مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۸ شماره ۳ صفحه‌های ۲۷۱ تا ۲۸۶ (۱۳۹۶)

بررسی شاخص‌های زراعی– اقلیمی در مرحله‌های مختلف فنولوژی و واکاوی رشد نژادگان‌های جدید سیب‌زمینی[1]

Study on the Agro-Meteorological Indices at Different Phenological Stages and Growth Analysis of New Potato Genotypes

عبدالستار دارابی*[2]

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی شاخص‌های زراعی اقلیمی در مرحله‌های مختلف فنولوژِی و واکاوی رشد نژادگان‌های جدید سیب‌زمینی در کشت پاییزه در استان خوزستان انجام شد. این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل پنج تیمار با سه تکرار به مدت یک سال زراعی (۱۳۹۳) درمزرعه‌های شهرستان بهبهان اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل سه رقم سانته، خاوران و جاوید و دو هم‌گروه پیشرفته بود. ژوخه‌ها در اواسط مهر ماه کشت و اوایل اسفند ماه برداشت شدند. نتیجه‌های آزمایش نشان داد مرحله رشد سبزینه‌ای کوتاه ولی مرحله حجیم شدن ژوخه طولانی بود. مرحله رسیدن در این پژوهش مشاهده نشد. واحد هلیوترمال مورد نیاز در مرحله رشد و گسترش جوانه‌ها، رشد سبزینه‌ای، ژوخه‌زایی و حجیم شدن ژوخه به‌ترتیب ۲۶۶۳/۴۱ تا ۳۳۳۲/۰۳، ۱۵۸۱/۳۲ تا ۱۷۳۱/۸۶، ۱۱۹۴/۲۹ تا ۱۸/ ۱۲۱۸و ۳۴۹۱/۲۴ تا ۳۶۸۰/۵۸ ساعت دردرجه روز رشد بود. واحد نوری دمایی از کاشت تا برداشت ۱۵۹۰۹/۲۲ ساعت دردرجه روز رشد بود. سرعت رشد محصول و ژوخه در ابتدای رشد و نمو افزایش و پس از رسیدن به بیشینه، کاهش یافت. بیشترین سرعت رشد نسبی در همه نژادگان‌ها به مرحله‌های اولیه رشد و نمو تعلق داشت. رقم خاوران به‌دلیل بالاترین کارایی مصرف دما و واحد هلیو ترمال که منجر به افزایش سرعت رشد ژوخه و محصول شد، بیشترین محصول را تولید نمود.

واژه‌های کلیدی: درجه روز رشد، سرعت رشد محصول، شاخص نوری دمایی، واحد نوری دمایی، واحد هلیو ترمال.

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) یکی از فراورده‌هایی است که سطح زیر کشت گسترده‌ای در جهان داشته و از نظر مقدار تولید در رتبه پنجم قرار دارد. این محصول ژوخه‌ای نه تنها از نظر هیدروکربن‌ها غنی

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۸

۲- 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.

* نویسنده مسئول، ایمیل: (darabi6872@yahoo.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

بوده، بلکه یک منبع مهم ماده‌های معدنی و ویتامین‌ها نیز می‌باشد. در کشورهای گسترش یافته حدود پانصد میلیون نفر ازسیب‌زمینی تغذیه می‌کنند (۱۶). مرحله‌های رشد و نمو سیب‌زمینی را می‌توان به پنج مرحله جدا تقسیم بندی نمود: مرحله رشد و گسترش جوانه‌ها، این مرحله از زمان رشد جوانه در چشم‌های ژوخه شروع و به ظهور آن در سطح خاک ختم می‌شود. دارابی و افتخاری (۴) گزارش نمودند مدت زمان این مرحله برای رقم‌های کوزیما، سانته و ساوالان در کشت زمستانه سیب‌زمینی در خوزستان به‌ترتیب ۳۶/۳۳، ۳۶/۳۳ و ۳۲ روز بود. مرحله رشد سبزینه‌ای، از زمان سبز شدن گیاه شروع شده و به شروع ژوخه‌زایی ختم می‌شود. مرحله ژوخه‌زایی، ژوخه‌های اولیه در انتهای دستک‌ها[۱] شروع به تشکیل شدن می‌کنند ولی هنوز شروع به حجیم شدن ننموده‌اند. این مرحله در بیشتر رقم‌ها با شروع گلدهی خاتمه می‌یابد. طول روز کوتاه و دمای پایین (به‌ویژه در شب) سبب تسریع در ژوخه‌زایی شده و تعداد ژوخه را افزایش می‌دهند (۱۴). مرحله حجیم شدن ژوخه‌ها، مدت زمان کوتاهی بعد از تشکیل، ژوخه شروع به حجیم شدن می‌کند. مدت و سرعت حجیم شدن ژوخه بسته به رقم و شرایط اقلیمی دارد. حجیم شدن ژوخه در روز کوتاه و دمای معتدل شدید می‌شود، در این شرایط ژوخه در حال رشد به‌عنوان یک مقصد قوی برای جذب ماده‌های پرورده عمل می‌کند و ماده‌های غذایی توسط ژوخه جذب شده، رشد ژوخه افزایش یافته و رشد شاخ و برگ محدود خواهد شد. مرحله بلوغ یا رسیدن، شاخ و برگ گیاه شروع به زرد شدن نموده و ریزش برگ‌ها آغاز می‌شود و در پایان اندام‌های هوایی می‌میرند (۲۱).

شاخص‌های زراعی–اقلیمی[۲] که منشا دمایی دارند، همانند درجه روز رشد[۳]، واحد هلیوترمال[۴]، واحد نوری دمایی[۵]، شاخص نوری دمایی[۶]، کارایی مصرف واحد هلیوترمال[۷] و کارایی مصرف دما[۸] برای بررسی فنولوژی گیاهان و اندازه گیری رشد و عملکرد ژوخه استفاده می‌شوند (۳۱). همه مرحله‌های نموی را با استفاده از درجه روز رشد می‌توان دقیق‌تر از تقویم زمانی مطالعه نمود. درجه روز رشد به‌منظور ارتباط بین مدت رشد و درجه دما پیشنهاد شده است. این شاخص بر این پایه استوار است که یک ارتباط مستقیم و خطی بین دما و رشد وجود دارد. بر همین اساس چند پژوهشگر تاثیر دما بر فنولوژی و عملکرد محصول را از راه درجه روز رشد تجمعی گزارش نموده‌اند (۲۸، ۲۹، ۳۲).

شاخص‌های زراعی- اقلیمی در مرحله‌های مختلف فنولوژی توسط امگین (۱۱) در برنج، راتنام و راجامانی (۳۰) در کتان، کومار و همکاران (۱۹) در گندم و ماش، ورتینگ‌تون و هات‌چین‌سون (۴۰) و ماجی و همکاران (۲۲) در سیب‌زمینی بررسی شده‌اند.

برای درک بیشتر مبانی فیزیولوژیکی عملکرد گیاهان زراعی نیاز به بررسی کمی مولفه‌های رشد جامعه گیاهی می‌باشد. مجموع روش‌هایی که به‌منظور بررسی کمی این مولفه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند به واکاوی‌های رشد معروف می‌باشند. از متداول‌ترین شاخص‌هایی که توسط پژوهشگران مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند می‌توان سرعت رشد نسبی، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص را نام برد (۷). یافته‌های موسی‌پور گرجی و حسن‌آبادی (۹) نشان داد که اختلاف عملکرد ماده خشک ژوخه رقم‌های پیکاسو، مارفونا و آگریا معنی دار نبود. روند تغییرهای ماده خشک ژوخه به‌صورت درجه دو بود. روند تغییرهای سرعت رشد ژوخه در بیشتر تاریخ‌های کاشت برای همه رقم‌ها تا مرحله‌های پایانی به صورت افزایشی بود. روند تغییرهای سرعت رشد نسبی برای همه رقم‌ها در بیشتر تاریخ‌های کاشت ابتدا به‌صورت افزایشی بوده وسپس با شیب‌های متفاوت کاهش یافت و در اواخر دوره رشد و نمو به‌تقریب یکنواخت شد.

۱- Stolon ۲- Agro-meteorological ۳- Growth degree days (GDD) ۴- Heliothermal unit (HTU)
۵- Photothermal unit (PTU) ۶- Photothermal index (PTI) ۷- Heliothermal use efficiency (HTUE)
۸- Thermal use efficiency (TUE)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

دارابی و افتخاری (۴) برخی از شاخص‌های رشد را در کشت زمستانه سه رقم سیب‌زمینی در خوزستان بررسی کردند. سرعت رشد اندام‌های هوایی و ژوخه در مرحله‌های اولیه رشد و نمو افزایش و پس از رسیدن به بیشینه کاهش یافت. رقم ساوالان به‌دلیل دارا بودن بیش‌ترین سرعت رشد ژوخه بیشینه عملکرد ماده خشک محصول در واحد سطح را تولید نمود. عباس (۱۰) گزارش نمود که در همه نژادگان‌های مورد بررسی در کشت پاییزه بیشینه سرعت رشد محصول در ۶۰ روز بعد از کاشت مشاهده و سپس کاهش یافت، در حالی که در کشت بهاره کمینه سرعت رشد محصول در ۶۰ روز بعد از کاشت مشاهده و تا ۹۰ روز بعد از کاشت روند تغییرهای این شاخص افزایشی بود. بیشینه سرعت رشد نسبی در هر دو کشت پاییزه و بهاره ۶۰ روز بعد از کاشت مشاهده و سپس کاهش یافت.

از زمان جنگ جهانی دوم شرایط اقتصادی، اجتماعی و پیشرفت‌های فناوری که در زمینه فراورده‌های کشاورزی انجام شد، باعث گردید که افزون بر منطقه‌های معتدله، منطقه‌های گرمسیری نیز به عنوان تولید کننده سیب‌زمینی مطرح شوند (۵). یکی از منطقه‌های نیمه گرمسیری مناسب برای کشت سیب‌زمینی در ایران، استان خوزستان است. زراعت این محصول در سال‌های اخیر مورد استقبال کشاورزان قرار گرفته به طوری که سطح زیر کشت آن از ۳۴۷ هکتار در سال زراعی ۶۴- ۱۳۶۳ هم اکنون به ۷۰۲۶ هکتار (۱) رسیده است. با توجه به لزوم بررسی‌های همه جانبه در مورد این محصول و با توجه به این‌که هیچ گزارشی مبنی بر بررسی شاخص‌های زراعی -اقلیمی در مرحله‌های فنولوژی سیب‌زمینی در جنوب کشور منتشر نشده است این پژوهش به منظور بررسی شاخص‌های زراعی اقلیمی در مرحله‌های مختلف فنولوژی و واکاوی رشد نژادگان‌های جدید سیب‌زمینی در کشت پاییزه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل پنج نژادگان، سه رقم سانته، خاوران و جاوید و دو هم‌گروه پیشرفته: ۳۹۷۰۳۱-۷ و ۱۰-۳۹۷۰۸۲ حاصل از به‌نژادی سیب‌زمینی در داخل کشور با سه تکرار به‌مدت یک سال زراعی (۱۳۹۳) در مزرعه‌ای در شهرستان بهبهان اجرا شد. برخی از فراسنجه‌های هواشناسی ماهیانه در دوره رشد و نمو محصول در جدول (۱)، دریافت شده از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بهبهان، ارائه شده‌اند.

جدول۱- برخی از فراسنجه‌های هواشناسی ماهیانه در دوره رشد و نمو سیب‌زمینی.

Table 1. Some of monthly meteorological parameters during potato growth and evelopment

فراسنجه‌های هواشناسی Meteorological parameters	مهر Sep.-Oct.	آبان Oct.-Nov.	آذر Nov. - Dec.	دی Dec.-Jan.	بهمن Jan.-Feb.	سفند Feb.-Mar.
میانگین دما Mean temperature (°C)	28.82	19.35	15.45	13.35	17.20	16.85
میانگین دمای بیشینه Mean maximum temperature (°C)	37.50	27.30	21.80	19.80	24	24.10
میانگین دمای کمینه Mean minimum temperature(°C)	20.40	11.40	9.10	6.90	10.40	9.60
کمینه مطلق دما Absolute minimum temperature	16	6	5.80	2.20	1.60	1.80
بیشینه مطلق دما Absolute maximum temperature (°C)	41.60	34	26.60	25	28.20	28.50
بارش Precipitation (mm)	1	36.50	113.30	21.70	2	23.80

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

مقدار مصرف کود بر اساس نتیجه‌های آزمون خاک و پیشنهاد موسسه تحقیقات خاک و آب صورت گرفت و مقدار آن عبارت بود از ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار که در هنگام تهیه زمین به‌طور یکنواخت پخش و با خاک آمیخته شدند. کود نیتروژن لازم نیز به مقدار ۳۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، نصف آن قبل از کاشت و بقیه در هنگام خاکدهی پای بوته در اختیار گیاهان قرار گرفت (۸). ژوخه‌های بذری در اواسط مهر ماه کشت شدند. در زمان کاشت، ژوخه‌ها از نظر سن فیزیولوژیک در شرایط سنی چند جوانه‌ای، دارای ۳ تا ۵ جوانه سبز رنگ ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متری بودند. هر کرت آزمایشی به مساحت ۳۰ متر مربع شامل ۵ خط کاشت به طول ۸ متر و به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود. فاصله ژوخه‌ها روی خطها ۲۵ سانتی‌متر تعیین شد. شاخص‌های زراعی- اقلیمی، به‌منظور مطالعه تغییرهای این شاخص‌ها در مرحله‌های مختلف نمو، با استفاده از فرمول‌های زیر اندازه‌گیری شدند:

$GDD = \Sigma n\ [(Tmax + Tmin)/2] - T_b$

GDD درجه روز رشد، n تعداد روزهای رشد، Tmax بیشینه دمای روزانه، Tmin کمینه دمای شبانه و T_b دمای پایه (۷ درجه سلسیوس)

$HTU = \Sigma GDD \times$ Duration of sun shine hours

HTU واحد هلیو ترمال برحسب ساعت در درجه روز رشد و Duration of sun shine hours تعداد ساعت آفتابی

HTUE=Yield /HTU

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

$TUE = Yield/\Sigma GDD$

TUE کارایی مصرف دما بر حسب گرم ماده خشک در متر مربع در درجه روز رشد و کیلوگرم در هکتار در درجه روز رشد، Yield عملکرد ماده خشک بر حسب گرم در متر مربع و یا عملکرد (تر) بر حسب کیلوگرم در هکتار

$PTU = \Sigma GDD \times$ Day length

PTU واحد نوری دمایی بر حسب ساعت در درجه روز رشد، Day length طول روز بر حسب ساعت

$PTI = \Sigma GDD/$Growth days

PTI شاخص نوری دمایی بر حسب درجه روز رشد در روز، Growth days تعداد روز در هر مرحله رشد (۳۱، ۳۹).

در هنگام برداشت محصول دو خط وسط هر کرت با حذف ۵۰ سانتی‌متر از بالا و پایین خط و به مساحت ۱۰/۵ متر مربع برداشت و در اندازه‌گیری‌ها منظور گردید. به منظور واکاوی رشد از ۱۵ روز بعد از سبز شدن تا هنگام برداشت به فاصله ۱۵ روز، ۵ گیاه از هر کرت برداشت و وزن خشک اندام‌های هوایی و ژوخه یادداشت شد. وزن خشک اندام‌های برداشت شده با قرار دادن این اندام‌ها در آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت تعیین گردید. هنگامی که قطر قسمت متورم انتهای دستک دو برابر قطر دستک شد، به عنوان زمان تشکیل ژوخه تلقی شد (۱۵). شاخص های رشدی با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

$HGR = (1/GA)\ (H_2-H_1)/(T_2-T_1)$

HGR سرعت رشد اندام هوایی برحسب گرم در روز در مترمربع، H_2 و H_1 به‌ترتیب وزن خشک اندام‌های هوایی در زمان T_2 و T_1 و GA سطح زمین پوشیده شده توسط گیاه

۱- Haulm growth rate ۲- Tuber growth rate ۳- Crop growth rate ۴- Relative growth rate

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

$TUGR^{۲}= (1/GA) (TU_2- TU_1)/(T_2-T_1)$

TUGR سرعت رشد ژوخه برحسب گرم در روز در مترمربع ، TU_2 و TU_1 به‌ترتیب وزن خشک ژوخه در زمان T_2 و T_1

$CGR^{۳}= (1/GA) (W_2-W_1)/(T_2-T_1)$

CGR سرعت رشد محصول برحسب گرم در روز در مترمربع، W_2 و W_1 به‌ترتیب وزن خشک گیاه در زمان T_2 و T_1

$RGR^{۴}= (lnW_2-lnW_1)/(T_2-T_1)$

RGR سرعت رشد نسبی گیاه برحسب گرم بر گرم در روز (۳۸). در پایان داده‌های جمع آوری شده از اندازه‌گیری ویژگی‌ها با نرم افزار MSTATC تجزیه واریانس و میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شدند. برای اندازه گیری شاخص‌های رشد و رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

فنولوژی

مرحله رشد و گسترش جوانه‌ها: مدت زمان این مرحله در نژادگان‌های مورد مطالعه بین ۱۶ تا ۱۹ روز و درجه روز رشد دریافت شده بسته به نژادگان بین ۳۱۷/۱ تا ۳۶۱ واحد متغیر بود (جدول۲). ورتینگ‌تون و هات‌چین‌سون (۳۴) درجه روز رشد تجمعی مورد نیاز در مرحله رشد جوانه‌ها را در شش تاریخ کاشت از ۲۴ دی تا ۷ فروردین، به فاصله ۱۴ روز در فلوریدا، از ۱۷۸ تا ۲۴۰ درجه روز رشد گزارش نمودند. نتیجه‌های آزمایش ماجی و همکاران (۲۲) در هندوستان نیز مشخص نمود که درجه روز رشد تجمعی در مرحله رشد و گسترش جوانه‌ها در پنج تاریخ کاشت از ۲۵ آبان تا ۲۳ آذر، به فاصله یک هفته بین ۱۰۰/۲ تا ۱۴۶/۵ درجه روز رشد و مدت زمان این مرحله از ۹ تا ۱۴ روز متغیر بود. دلیل افزایش درجه روز رشد دریافت شده در این آزمایش در مقایسه با گزارش پژوهشگران یادشده را می‌توان به بالاتر بودن دما در این مرحله فنولوژی (جدول ۱) در مقایسه با دمای بهینه برای رشد و گسترش جوانه‌ها، ۱۸ درجه سلسیوس (۲۳)، نسبت داد.

جدول ۲- مدت و درجه روز رشد مورد مورد نیاز در مرحله‌های مختلف فنولوژی نژادگان‌های مورد بررسی.

Table 2. Duration and GDD degree day requirement at different phenological stages of studied genotypes.

نژادگان Genotype	رشد و گسترش جوانه‌ها Sprout development		رشد سبزینه‌ای Vegetative growth		ژوخه‌زایی Tuber initiation		حجیم شدن ژوخه Tuber bulking		مجموع Total
	GDD	Duration (days)	GDD	Duration (days)	GDD	Duration (days)	GDD	Duration (days)	GDD
397082-10	361	19	205.1	15	158	15	705.3	87	1429.4
خاوران Khavaran	330.2	17	214.9	15	155.3	15	729	89	1429.4
سانته Sante	330.2	17	214.9	15	155.3	15	729	89	1429.4
جاوید Javid	317.1	16	219.5	15	150	15	724.8	90	1429.4
397031-7	345	18	211.2	15	154.5	15	718.7	88	1429.4

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

یکی از شاخص‌های زراعی-اقلیمی مهم که برای مطالعه فنولوژی گیاهان استفاده شده است، واحد هلیو ترمال می‌باشد. کومار و همکاران (۱۹) این شاخص را در گندم و ماش در کتان مطالعه نمودند. در این پژوهش واحد هلیو ترمال در مرحله رشد و گسترش جوانه‌ها از ۲۶۶۳/۴۱ تا ۳۳۳۲/۰۳ ساعت در درجه روز رشد متغیر بود (جدول ۳). ماجی و همکاران (۲۲) واحد هلیو ترمال را در مرحله رشد و گسترش جوانه‌ها در تاریخ کاشت‌های مورد بررسی از ۶۷۴/۲ تا ۱۲۱۰/۳ ساعت در درجه روز رشد گزارش نمودند. علت تفاوت در این نتیجه‌ها، افزون بر کوتاه‌تر بودن مدت زمان مرحله رشد و گسترش جوانه‌ها و در نتیجه دریافت دمای کمتر، پایین‌تر بودن قابل ملاحظه تعداد ساعت‌های آفتابی (بین ۵/۶ تا ۸/۱) در آزمایش ماجی و همکاران (۲۲) بود. ارزیابی واحد نوری دمایی نشان داد که نژادگان‌های مورد مطالعه در مرحله رشد جوانه‌ها از ۳۷۲۰/۱۴ تا ۴۲۴۱/۸۷ ساعت در درجه روز رشد دریافت نموده‌اند (جدول ۴). از شاخص‌های مهم زراعی اقلیمی دیگر که پیشتر در بررسی‌های فنولوژی گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفته است می‌توان به شاخص نوری دمایی (۳۱) اشاره نمود. شاخص نوری دمایی در مرحله رشد و گسترش جوانه‌ها از ۱۹ تا ۱۹/۸۲ درجه روز رشد در روز متغیر بود (جدول ۴).

جدول ۳- ساعت‌های آفتابی و واحد هلیوترمال (ساعت‌های آفتابی در درجه روز رشد) درمرحله‌های مختلف فنولوژی نژادگان‌های مورد مطالعه.

Table 3. Bright sunshine hours (BSH) and heliothermal unit (HTU) (degree day hr^{-1}) during different phenological stages of studied genotypes.

نژادگان Genotype	رشد و نمو جوانه‌ها Sprout growth and development		رشد سبزینه‌ای Vegetative growth		ژوخه‌زایی Tuber initiation		حجیم شدن ژوخه Tuber bulking		مجموع Total
	BSH	HTU	BSH	HTU	BSH	HTU	BSH	HTU	HTU
397082-10	9.23	3332.03	7.71	1581.32	6.26	1218.18	4.95	3491.24	10734.9
Khavaran خاوران	9.11	30008.1	7.80	1676.22	7.49	1211.34	4.87	3550.22	10734.9
سانته Sante	9.11	30008.1	7.80	1676.22	7.49	1211.34	4.87	3550.22	10734.9
جاوید Javid	9.03	2663.41	7.89	1731.86	7.99	1198.50	4.85	3602.58	10734.9
397031-7	9.18	3167.10	7.73	1632.58	6.98	1194.29	4.90	3521.63	10734.9

مرحله رشد سبزینه‌ای: در سیب‌زمینی مدت زمان مرحله رشد سبزینه‌ای نقش بسیار مهمی در عملکرد این محصول دارد. هر چه مدت این مرحله کوتاه‌تر باشد، مرحله حجیم شدن ژوخه طولانی‌تر شده و اندام‌های هوایی، به عنوان یک منبع رقابت کننده با ژوخه برای جذب ماده‌های غذایی، بیش از اندازه رشد نخواهد کرد. در اولین نمونه‌برداری (۱۵ روز بعد از خروج گیاهان) در همه نژادگان‌ها ژوخه مشاهده شد. بنابراین مرحله رشد سبزینه‌ای در کشت پاییزه سیب‌زمینی در خوزستان بیشینه ۱۵ روز است. دارابی و افتخاری (۴) مدت زمان این مرحله را برای کشت زمستانه سیب‌زمینی در خوزستان نیز ۱۵ روز گزارش نمودند. پرویزی و همکاران (۲) گزارش نمودند که حدود ۴۰ روز بعد از خروج گیاهان در کشت بهاره سیب‌زمینی در همدان ژوخه قابل مشاهده می‌باشد، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود مرحله رشد سبزینه‌ای در کشت پاییزه سیب‌زمینی در خوزستان در مقایسه با زراعت بهاره این محصول در همدان حدود ۲۵ روز کوتاه‌تر است. ارزیابی واحد دمایی مشخص نمود که درجه روز رشد مورد نیاز برای مرحله رشد سبزینه‌ای بسته به نژادگان بین ۲۰۵/۱ تا ۲۱۹/۵ واحد می‌باشد. واحد هلیوترمال مرحله یاد شده بین ۱۵۸۱/۳۲ تا ۱۷۳۱/۸۶ ساعت در درجه روزرشد متغیر بود (جدول‌های ۲ و

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

جدول ۴- واحد نوری دمایی (درجه ساعت) و شاخص نوری دمایی (درجه روز رشد) در مرحله‌های مختلف فنولوژی نژادگان‌های مورد مطالعه.

Table 4. Photothermal unit (PTU) (degree day hr^{-1}) and Photo thermal index (PTI) (degree day day^{-1}) during different phenological stages of studied genotypes.

نژادگان Genotype	رشد و نمو جوانه‌ها Sprout growth and development		رشد سبزینه‌ای Vegetative growth		ژوخه‌زایی Tuber initiation		حجیم شدن ژوخه Tuber bulking		مجموع Total
	PTU	PTI	PTU	PTI	PTU	PTI	PTU	PTI	PTU
397082-10	4241.87	19	2321.73	18.12	1745.90	10.53	7701.88	6.03	15909.22
خاوران Khavaran	3856.74	19.42	2439.12	18.93	1723.83	10.37	7967.97	6.13	15909.22
سانته Sante	3856.74	19.42	2439.12	18.93	1723.83	10.37	7967.97	6.13	15909.22
جاوید Javid	3720.14	19.82	2486.94	19.31	1666.5	10	8118.80	6.19	15909.22
397031-7	4036.50	19.17	2401.34	18.75	1716.50	10.30	7855.39	6.09	15909.22

۳). بر خلاف این نتیجه‌ها، ماجی و همکاران (۲۲) مدت زمان این مرحله را بین ۲۴ تا ۲۸ روز (بین ۶۰ تا ۸۷ ٪ طولانی‌تر از این آزمایش) و درجه روز رشد مورد نیاز را از ۳۲۷/۹ تا ۳۹۷ واحد و واحد هلیوترمال را بین ۳۴۹۶/۱ تا ۴۱۸۰/۹ ساعت در درجه رشد گزارش نمودند. در این آزمایش در مرحله رشد سبزینه‌ای واحد نوری دمایی از ۲۴۰۱/۳۴ تا ۲۴۸۶/۹۴ ساعت در درجه رشد و شاخص نوری دمایی بین ۱۸/۱۲ و ۱۹/۳۱ درجه روز رشد در روز متغیر بودند (جدول ۴). با توجه به مساوی بودن مدت زمان این مرحله در همه نژادگان‌های مورد بررسی، اختلاف بین شاخص‌های دمایی در این نژادگان‌ها ناشی از اختلاف زمانی در شروع و خاتمه این مرحله و در نتیجه اختلاف شرایط اقلیمی مانند دما، تعداد ساعت‌های آفتابی و طول روز در این دوره ۱۵روزه بود.

ژوخه‌زایی: ژوخه‌زایی در سیب‌زمینی سازوکاری پیچیده بوده و سطح هورمون‌های درون‌زا و تعادل تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نقش اساسی در آن ایفا می‌کنند. سطح تنظیم کننده‌های رشد داخلی به نوبه خود زیر تاثیر شرایط اقلیمی، نورگاه (فتوپریود)، دمای محیط و نیز شرایط رشد قرار دارند (۱۸). ارزیابی فراسنجه‌های اقلیمی مشخص نمود که در هنگام تشکیل ژوخه میانگین دما حدود ۱۵ درجه سلسیوس و طول روز حدود ۱۲ ساعت بود. این نتیجه‌ها با یافته‌های موربی و میل تروپ (۲۵) که مناسب‌ترین شرایط اقلیمی برای ژوخه‌زایی را دمای ۱۰ تا ۱۷ درجه سلسیوس و طول روز ۱۲ ساعت گزارش نمودند، هماهنگ است. تشکیل زود هنگام ژوخه برای تولید عملکرد قابل قبول در منطقه‌هایی همانند خوزستان که ژوخه قبل از بلوغ فیزیولوژیک برداشت می‌شود، ضروری است (۲۴). مدت زمان ژوخه‌زایی بستگی به شرایط اقلیمی دارد، در شرایطی که رشد گیاه سریع می‌باشد در مقایسه با شرایطی که رشد گیاه کند است دوره ژوخه‌زایی کوتاه‌تر خواهد شد ولی به‌طور معمول مدت زمان ژوخه‌زایی در سیب‌زمینی بین ۲ تا ۶ هفته در نظر گرفته می‌شود (۲۷). برخلاف این موضوع، با توجه به این‌که قسمت بیشتر ژوخه‌ها در یک دوره ۱۵ روزه تشکیل می‌شوند به‌طور معمول طول دوره ژوخه‌زایی در سیب‌زمینی حدود ۱۵ روز در نظر گرفته می‌شود (۶). در این پژوهش درجه روز رشد دریافت شده در مرحله ژوخه‌زایی بسته به نژادگان بین ۱۵۰ تا ۱۵۸ واحد و واحد هلیوترمال از ۱۱۹۴/۲۹ تا ۱۲۱۸/۱۸ ساعت دردرجه روز رشد متغیر بود (جدول‌های ۲ و ۳). اگرچه مدت زمان این مرحله و مرحله رشد سبزینه‌ای برابر بود ولی

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

به‌دلیل کاهش دما و تعداد ساعت‌های آفتابی در مرحله ژوخه‌زایی نسبت به مرحله رشد سبزینه‌ای، همه شاخص‌های دمایی مورد بررسی در مرحله یاد شده در مقایسه با مرحله رشد سبزینه‌ای کاهش یافتند.

مرحله حجیم شدن ژوخه: این مرحله نقش بسیار مهمی در تعیین عملکرد سیب‌زمینی ایفا می‌کند. در شرایط مساعد سرعت رشد ژوخه به‌نسبت ثابت می‌باشد ولی روبه‌رو شدن گیاه با هرگونه شرایط نامساعد منجر به کاهش سرعت رشد ژوخه و عملکرد محصول خواهد شد. با درنظر گرفتن ۱۵ روز برای مرحله ژوخه‌زایی، در این پژوهش مرحله حجیم شدن ژوخه بسته به نژادگان بین ۸۷ تا ۹۰ روز متغیر بود (جدول ۲). دارابی و افتخاری (۴) گزارش کردند که مدت زمان مرحله حجیم شدن ژوخه در کشت زمستانه سیب‌زمینی در خوزستان ۵۱ روز است. نتیجه‌های آزمایش پرویزی و همکاران (۲) مشخص کرد که طول مرحله حجیم شدن ژوخه در کشت بهاره سیب‌زمینی در همدان ۶۰ روز می‌باشد. ماجی و همکاران (۲۲) نیز مدت زمان این مرحله را در کشت زمستانه در هندوستان بین ۳۲ تا ۵۲ روز گزارش نمودند. ورتینگ‌تون و هات‌چین‌سون (۳۴) مدت زمان مرحله حجیم شدن ژوخه را در کشت زمستانه و بهاره در فلوریدا از ۳۴ تا ۵۴ روز گزارش نمودند. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مرحله حجیم شدن ژوخه در کشت پاییزه سیب‌زمینی در خوزستان بسیار طولانی‌تر از گزارش پژوهشگران یاد شده است که علت این مسئله پایین بودن دما و تعداد ساعت‌های آفتابی و کوتاه بودن طول روز در این مرحله فنولوژی می‌باشد (جدول‌های ۱ و ۳). برخلاف طولانی بودن مرحله حجیم شدن ژوخه در این پژوهش، پایین بودن دما سبب شد که درجه روز رشد دریافت شده در این مرحله، بین ۷۰۵/۳ تا ۷۲۹، در مقایسه با نتیجه‌های ماجی و همکاران (۲۲) ۶۷۷ تا ۸۱۲ درجه روز رشد و ورتینگ‌تون و هات‌چین‌سون (۳۴) ۷۴۲ تا ۸۴۲ درجه روز رشد، اختلاف قابل ملاحظه‌ای نداشته باشد. بر خلاف نبود اختلاف قابل ملاحظه بین درجه روز رشد در مرحله حجیم شدن ژوخه در این آزمایش و پژوهش ماجی و همکاران (۲۵) واحد هلیوترمال در این پژوهش (بین ۳۵۲۱/۶۳ تا ۳۶۰۲/۵۸ ساعت در درجه رشد) در مقایسه با گزارش پژوهشگر یاد شده (از ۵۳۸۸ تا ۶۵۶۴/۲ ساعت دردرجه رشد) به مقدار قابل توجهی کاهش نشان داد که دلیل آن را می‌توان به پایین بودن تعداد ساعت‌های آفتابی در این پژوهش نسبت داد (جدول ۳). واحد نوری دمایی و شاخص نوری دمایی در نژادگان‌های مورد بررسی به‌ترتیب بین ۷۷۰۱/۸۸ تا۸۱۱۸/۸۰ ساعت در درجه رشد و ۶/۰۳ تا ۶/۱۶ درجه روز رشد در روز متغیر بود (جدول ۴). ارزیابی رابطه واحد هلیوترمال و واحد نوری دمایی مشخص نمود که اگرچه در همه مرحله‌های فنولوژی واحد هلیوترمال از واحد نوری دمایی کمتر بود ولی به‌دلیل کاهش شدید ساعت‌های آفتایی در مرحله حجیم شدن ژوخه (جدول ۳) کمترین نسبت واحد هلیوترمال به واحد نوری دمایی به مرحله حجیم شدن ژوخه مربوط بود (جدول‌های ۳ و ۴).

مرحله رسیدن: هدف از زراعت سیب‌زمینی در کشت پاییزه در منطقه‌های نیمه گرمسیری کشور، عرضه محصول در ماه‌های بهمن و اسفند به بازار (طرح استمرار تولید) به‌منظور جلوگیری از افزایش بی‌رویه قیمت می‌باشد، به‌همین دلیل محصول را بایستی تا اوایل اسفند ماه برداشت نمود. تا هنگام قطع اندام‌های هوایی (اواخر بهمن ماه) علایم بلوغ شامل زرد شدن شاخساره، ریزش برگ و مرگ اندام‌های هوایی مشاهده نشد، بنابراین مرحله‌های فنولوژی سیب‌زمینی پاییزه در خوزستان، فقط شامل چهار مرحله: رشد و نموجوانه‌ها، رشد سبزینه‌ای، ژوخه‌زایی و حجیم شدن ژوخه می‌باشد. همانند کشت پاییزه، در کشت زمستانه سیب‌زمینی در خوزستان نیز مرحله بلوغ مشاهده نشده است (۴). کل طول دوره رشد و نمو سیب‌زمینی در این پژوهش ۱۳۵ روز بود که در مقایسه با کشت بهاره و کشت زمستانه این محصول (۲، ۵) طولانی‌تر است. علت این موضوع طولانی بودن مرحله حجیم شدن ژوخه‌ها در کشت پاییزه می‌باشد (جدول ۲). در این پژوهش مجموع درجه روز رشد دریافت شده از کاشت تا برداشت، ۱۴۲۹/۹ واحد و واحد هلیوترمال مورد نیاز ۱۰۷۳۴/۹ ساعت در درجه رشد بود. دلیل کمتر بودن دمای تجمعی مورد گزارش ماجی و همکاران (۲۲) را می‌توان به کوتاه‌تر بودن مرحله

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

رشد و نمو جوانه‌ها نسبت به این پژوهش و در نتیجه پایین‌تر بودن دمای تجمعی و واحد هلیوترمال دریافت شده در مرحله یاد شده نسبت داد. واحد نوری دمایی در دوره رشد و نمو محصول ۱۵۹۰۹/۲۲ ساعت در درجه روز رشد بود (جدول ۴).

واکاوی رشد

روند انباشت ماده خشک

اندام های هوایی

در اولین نمونه‌برداری (۱۵ روز بعد از خروج گیاهان) مقدار ماده خشک اندام‌های هوایی در رقم‌های سانته، خاوران و جاوید و هم‌گروه‌های ۷-۳۹۷۰۳۱ و ۱۰-۳۹۷۰۸۲ به‌ترتیب ۳۳/۳۵، ۲۵/۹۵، ۱۷/۵۴، ۱۹/۰۸ و ۱۸/۲۸ گرم در متر مربع بود (شکل ۱). روند تغییرهای درصد ماده خشک تا ۶۰ روز بعد از خروج در همه نژادگان‌ها افزایشی بود. روند تغییرهای این ویژگی در رقم‌های جاوید و سانته به‌ترتیب از روز ۶۰ و ۹۰ بعد از خروج نزولی شد. بیشترین مقدار ماده خشک اندام هوایی (۲۰۶/۱۵ گرم در متر مربع) به هم‌گروه ۷-۳۹۷۰۳۱ تعلق داشت. مقدار ماده خشک اندام‌های هوایی در این پژوهش در مقایسه با کشت زمستانه سیب‌زمینی در منطقه به مقدار قابل توجهی بیشتر است (۴) که علت آن افزون بر طولانی‌تر بودن دوره رشد و نمو گیاهان در کشت پاییزه، روبه‌رو شدن گیاهان در اواخر دوره رشد و نمو با دمای بالا و متوقف شدن تولید خالص ماده‌های پرورده در کشت زمستانه می‌باشد (۲۱).

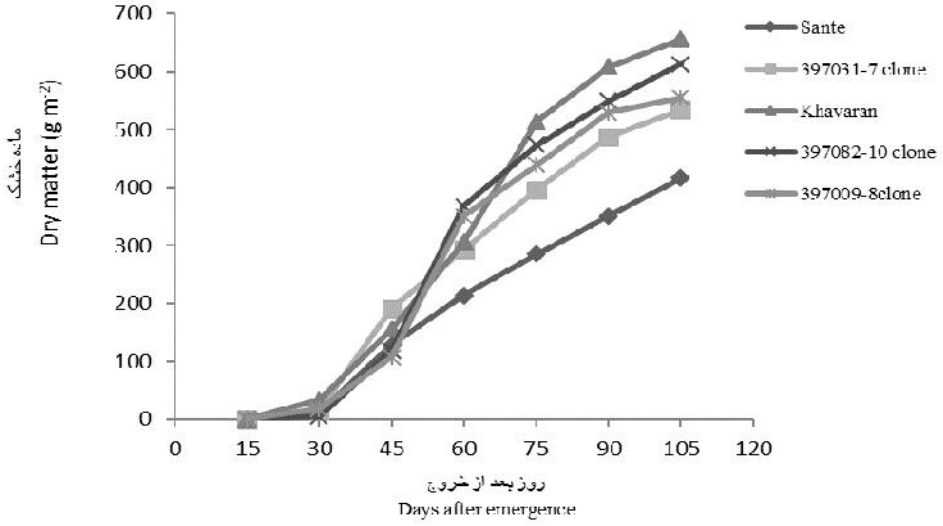

Fig. 1. Trend in haulms dry matter accumulattion in studied genotypes.

شکل ۱- روند تجمع ماده خشک در اندام های هوایی نژادگان مورد بررسی.

ژوخه

در اولین نمونه‌برداری (۱۵ روز بعد از خروج گیاهان) مقدار ماده خشک ژوخه در رقم‌های سانته، خاوران و جاوید و هم‌گروه‌های ۷-۳۹۷۰۳۱ و ۱۰-۳۹۷۰۸۲ به‌ترتیب ۰/۸۰، ۱/۰۶، ۱ ، ۰/۷۷ و ۰/۲ گرم در متر مربع بود. روند تغییرهای ماده خشک در طی حجیم شدن ژوخه در رقم‌های مورد بررسی یکسان نبود. در ۴۵ و ۶۰ روز بعد از خروج، بیش‌ترین تجمع ماده خشک به ترتیب به هم‌گروه‌های ۷-۳۹۷۰۳۱ و ۱۰-۳۹۷۰۸۲ مربوط بود ولی در سایر نمونه‌برداری‌ها، بیشینه این ویژگی به رقم خاوران تعلق داشت. در هنگام برداشت، بیشینه و کمینه مقدار ماده خشک به‌ترتیب به رقم خاوران و سانته مربوط بود (شکل ۲).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

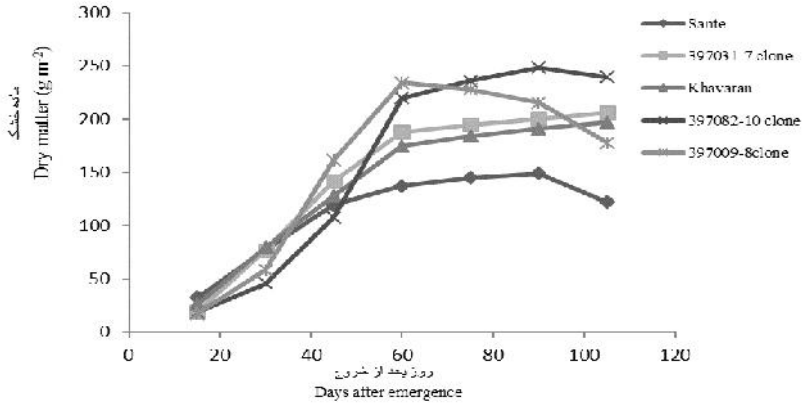

Fig. 2. Trends in dry matter accumulation in tubers of studied genotypes.

شکل ۲- روند تجمع ماده خشک در ژوخه نژادگان مورد بررسی.

گیاه

در اولین نمونه‌برداری مقدار ماده خشک گیاه در رقم‌های سانته، خاوران و جاوید و هم‌گروه‌های ۷-۳۹۷۰۳۱ و ۱۰-۳۹۷۰۸۲ به‌ترتیب ۳۳/۱۵، ۲۷/۰۲، ۱۸/۵۴، ۱۹/۷۸ و ۱۸/۴۷ گرم در متر مربع بود (شکل ۳). مقدار ماده خشک رقم جاوید در آخرین نمونه‌برداری نسبت به نمونه‌برداری قبلی کاهش ولی در سایر نژادگان‌ها این ویژگی افزایش یافت. دلیل این تفاوت را می‌توان چنین توجیه نمود که در نمونه‌برداری آخر در رقم یاد شده مقدار کاهش ماده خشک اندام هوایی بیشتر از افزایش مقدار ماده خشک ژوخه بود. رقم خاوران بیش‌ترین وزن خشک گیاه (۸۵۲/۸۹ گرم در متر مربع) را به خود اختصاص داد (شکل ۳). اگر چه بیشینه وزن خشک گیاه در رقم خاوران و هم‌گروه ۱۰-۳۹۷۰۸۲ (به‌ترتیب ۸۹/۸۵۲ و ۸۵۲/۱۶ گرم در متر مربع) به تقریب برابر بود ولی عملکرد رقم خاوران در مقایسه با هم‌گروه ۱۰-۳۹۷۰۸۲ حدود ۲۰٪ افزایش نشان داد (جدول ۵). علت این موضوع بیشتر بودن نسبت وزن اندام هوایی به ژوخه در هم‌گروه یاد شده در مقایسه با رقم خاوران در هنگام برداشت بود. در موقع برداشت در هم‌گروه ۱۰-۳۹۷۰۸۲ اندام هوایی و ژوخه به‌ترتیب ۲۸ و ۷۲٪ از وزن کل گیاه را به خود اختصاص دادند، در حالی که در قم خاوران نسبت این دو اندام به‌ترتیب ۲۳ و ۷۸٪ از وزن کل بوته بود.

سرعت رشد اندام‌های هوایی

در اولین دوره نمونه‌برداری (۱۵ تا ۳۰ روز بعد از خروج) سرعت رشد اندام‌های هوایی در رقم‌های سانته، خاوران و جاوید و هم‌گروه‌های ۷-۳۹۷۰۳۱ و۱۰-۳۹۷۰۸۲ به‌ترتیب ۲/۹۶، ۳/۵۸، ۲/۷۱، ۳/۸۶ و ۱/۸۱ گرم در روز در متر مربع بود (شکل ۴). بیشینه سرعت رشد اندام‌های هوایی در رقم‌های سانته و خاوران در دوره اول نمونه‌برداری، در هم‌گروه ۷-۳۹۷۰۳۱ و رقم جاوید در دوره دوم نمونه‌برداری (۴۵ -۳۰ روز بعد از خروج) و در هم‌گروه ۱۰-۳۹۷۰۸۲ در دوره سوم نمونه‌برداری (۴۵-۶۰ روز بعد از خروج) مشاهده گردید. بیشترین سرعت رشد اندام‌های هوایی (۷/۴۹ گرم در روز در مترمربع) به هم‌گروه ۱۰-۳۹۷۰۸۲ مربوط بود. در اواخر دوره رشد و نمو گیاه به علت پیر شدن برگ‌ها و کاهش رشد رویشی، سرعت رشد اندام‌ها در رقم سانته منفی شد (شکل ۴). منفی شدن سرعت رشد اندام‌های هوایی در اواخر دوره رشد و نمو توسط کلینکف و همکاران (۱۸) نیز گزارش شده است. **سرعت رشد محصول**

در اولین دوره نمونه‌برداری سرعت رشد محصول در رقم‌های سانته، خاوران و جاوید و هم‌گروه‌های ۷-۳۹۷۰۳۱ و ۱۰-۳۹۷۰۸۲ به‌ترتیب ۰/۸۴، ۲/۱۲، ۱/۱۴، ۱/۰۴ و ۰/۲۷ گرم در روز در متر مربع بود. این شاخص در رقم سانته و هم‌گروه ۷-۳۹۷۰۳۱ تا دوره دوم نمونه‌برداری، در هم‌گروه ۱۰- ۳۹۷۰۸۲ و رقم جاوید تا دوره

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

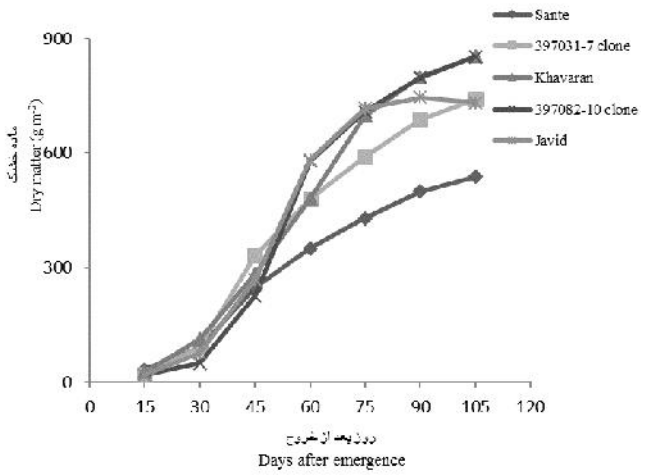

Fig. 3. Trend in plant dry matter accumulation in studied genotypes.

شکل ۳- روند تجمع ماده خشک در گیاه نژادگان مورد بررسی.

سوم نمونه‌برداری و در رقم خاوران تا دوره چهارم نمونه‌برداری افزایش و سپس کاهش یافت (شکل ۵). بین این نتیجه‌ها و گزارش کلینکف و همکاران (۱۸) که به‌طور معمول سرعت رشد محصول در اواخر دوره رشد و نمو گیاه افزایش نمی‌یابد، هماهنگی وجود دارد. بیشینه سرعت رشد محصول در رقم‌های سانته، خاوران و جاوید و هم‌گروه‌های ۷-۳۹۷۰۳۱ و۱۰-۳۹۷۰۸۲ به‌ترتیب به ۷/۶۴، ۱۳/۹۰، ۵/۲۵/، ۱۱/۶۴ و ۱۶/۸۸ گرم در روز در مترمربع رسید. اگرچه بیشینه سرعت رشد محصول به رقم خاوران تعلق نداشت ولی افزایش سرعت رشد محصول این رقم در بیشتر دوره‌های نمونه‌برداری در مقایسه با سایر نژادگان‌های مورد بررسی سبب شد که بیشینه عملکرد توسط رقم خاوران تولید شود (جدول ۵). برخلاف متوقف شدن رشد رویشی و کاهش وزن اندام‌های هوایی در اواخر دوره رشد و نمو گیاه، در رقم‌های سانته و جاوید رشد ژوخه در هر دو رقم (ولی با سرعت‌های متفاوت) افزایش یافت که به‌احتمال دلیل آن بازجذب ماده‌های ذخیره شده از سایر اندام‌ها (آوندها) می‌باشد (۱۸). بررسی روند تغییرهای سرعت رشد اندام‌های هوایی و ژوخه نشان داد هنگامی که سرعت رشد ژوخه به بیشینه می‌رسد سرعت رشد اندام‌های هوایی بسیار پایین می‌باشد. دلیل این امر رقابت بین اندام‌های هوایی و ژوخه برای جذب ماده‌های پرورده و قوی‌تر بودن ژوخه برای هدایت این ماده‌ها به سمت خود می‌باشد (۳۰). وجود چنین رابطه‌ای بین سرعت رشد برگ و ژوخه در سیب‌زمینی توسط دارابی و افتخاری (۴) نیز گزارش شده است.

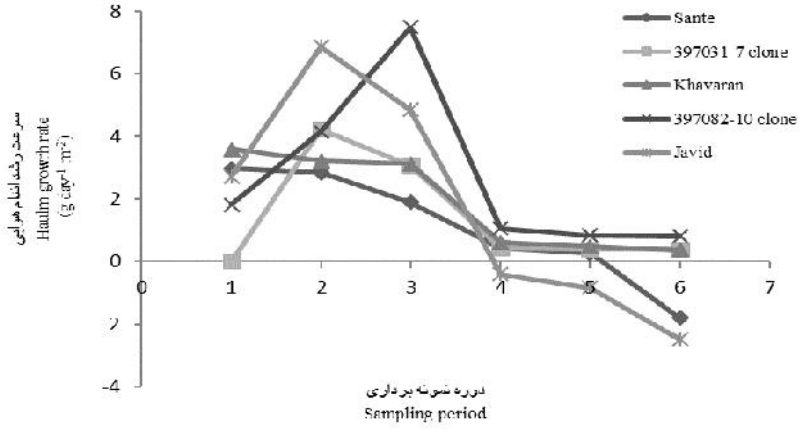

Fig. 4. Trend in haulms growth rate of studied genotypes.

شکل ۴- روند تغییرهای سرعت رشد اندام های هوایی نژادگان مورد بررسی.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

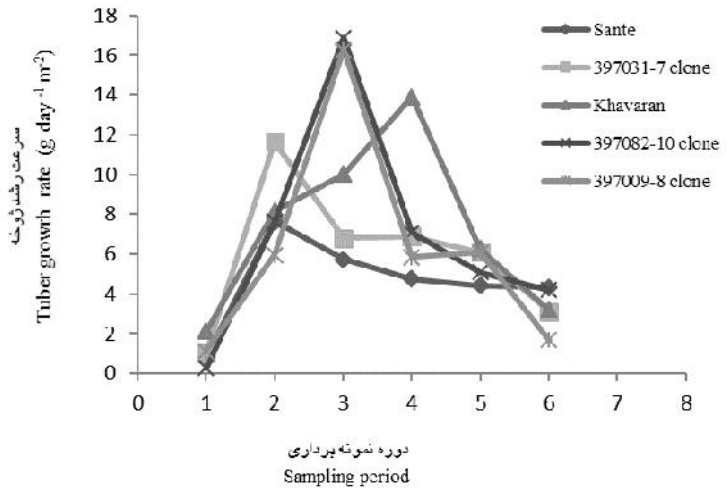

Fig. 5. Trend in tuber growth rate of studied genotypes.

شکل ۵- روند تغییرات سرعت رشد ژوخه نژادگان مورد بررسی.

سرعت رشد محصول

در اولین دوره نمونه‌برداری سرعت رشد محصول در رقم‌های سانته، خاوران و جاوید و هم‌گروه‌های ۷-۳۹۷۰۳۱ و ۱۰-۳۹۷۰۸۲ به‌ترتیب ۳/۸۰، ۵/۷۱، ۳/۸۴، ۴/۸۹ و ۲/۰۸ گرم در روز در متر مربع بود. دلیل پایین بودن سرعت رشد محصول در اوایل دوره رشد و نمو را می‌توان به کامل نبودن پوشش گیاهی و در نتیجه جذب کمتر نور توسط گیاه نسبت داد (۷). نمو و گسترش برگ‌ها با افزایش کارایی فتوسنتز، سبب افزایش سرعت رشد محصول گردید (۳۳). بیشینه سرعت رشد محصول در رقم‌های سانته، خاوران و جاوید و هم‌گروه‌های ۷-۳۹۷۰۳۱ و ۱۰-۳۹۷۰۸۲ به‌ترتیب ۱۰/۴۷، ۱۴/۵۲، ۲۱/۱۲، ۱۵/۹۶ و ۲۴/۰۷ گرم در روز در متر مربع بود (شکل ۶). اگرچه بیشینه سرعت رشد محصول به رقم خاوران، که بیشترین عملکرد را تولید نمود، تعلق نداشت ولی این شاخص در این رقم در بیشتر دوره‌های نمونه‌برداری در مقایسه با دیگر نژادگان‌های مورد مطالعه بیشتر بود. وجود ارتباط مثبت بین سرعت رشد محصول و عملکرد توسط عباس (۱۰) نیز مشاهده شده است. در اواخر دوره رشد و نمو گیاه، به علت کاهش رشد رویشی، این شاخص روند کاهشی داشت و در رقم جاوید منفی شد (شکل ۶).

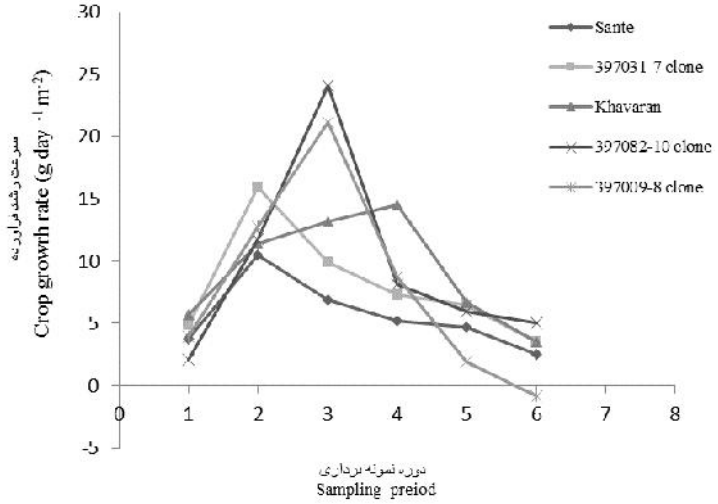

Fig. 6. Trend in crop growth rate of studied genotypes.

شکل۶- روند تغییرهای سرعت رشد محصول نژادگان مورد بررسی.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

سرعت رشد نسبی

در اولین دوره نمونه‌برداری سرعت رشد نسبی در رقم‌های سانته، خاوران و جاوید و هم‌گروه‌های ۷-۳۹۷۰۳۱ و ۱۰-۳۹۷۰۸۲ به‌ترتیب ۱/۵۵، ۱/۴۳، ۱/۴۱، ۱ و ۰/۹۹ گرم بر گرم در روز بود. بیشینه سرعت رشد نسبی گیاه در رقم‌های سانته، خاوران و جاوید و هم‌گروه ۷-۳۹۷۰۳۱ در دوره اول نمونه‌برداری و هم‌گروه ۱۰-۳۹۷۰۸۲ در دوره دوم نمونه‌برداری مشاهده و سپس این شاخص به‌طور سریع و خطی کاهش یافت (شکل ۷). چنین روندی در مورد تغییرهای سرعت رشد نسبی گیاه توسط تکالیگن و هامس (۳۳) نیز گزارش شده است. دلیل کاهش سرعت رشد نسبی گیاه در اواخر دوره رشد و نمو بالا رفتن سن برگ‌ها و کاهش کارایی فتوسنتزی آن‌ها، وقوع سایه‌اندازی روی افق‌های زیرانی و نیز افزایش بافت‌های غیر فتوسنتزی (ژوخه و دستک) می‌باشد (۷). در آخرین دوره نمونه‌برداری سرعت رشد نسبی رقم جاوید منفی گردید (نمودار ۷). منفی شدن سرعت رشد نسبی در سیب‌زمینی توسط دارابی و افتخاری (۴) نیز گزارش شده است.

عملکرد

اختلاف بین عملکرد نژادگان‌های مورد مطالعه در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. رقم خاوران بیشینه عملکرد کل را تولید نمود ولی از نظر این ویژگی اختلاف این رقم با دیگر نژادگان‌های مورد مطالعه به استثنای رقم سانته معنی‌دار نبود (جدول ۵). عملکرد رقم خاوران که بیشترین محصول را در بین همه تیمارهای آزمایشی تولید نمود و نتیجه‌های آزمایش‌های قبلی در منطقه (۳)، مشخص نمود که عملکرد سیب‌زمینی پاییزه در خوزستان در مقایسه با عملکرد سیب‌زمینی در منطقه‌های معتدله کشور (۲، ۹، ۱۷) به مقدار قابل توجهی پایین است که با گزارش لامبرت و همکاران (۲۰) مبنی بر پایین بودن عملکرد سیب‌زمینی در منطقه‌های گرمسیری همسو می‌باشد. دلیل پایین بودن عملکرد سیب‌زمینی در کشت پاییزه را می‌توان به پایین بودن دما (جدول ۱) و کاهش طول روز و شدت نور در دوره حجیم شدن ژوخه‌ها نسبت داد. تاثیر منفی پایین بودن شدت و مدت نور و کوتاه بودن طول روز بر عملکرد سیب‌زمینی در کشت پاییزه در تونس نیز گزارش شده است (۱۵).

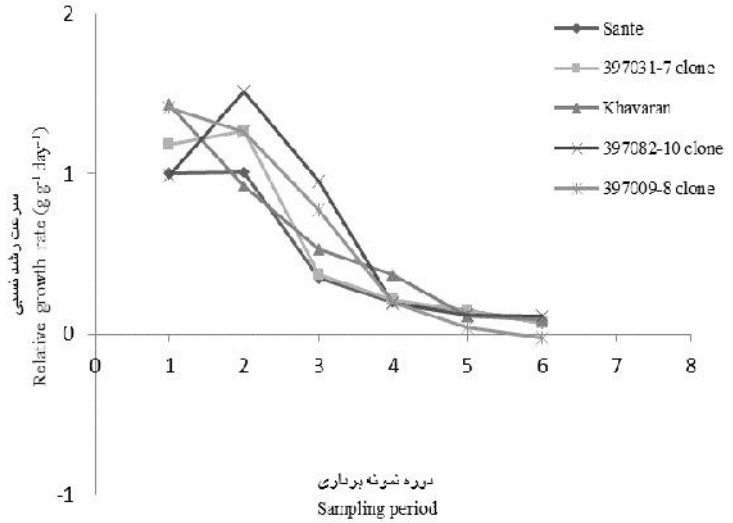

Fig. 7. Trend in relative growth rate of studied genotypes.

شکل ۷- روند تغییرهای سرعت رشد نسبی نژادگان مورد بررسی.

کارایی مصرف دما بر حسب عملکرد تر

به تازگی، کارایی مصرف دما توسط پژوهشگران مختلف از جمله ماجی و همکاران (۲۲) در سیب‌زمینی و موت و همکاران (۲۶) در برنج مطالعه شده است. نتیجه‌های تجزیه واریانس مشخص نمود که از نظر این شاخص

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

بین نژادگان‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد. بیشینه کارایی مصرف دما به رقم خاوران تعلق داشت ولی از نظر این ویژگی اختلاف رقم یاد شده با همه نژادگان‌ها به جز رقم سانته در سطح ۵٪ معنی‌دار نبود. محدوده تغییرهای کارایی مصرف دما در نژادگان‌های مورد بررسی بین ۱۵/۶۱ تا ۲۳/۳۲ کیلوگرم در هکتار در درجه روز رشد بود (جدول ۵). ماجی و همکاران (۲۲) تغییرهای این شاخص را در سیب‌زمینی بین ۱۱/۱ تا ۱۷/۹ کیلوگرم در هکتار در درجه روز رشد گزارش نمودند. نتیجه‌های آزمایشَ امراوات و همکاران (۱۲) مشخص نمود که کارایی مصرف دما در گندم ۸/۴۷ تا ۱۰/۹۶ کیلوگرم در هکتار در درجه روز رشد می‌باشد.

کارایی مصرف دما بر حسب عملکرد خشک

تاثیر کارایی مصرف دما از دید عملکرد ماده خشک نژادگان‌های مورد بررسی در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. همانند عملکرد تر بیشینه شاخص یاد شده به رقم خاوران مربوط بود ولی از نظر این ویژگی اختلاف رقم خاوران فقط با رقم سانته معنی‌دار بود. محدوده تغییرهای این شاخص بین ۰/۳۳ تا ۰/۴۸ گرم در متر مربع در درجه روز رشد بود (جدول ۵).

کارایی مصرف هلیوترمال

اثر این شاخص بر نژادگان‌های مورد مطالعه در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. بیشینه شاخص یاد شده (۳/۰۹ کیلوگرم در هکتار در ساعت در درجه روز رشد) به رقم خاوران اختصاص یافت. کاهش کارایی مصرف هلیوترمال، فقط در رقم سانته (۲/۰۸ کیلوگرم در هکتار در ساعت در درجه روز رشد) در مقایسه با رقم خاوران معنی‌دار بود (جدول ۵). امگین (۱۱) محدوده تغییر این شاخص را ۰/۴۹ تا ۱/۳۳ کیلوگرم در هکتار در ساعت در درجه روز رشد) گزارش نمودند.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد، کارایی مصرف دما برای عملکرد تر و خشک و کارایی مصرف هلیو ترمال.

Table 5. Comparison of means of yield, heat use efficiency for fresh and dry yield, and heliothermal use efficiency.

نژادگان Genotype	عملکرد Yield ($t\ ha^{-1}$)	کارایی مصرف دما برای عملکرد تر Thermal use efficiency for fresh yield ($Kg\ ha^{-1} degree\ day^{-1}$)	کارایی مصرف دما برای عملکرد خشک Thermal use efficiency for dry yield ($g\ m^{-2} degree\ day^{-1}$)	کارایی مصرف هلیو ترمال Heliothermal use efficiency ($Kg\ ha^{-1}\ degree\ day^{-1} hour^{-1}$)
397082-10	27.75ab	19.39ab	0.45a	2.58ab
خاوران Khavaran	33.20a	23.23a	0.48a	3.09a
سانته Sante	22.31b	15.61a	0.33b	2.08b
397009-8	31.06a	21.73a	0.42ab	2.89ab
397031-7	27.77a	19.43a	0.39ab	2.59ab

†Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level.

†میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

نتیجه گیری

با توجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در کشت پاییزه مرحله رشد سبزینه‌ای کوتاه ولی مرحله حجیم شدن ژوخه طولانی می‌باشد، مرحله بلوغ در این پژوهش مشاهده نشد. مجموع درجه روز رشد دریافت شده در طول دوره رشد و نمو ژوخه ۱۴۲۹/۹ واحد و واحد هلیوترمال مورد نیاز ۱۰۷۳۴/۹ ساعت در

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

درجه روز رشد بود. رقم خاوران به‌دلیل داشتن بالاترین کارایی مصرف دما و واحد هلیوترمال که منجر به افزایش سرعت رشد ژوخه و محصول گردید، بیش‌ترین محصول را تولید نمود.

منابع References

۱. آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹۵. جلد اول: محصولات زراعی. سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳. وزرات جهاد کشاورزی. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات. تهران، ص. ۹۸ .

۲. پویزی خ.، ج. سوری و ر. محمودی. ۱۳۹۰. بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد کل و مقدار عملکرد قابل فروش رقم‌های سیب‌زمینی در همدان. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۸۲-۹۳: (۱)۲۵.

۳. دارابی، ع. ۱۳۸۶. اثر کاشت پاییزه و زمستانه و تنش دما بر عملکرد کل، عملکرد قابل فروش و اجزاء عملکرد چند رقم سیب‌زمینی. مجله نهال و بذر، ۳۸۵-۳۷۳: (۳)۲۳.

۴. دارابی، ع. و س. ع. افتخاری. ۱۳۹۳. بررسی مراحل ریخت‌شناسی و برخی از شاخص‌های رشد در رقم‌های سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.). تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، ۵۳-۶۷: (۳)۳۷.

۵. رضایی، ع. و ا. سلطانی. ۱۳۷۵. زراعت سیب‌زمینی (برگردان). چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۷۹ ص.

۶. کاظمی، م.، ح. حسن‌آبادی و ح. توکلی. ۱۳۹۰. مدیریت تولید سیب‌زمینی. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، ۱۵۶ ص.

۷. کوچکی، ع. و غ. سرمدنیا. ۱۳۷۷. فیزیولوژی گیاهی (برگردان). چاپ هفتم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۰ ص.

۸. ملکوتی، م. ج. و م. م. طهرانی. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، عناصر خرد با تاثیر کلان، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۱۸۵ ص.

۹. موسی‌پورگرجی، ا. و ح. حسن‌آبادی. ۱۳۹۱. آنالیز رشد و روند تغییرات برخی صفات سیب‌زمینی رقم آگریا در تاریخ‌های مختلف کاشت. مجله به‌زراعی نهال و بذر، ۲۰۸-۱۸۷: (۲)۲۸.

10. Abbas, G. 2011. Evaluation and selection of potato genotypes for better yield, storage and processing attributes. Ph.D. Thesis. Faculty of Crop and Food Science. Arid Agriculture University Rawalpindi, Pakistan. 298 pp.

11. Amgain, L.P. 2011. Agro-meteorological in relation to phenology of promising rice cultivars in Chitwan, Nepal. Nepal Agr. Res. J. 1(11):52-59.

12. Amrawat, T., N.S. Solanki, S.K. Sharma, D.K. Jajoria and M.L. Dotaniya. 2013. Phenology growth and yield of wheat relation to agrometeorological indices under different sowing date. African J. Agr. Res. 49: 6366-6374.

13. Ewing, E.E. and P.C. Struik. 1992. Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. Hort. Rev. 14:89 –198.

14. Ewing, E.E., I. Smiko, E.A. Omer and P.J. Davis. 2004. Ploygene mapping as a tool to study the physiology of potato tuberization and dormancy. Amer. J. Potato Res. 81:281-289.

15. Fahem, M. and A.J. Haverkort. 1988. Comparison of the growth of potato grown in autumn and spring in North Africa. Potato Abst.14 (1): 14.

16. Folgado, R., B. Panis, K. Sergeant, J. Renaut, R. Swennen and J.F. Hausmaan. 2013. Differential protein expression in response to abiotic stress in two potato species: *Solanum commersonii* Dun and *Solanum tuberosum* L. Int. J. Mol. Sci. 14:4912-4933.

17. Hassanpanah, D., A.A. Hosienzadeh and N. Kalahari. 2009. Evaluation of planting date effect of Savalan and Agria cultivars in Ardabil region. J. Food Agr .Environ. 27(3&4):525-528

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

18. Kleinkopf, G.E., T.L. Brandt and N. Olsen. 2003. Physiology of tuber bulking. In: Idaho Potato Conference. 23 January.4 p.
19. Kumar, N., S. Kumar, A.S. Main and S. Roy. 2014. Thermal indices to crop phenology of wheat (*Triticum aestivum* L.) and urd (*Vigna mungo* L. Hepper) at Taria region of Uttarkhand . Mausam.65 (2): 215-218.
20. 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 Breed. Appl. Biotech. 6:129-135.
21. Levy, D. and R.E. Veilleux. 2007. Adaptation of potato to high temperature and salinity – a review. Amer. J. Potato Res. 84 (6):486-506.
22. 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 Indian. J. Crop Weed. 10(2):193-189.
23. Midmore, D.J. 1992. Potato production in the tropics. In: P.M. Harris (ed.), Potato Crop. Chapman and Hall, London. pp. 728 – 793.
24. 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. 18 pp.
25. Moorby, J. and F.L. Milthorpe. 1975. Potato. In: L.T. Evans (ed.), Crop Physiology: Some Case Histories. Cambridge University Press, London, pp. 225-257.
26. Mote, B.M., M. Kumar and Y.G. Ban. 2015. Agrometeorogical indices of rice cultivars under different environmental at Navsari (Gujrat). Plant Arch.15 (2): 913-917.
27.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. J. Agr. Sci. Cambridge. 130: 251- 270.
28. Rao, V.U.M., D. Singh and R. Singh. 1999. Heat use efficiency of winter crop in Haryana. J. Agro- Meteorology. 1 (2): 143-148.
29. Rao, A.S. and R.S. Singh. 2007. Evapo- transpiration rates and water use efficiency of HHB 67 pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under arid climatic conditions. Indian J. Agr. Sci. 70 (10): 810-813.
30. Rowe, R.C. and D. Curwen. 1993. Fertility management. In: Potato Health Management, Ed. R.C. Rowe. ASP Press. Pp: 77-86.
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 J. Plant Physiol.19 (3):238-243.
32. Skider, S. 2009. Accumulated heat unit and phenology of wheat cultivars as influenced by late sowing heat stress condition. J. Agr. Rural Dev. 7 (1&2): 57-64.
33. Tekalign, T. and P.S. Hammes. 2005. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. II. Growth analysis, tuber yield and quality. Sci. Hort. 105: 29 – 44.
34. 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. Proc. Fla. State Hort. Soc. 118: 98-101.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18 (3): 271 - 286 (2017)

Study on the Agro-Meteorological Indices at Different Phenological Stages and Growth Analysis of New Potato Genotypes

A. Darabi[1]

In order to study agro-meteorological indices at different phenological stages and growth analysis of new potato genotypes in autumn planting in Khuzestan province, an experiment was conducted for one year (2014-15) in farms of Behbahan region. This research was conducted in randomized complete block design including five genotypes (Sante, Khavaran and Javid cultivars and two advanced clones) with three replications. Tubers were planted at early October and harvested at late February. The results indicated that the duration of vegetative stage was short but tuber bulking stage was long, the maturation stage was not observed. Heliothermal unit requirements at sprout development, vegetative growth, tuber initiation and tuber bulking stages (depend on genotypes) were 2663.41 to 3332.03, 1581.32 to 1731.86, 1194.2 to 1218.1 and 3491.24 to 3602.58-degree day hr^{-1}, respectively. Photo thermal unit requirement from planting to harvest was 15909.22-degree day hr^{-1}. Tuber growth rate and crop growth rate increased during early growth stage, reached maximum value and afterward decreased. The maximum relative growth rate for all genotypes was observed during early growth stage. Due to the highest thermal use efficiency and heliothermal use efficiency, tuber and crop growth rate of Khavaran cultivar increased, so that this cultivar produced the highest yield.

Keywords: Crop growth rate, Growth degree days, Hilothermal unit, Photothermal index, Photothermal unit.

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).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.4.1]