ارقام مورد بررسی در دو فصل کاشت، اثر متقابل رقم و فصل کاشت بر عملکرد غده معنی دار نشد. در این پژوهش افزایش عملکرد کشت پاییزه در مقایسه با کشت زمستانه معنی دار بود. ارزیابی مدت دوره رشد و نمو سیب زمینی در دو فصل کاشت نشان داد که اگر چه مدت زمان

است. تعداد ساعات آفتابی مؤثر در فتوسنتز و دمای روزانه تأثیر قابل ملاحظه ای بر مدت این دوره دارند. فاکتورهای زراعی - اقلیمی مؤثر بر حجیم شدن غده شامل دمای آب و خاک، شدت نور، طول روز، رطوبت خاک و آب قابل استفاده است. شرایط اقلیمی بهینه برای حجیم شدن غده‌ها طول روز کوتاه، شدت نور بالا و میانگین دمای روزانه بین ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد است (۲۲). واکنش و حساسیت ارقام نسبت به شرایط محیطی در این مرحله متفاوت است (۵). میانگین مدت زمان مرحله حجیم شدن غده در کشت پاییزه و زمستانه به ترتیب ۸۸/۶۷ و ۶۳/۶۷ روز بود (جدول ۳). بر خلاف طولانی تر بودن مدت زمان دوره حجیم شدن غده‌ها در کشت پاییزه، در جه روز رشد دریافت شده توسط گیاه در کشت زمستانه (۱۲۸۷/۰۷) در مقایسه با کشت پاییزه (۷۹۲/۴) به دلیل بالا بودن دما به خصوص از اوایل اردیبهشت ۶۲ درصد افزایش نشان داد. بیشتر بودن ساعات آفتابی در این مرحله فنولوژیکی در کشت زمستانه نسبت به کشت پاییزه (جدول ۴) سبب شد که افزایش واحد هلیو ترمال در کشت زمستانه (۹۲۵۰/۵۹) ساعت در درجه روزرشد) نسبت به کشت پاییزه (۵۰۳۶/۸۰) ساعت در درجه روزرشد) به ۸۳/۶۶ درصد برسد (جدول ۴). مجموع در جه روز رشد دریافت شده در دو مرحله غده‌زایی و حجیم شدن غده در هر دو فصل کشت پاییزه و زمستانه (به ترتیب ۹۳۶/۳۰ و ۱۴۵۲/۰۷ درجه روز رشد) افزایش قابل توجهی نسبت به گزارش ماجی و همکاران (۱۹) (بسته تاریخ کاشت بین ۵۵۳ تا ۶۶۲ درجه روز رشد) نشان داد که علت این موضوع را می توان به طولانی بودن دوره رشد و نمو گیاه در این دو مرحله فنولوژیکی در کشت پاییزه و بالا بودن دما در مرحله حجیم شدن غده در کشت زمستانه نسبت داد. بالا بودن قابل توجه دما در این مرحله فنولوژیکی در کشت زمستانه نسبت به کشت پاییزه سبب شد که میانگین شاخص فتوترمال در کشت زمستانه (۱۹/۳۵) درجه روز رشد در روز) در مقایسه با کشت پاییزه (۸/۹۳) درجه روز رشد در روز) ۱۱۶/۷ درصد افزایش نشان دهد (جدول ۳).



غده‌ها در هر دو فصل کاشت نسبت داد. در کشت پاییزه علی‌رغم طولانی بودن دوره رشدونمو غده‌ها (۹۰ روز) و دریافت ۷۹۲/۴ درجه روز رشد و هم‌چنین مناسب بودن میانگین دما در دوره رشدونمو غده‌ها (جدول ۴)، عدم مشاهده اختلاف قابل توجه بین میانگین دمای روزانه در نیمه دوم دی و اوایل بهمن با صفر فیزیولوژی سیب‌زمینی و پایین بودن شدت و مدت نور در بخش قابل توجهی از دوره حجیم شدن غده‌ها سبب می‌شوند که غده‌ها نتوانند به حداکثر حجم و اندازه خود برسند و در نتیجه عملکرد سیب‌زمینی در این فصل کاشت در منطقه بالا نباشد. در کشت زمستانه نیز علی‌رغم کافی بودن دوره رشدونمو غده‌ها، به دلیل بالا بودن دمای هوا در دوره حجیم شدن غده‌ها (با میانگین ۲۷/۳۴ درجه سانتی‌گراد) عملکرد محصول پایین بود. پایین بودن عملکرد سیب‌زمینی در کشت زمستانه، علی‌رغم دریافت درجه روز رشد و واحد هلیوترمال قابل توجه، منعکس‌کننده راندمان پایین استفاده از تشعشع بر اثر دمای بالا است (۲۸). بالا بودن دما رشد اندام‌های هوایی را تحریک می‌کند و بنابراین در چنین شرایطی به جای انتقال مواد حاصل از فتوسنتز به غده، این مواد به اندام‌های سبز منتقل شده و صرف رشد شاخ و برگ و نیز تنفس گیاه می‌شوند و در نتیجه رشد غده و عملکرد کاهش خواهد یافت (۱۳). در بین ارقام مورد بررسی رقم جاوید حداکثر عملکرد را تولید و بر دو رقم دیگر در سطح یک درصد برتری داشت (جدول ۵). مطالعه عملکرد کل در اثر متقابل رقم و فصل کاشت مشخص کرد که عملکرد رقم جاوید در هر دو فصل کاشت نسبت به دو رقم دیگر بالاتر است (ولی این افزایش عملکرد فقط در کشت پاییزه نسبت به دو رقم دیگر معنی‌دار بود). علت افزایش عملکرد رقم جاوید را علاوه بر طولانی‌تر بودن دوره حجیم شدن غده‌ها، می‌توان به متحمل‌تر بودن این رقم نسبت به تنش‌های حرارتی و بیماری لکه برگگی که یکی از مهم‌ترین بیماری‌های سیب‌زمینی در هر دو فصل کاشت است، نسبت داد. وجود اختلاف در تحمل تنش دمای بالا در ارقام سیب‌زمینی توسط تیپ بیتزو همکاران (۳۳) نیز گزارش شده است.

دوره رشدونمو گیاه در کشت پاییزه نسبت به کشت زمستانه فقط ۹ روز طولانی‌تر بود ولی طولانی‌تر بودن مرحله رشد جوانه‌ها در کشت زمستانه نسبت به کشت پاییزه (۱۴/۱ روز) سبب شده که مرحله حجیم شدن غده‌ها که تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دارد، در کشت پاییزه نسبت به کشت زمستانه ۲۵ روز طولانی‌تر شود (جدول ۲). علاوه بر طولانی‌تر بودن مرحله حجیم شدن غده‌ها در کشت پاییزه، مساعدتر بودن دما در دوره حجیم شدن غده در این فصل کاشت سبب شد تا عملکرد کشت پاییزه نسبت به کشت زمستانه افزایش معنی‌داری را نشان دهد (جدول ۵). علی‌رغم کوتاه‌تر نبودن دوره رشدونمو گیاه در این پژوهش در مقایسه با کشت بهار سیب‌زمینی در مناطق معتدل کشور، کافی بودن دوره رشدونمو ارقام مورد مطالعه برای تولید مناسب (ساوالان نیمه زودرس با طول رشدونمو ۱۲۰ روز و ارقام سائته و جاوید نیمه دیررس با طول دوره رشدونمو ۱۳۵-۱۲۵) و کوتاه بودن دوره رشدونمو سبزینه‌ای (که یک امر ضروری برای تولید قابل قبول در مناطقی همانند خوزستان که قبل از بلوغ بایستی غده‌ها را برداشت کرد، است) عملکرد غده در این پژوهش حتی در کشت پاییزه در مقایسه با کشت بهار این محصول در مناطق معتدل کشور به مقدار قابل توجهی پایین‌تر است (۱۱، ۲۶ و ۲۷) که تأیید‌کننده گزارش لامبرت و همکاران (۱۸) مبنی بر پایین بودن عملکرد سیب‌زمینی در مناطق گرمسیری است. یکی از علل پایین بودن عملکرد سیب‌زمینی در خوزستان نامساعد بودن شرایط اقلیمی در مرحله رشد جوانه‌ها است که ضمن طولانی شدن این دوره (جدول ۲) سبب می‌شود که سهم قابل توجهی از حرارت دریافت شده به این مرحله فنولوژیکی، که تأثیر قابل توجهی بر عملکرد ندارد، اختصاص یابد (در کشت پاییزه و زمستانه به ترتیب معادل ۳۱ و ۱۹٪ از کل درجه روز رشد دریافت شده به این مرحله مربوط بود). با توجه به اینکه دمای ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد مناسب‌ترین دما در مرحله حجیم شدن غده‌ها است (۲۲)، عامل دیگر پایین بودن عملکرد سیب‌زمینی در خوزستان را می‌توان به نامساعد بودن دما، در دوره حجیم شدن



شکل ۱. مقایسه میانگین تعداد غده در بوته در ارقام مورد مطالعه در دو فصل کاشت پایزه و زمستانه. میانگین های هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری تفاوت معنی داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

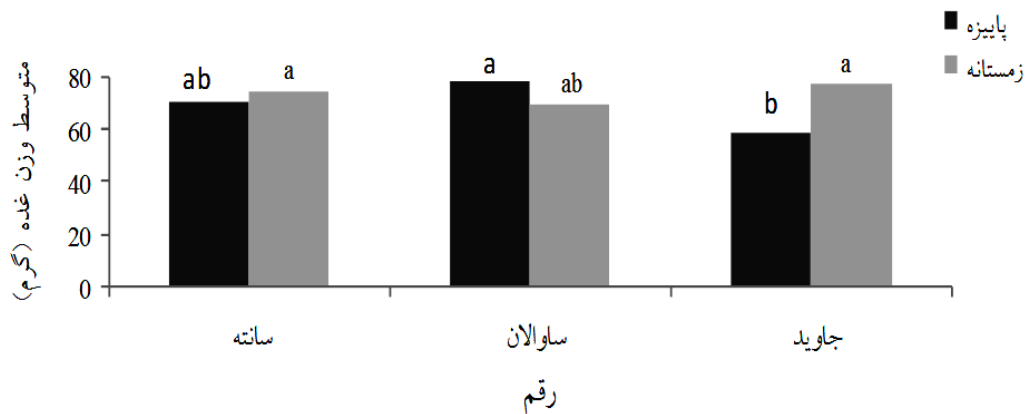
که اثر فصل کاشت و رقم بر این صفت معنی دار نبود ولی اثر متقابل این دو عامل بر متوسط وزن غده در سطح یک درصد معنی دار شد. اختلاف متوسط وزن غده در دو رقم سانتیه و ساوالان در دو فصل کاشت پایزه معنی دار نبود ولی فقط در رقم جاوید این اختلاف معنی دار بود (شکل ۲). با افزایش تعداد غده در بوته به دلیل افزایش رقابت درون بوته‌ای، متوسط وزن غده کاهش می‌یابد، به همین دلیل در این پژوهش در بین همه تیمارهای مورد مطالعه کمترین وزن غده به رقم جاوید در کشت پایزه، که بیشترین تعداد غده را تولید کرده بود، تعلق داشت. وجود ارتباط معکوس بین وزن و تعداد غده توسط دارایی (۶) نیز گزارش شده است.

#### کارایی مصرف حرارت و واحد هلیو ترمال

اثر رقم و فصل کاشت بر کارایی مصرف حرارت و کارایی مصرف واحد هلیو ترمال به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی دار بود ولی اثر متقابل رقم و فصل کاشت بر این دو شاخص در سطح یک درصد معنی دار نشد. علی‌رغم اینکه میزان کل درجه روز رشد دریافت شده و همچنین واحد هلیو ترمال در کشت زمستانه نسبت به کشت پایزه به ترتیب ۲۵/۶۲ و ۹/۴۶ درصد افزایش نشان داد (جداول ۲ و ۳) ولی کارایی مصرف حرارت و کارایی مصرف واحد هلیو ترمال در

تعداد غده در بوته بستگی به رقم، سن فیزیولوژیک غده بذری، تعداد ساقه و شرایط محیطی در ابتدای فصل رشد دارد. شرایط محیطی مؤثر بر تعداد غده شامل دمای محیط در ابتدای فصل رشد، مدیریت تغذیه و آبیاری و شرایط نامساعد اقلیمی همانند هوای گرم، تگرگ و یخبندان است (۲۲). ارزیابی این صفت نشان داد که اثر رقم، فصل کاشت و اثر متقابل این دو عامل بر تعداد غده در بوته در سطح یک درصد معنی دار بود. با توجه به مشابه بودن سن فیزیولوژیک غده‌ها در هنگام کاشت (چندجوانه‌ای) و یکسان بودن ارقام مورد مطالعه و عدم وجود اختلاف معنی دار تعداد ساقه در دو فصل کاشت، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که شرایط اقلیمی در ابتدای فصل رشد و نمو در کشت پایزه در مقایسه با کشت زمستانه برای غده‌زایی مساعدتر بوده است. حداکثر تعداد غده در بوته به رقم جاوید تعلق داشت. افزایش تعداد غده در رقم مزبور در مقایسه با دو رقم دیگر معنی دار بود (جدول ۵). اگرچه در هر سه رقم مورد مطالعه تعداد غده در بوته در فصل کشت پایزه نسبت به کشت زمستانه افزایش نشان داد ولی فقط در رقم جاوید این افزایش (در سطح یک درصد) معنی دار بود (شکل ۱). به همین دلیل اثر متقابل فصل کاشت و رقم از نظر این صفت در سطح یک درصد معنی دار شد.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به متوسط وزن غده نشان داد



شکل ۲. مقایسه میانگین متوسط وزن غده در ارقام مورد مطالعه در دو فصل کاشت پاییزه و زمستانه. میانگین های هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری تفاوت معنی داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

### نتیجه گیری

نتایج این پژوهش مشخص کرد که در کشت پاییزه مدت زمان مرحله رشد جوانه‌ها از کشت زمستانه کوتاه‌تر ولی مرحله حجیم شدن غده‌ها طولانی‌تر بود. مدت زمان رشد سبزینه‌ای در هر دو فصل کاشت برابر بود. در چه روز رشد دریافت شده، واحد هلیو ترمال و شاخص نوری دمایی در کشت پاییزه در مرحله رشد جوانه‌ها از کشت زمستانه بیشتر ولی در مرحله حجیم شدن غده‌ها کمتر بود. بالا بودن دما در دوره حجیم شدن غده‌ها در کشت زمستانه سبب شد که عملکرد، کارایی مصرف حرارت و کارایی مصرف واحد هلیو ترمال در این فصل کاشت در مقایسه با کشت پاییزه کاهش معنی داری را در سطح یک درصد نشان دهد.

کشت پاییزه نسبت به کشت زمستانه به ترتیب ۵۳/۷۴ و ۴۶/۱۵ درصد بیشتر بود (جدول ۵). علت این موضوع بالا بودن دما در دوره حجیم شدن غده (و به‌خصوص از اواسط اردیبهشت‌ماه به بعد) می‌تواند باشد که منجر به دریافت واحد حرارتی اضافی و غیر مؤثری در این فصل کاشت شده است. پایین بودن کارایی مصرف حرارت به دلیل بالا بودن دما در مرحله حجیم شدن غده‌ها توسط رتینگتون و هات‌چین سون (۳۵) و ماجی و همکاران (۱۹) نیز گزارش شده است. بیشترین کارایی مصرف حرارت و مصرف واحد هلیو ترمال به رقم جاوید تعلق داشت و از نظر این دو شاخص رقم جاوید بر دو رقم دیگر در سطح یک درصد برتری داشت (جدول ۵).

### منابع مورد استفاده

1. Agricultural, Food and Rural Development Department . 2005. Botany of the potato plant. Available on line at [http://www1.agric.gov.ab.ca.\\$department/deptdosc.nsf/all//opp9547](http://www1.agric.gov.ab.ca.$department/deptdosc.nsf/all//opp9547).
2. Amrawat, T., N. S. Solanki, S. K. Sharma, D. K. Jajoria and M. L. Dotaniya. 2013. Phenology growth and yield of wheat relation to agro-meteorological indices under different sowing date. *African Journal of Agricultural Research* 8(49): 6366-6374.
3. Anonymus. 2016. Agricultural statistics, first volume-horticultural and field crop, 2014-15. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Programing and Economic Deputy, Statistics and Information Technology Office. Tehran. PP: 88. (In Farsi).
4. Birch, P. R., G. Bryan, B. Fenton. E. M. Gilroy, I. Hein, J. T. Jones, A. Prashar, M. A. Taylor, L. Torrance and I. K. Toth. 2012. Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable? *Food Security* 4(4): 477-508.
5. Brown, P. H. 2007. The canon of potato science: 37. stolonization, tuber induction and tuberization. *Potato Research*

- 50: 363–365.
6. Darabi, A. 2007. Effects of planting density and harvesting date on yield and yield components of some potato cultivars in Behbahan. *Seed and Plant* 23(2): 233-244. (In Farsi).
  7. Darabi, A. and S. A. Eftekhari. 2014. Investigation the phenology stages and some growth indices of three potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *The plant production Agronomy, Breeding and Horticulture (Scientific Journal of Agriculture)* 37(2): 51-67. (In Farsi).
  8. Ewing, E. E. and P. C. Struik. 1992. Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. *Horticultural Reviews* 14: 89–98.
  9. Friedman, M. 1997. Chemistry, biochemistry and dietary role of potato polyphenols. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(5): 1523-1540.
  10. Grijesh, G. K., A. S. Kumara Swamy, S. Sridhara, M. Dinish Kumar, T. S. Vageesh and S. P. Nataraju. 2011. Heat use efficiency and helio thermal units of maize genotypes as influenced by date of sowing under Southern transitional zone of Karanatak state. *International Journal of Science and Nature* 2(3): 529-533.
  11. Hassanpanah, D., A. A. Hossienzaded and N. Allahyari. 2009. Evaluation of planting date effect on Savalan and Agria potato cultivars in Ardabil region. *Journal of Food Agriculture and Environment* 27(3 and 4): 525- 528.
  12. Jones, J. W., G. Hogenboom, C. H. Porter, K. J. Bootee, W. D. Batchlore, L. A. Haunt, P. W. Wilkens, U. Singh, A. Gijman and J. T. Ritchie. 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy* 18: 235-265.
  13. Kazemi, M., H. Hassanabadi and H. Tavakoli. 2011. Potato Production Management. Nashr-e-Amozesh and Tarvij Keshavarzi. Tehran. (In Farsi).
  14. KleinKopf, G. E., T. L. Brandt and N. Olsen. 2003. Physiology of tuber bulking. *In: Proceeding of the Idaho Potato Conference*. USA.
  15. Kolasa, K. 1993. The potato and human nutrition. *American Potato Journal* 70(5): 375-384.
  16. Kooman, P. L. and A. J. Haverkort. 1995. Modeling development and growth of the potato crop influenced by temperature and day length. pp. 41-59. *In: Haverkort, A. J. and D. K. L. MacKerron (Eds.), Potato Ecology and Modeling of Crop under Conditions Limiting Growth*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
  17. Kumar, N., S. Kumar, A. S. Main and S. Royo. 2014. Thermal indices to crop phenology of wheat (*Triticum aestivum* L.) and urd (*Vignamungo Hepper* L.) at Taria region of Uttarkhand. *Mausam* 65(2): 215-218.
  18. Lambert, E. D. S., C. A. B. P. Pinoto and C. B. D. Meneze. 2006. Potato improvement for tropical conditions: I. Analysis of stability. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 6: 129-135.
  19. Maji, S., M. Bhowmick, P. Chakraborty, S. Jena, S. K. Dutta, R. Nath, P. Bandyopahyay and P. K. Chakraborty. 2014. Impact of Agro-meteorological on growth and productivity of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Eastern India. *Journal of Crop and Weed* 10(2): 193-189.
  20. Malakouti, M. J. and M. M. Tehrani. 1999. The role of micronutrients in increasing yield and quality of agricultural crops. Tarbiat Modarres University Publication. Tehran. (In Farsi).
  21. Midmore, D. J. 1992. Potato production in the he tropics. pp. 728 – 793. *In: P. M. Harris (Ed.), Potato Crop*. Chapman and Hall, London.
  22. Mihovilovich, E., C. Carli, F. de Mendiburu, V. Hualla and M. Bonierbale. 2009. Protocol tuber bulking maturity assessment of elite and advanced potato clones. International Potato Center. Lima.
  23. Moorby, J. and F. L. Milthorpe. 1975. Potato. pp. 225-257. *In: L.T. Evans. (Ed.), Crop Physiology: Some Case Histories*. Cambridge University Press, London.
  24. Mote, B. M., M. Kumar and Y. C. Ban. 2015. Agro-meteorological indices of rice cultivars under different environmental at Navsari (Gujrat), India. *Plant Archives* 15(2): 913-917.
  25. O'brien, P. J., E. J. Allen and D. M. Firman. 1998. A review of some studies into tuber initiation in potato (*Solanum tuberosum* L.) crops. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 130: 251- 270.
  26. Mousapour Gorji, A. and H. Hassanabadi. 2012. Analysis of growth and variation in trends of potato cv. Agria in different planting date. *Seed and Plant Production Journal* 28-2 (2): 187-208 (In Farsi).
  27. Parvizi, K., J. Souri and R. Mahmoodi. 2011. Evaluation of cultivation date on yield and amount of tuber disorders of potato cultivars in Hamadan province. *Journal of Horticultural Science* 25(1): 82-93. (In Farsi)
  28. Rezaee, A. and A. Soltani. 1996. Introduction to Potato Production. Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Publication, Mashhad. (In Farsi).
  29. Rao, V. U. M., D. Singh and R. Singh. 1999. Heat use efficiency of winter crop in Haryana. *Journal of Agro-Meteorology* 1(2): 143-148.
  30. Ratnam, M. and S. Rajamani. 2016. Heat use thermal and radiation use efficiency of Bt. cotton as influenced by sowing windows under rainfed conditions of Andhra Pradesh. *International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture* 261-263.
  31. Singh, M. P., K. R. Lallu and N. B. Sign. 2014. Thermal requirement of Indian mustard (*Brassica juncea*) at different phenological stages under late sown condition. *Indian Journal of Plant Physiology* 19(3): 238-243.

32. Sreenivas, G., M. Devender Redady and D. Raji Redady. 2010. Agro-meteorological indices in relation to phenology of aerobic rice. *Journal of Agrometeorological* 12(2): 241-244.
33. Tibbitts, T. W., W. Cao and S. M. Bennett. 1992. Utilization of potato plant for life support in space. V. Evaluation of cultivars in response to continue light and high temperature. *Amrican Potato Journa* 69: 229-237.
34. Waglay, A., S. Karboune and I. Alli .2014. Potato protein isolates: recovery and characterization of their properties. *Food Chemistry* 142: 373-382.
35. Worthington, C. M. and C. M. Hutchinson. 2005. Accumulated growing degree days as a model to determine key developmental stages and evaluate yield and quality of potato in Northeast Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 118: 98-101.

## The Investigation of Planting Season Effect on Yield and Phenology of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars Using Thermal Indices

A. Darabi<sup>1\*</sup>

(Received: November 27-2017; Accepted: May 5-2018)

### Abstract

In order to evaluate the effect of autumn and winter planting on yield and phenology of potato cultivars using thermal indices an experiment was conducted in split plot in time based on a randomized complete block design with three replications at Behbahan Agriculture Research Station in Khuzestan province, south of Iran in 2014 and 2015. Cultivar (Sante, Savalan and Javid) was considered as main plot and planting season (autumn and winter planting) as sub plot. In Autumn and winter planting seasons tubers were planted in early October and early December, respectively. Tubers were harvested in early March and mid May in autumn and winter planting seasons, respectively. The duration of sprout development in the autumn planting season was 14 days shorter than winter planting season, but tuber bulking duration was 25 days longer in the latter planting season. Furthermore, growing degree days, helio thermal unit and photo thermal index of sprout development stage in autumn planting season (117.41°C day, 1967°C day hour and 9.29°C day day<sup>-1</sup>, respectively) were greater than winter planting. However these agro-meteorological indices at tuber bulking stage (537.58°C day, 4168.79°C day hour and 10.42°C day day<sup>-1</sup>, respectively) were smaller in winter planting. Yield, thermal use efficiency and helio thermal use efficiency were reduced (18.36, 34.95 and 31.58%, respectively) due to high temperatures encountered during tuber bulking stage in winter planting as compared with the autumn planting season. The highest yield, thermal use efficiency and helio thermal use efficiency in both of planting seasons belonged to Javid cultivar.

**Keywords:** Growth degree day, Helio thermal unit, Photo thermal unit, Tuber initiation`

---

1. Assistant Professor, Seed and Plant Research Improvement Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahwaz, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: darabi6872@yahoo.com