Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 50, No 4, Winter 2020 (769-778)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.263247.1491

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۸ (ص ۷۷۸-۷۶۹)

مطالعه شاخص‌های زراعی- اقلیمی در مراحل فنولوژی و عملکرد رقم‌های جدید سیب‌زمینی در کشت زمستانه

عبدالستار دارابی*
دانشیار 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
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۱۳)

چکیده

به منظور مطالعه شاخص‌های زراعی- اقلیمی در مراحل فنولوژی و عملکرد رقم‌های جدید سیب‌زمینی در کشت زمستانه، آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل ۱۱ تیمار در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان اجرا گردید. نتایج نشان داد در مرحله حجیم‌شدن غده‌ها بیشترین درجه روز رشد و واحد هلیو ترمال (به‌ترتیب۹۷/ ۱۰۰۳ واحد و۷۳۰۱/۹۰ ساعت در درجه روز رشد) متعلق به رقم سانته بود. بیشترین شاخص فتوترمال در کلیه رقم‌ها در مرحله حجیم‌شدن غده مشاهده گردید. ارزیابی روابط همبستگی مشخص نمود در مرحله حجیم‌شدن غده‌ها بین عملکرد و درجه روز رشد همبستگی مثبت و معنی‌داری (r =۰/۳۸۷) وجود داشت. حداکثر ارتفاع بوته (۶۷/۹۰ سانتی‌متر) و حداقل روز تا پوشش نهایی مزرعه (۷۱/۳۳) به رقم ساوالان مربوط بود. رقم ساوالان حداکثر عملکرد (۳٤/۲۸ تن در هکتار)، کارآیی مصرف حرارت (۱۸/۹۵ کیلوگرم در هکتار در درجه روز رشد) و کارایی مصرف واحد هلیوترمال (۲/۰٦ کیلوگرم در هکتار در ساعت در درجه روز رشد) را به خود اختصاص داد. بر اساس نتایج این آزمایش برای کشت زمستانه سیب‌زمینی در بهبهان رقم‌های ساوالان، اوتاوا، جلی، جورجینا و بانبا توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: درجه روز رشد، شاخص فتوترمال، غده‌زایی، واحد هلیو ترمال.

Study on the agro-meteorological indices at different phenological stages and yield of new potato cultivars in winter planting

Abdolsattar Darabi*
Associate Professor, Seed and Plant Research Improvement Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahwaz, Iran
(Received: Aug. 3, 2018 - Accepted: Nov. 4, 2018)

ABSTRACT

In order to study agro-meteorological indices at different phenological stages and yield of new potato cultivars in winter planting in Behbahan Agriculture Research Station an experiment was conducted in randomized complete block design including 11 cultivars in three replications. The results showed that at tuber bulking stage the highest growth degree day and helio thermal unit (respectively 1003.97 °C day and 7301.90°C day hr^{-1}) belonged to Sante cultivar. The maximum photo thermal index in all studied cultivars belonged to tuber bulking stage. Evaluation the correlation coefficient between characters showed that, yield exhibited significant positive correlation with growth degree day (r=0.387) at tuber bulking stage. The highest plant height (67.90 cm) and minimum days to canopy closure (71.33 days) belonged to Savalan cultivar. The highest yield (34.28 t ha^{-1}), heat use efficiency (18.95 kg ha^{-1}°C day^{-1}) and helio thermal use efficiency (2.06 kg ha^{-1}°C day hr^{-1}) were found in Savalan cultivar. According to result Savalan, Ottawa, Jelly, Georgina and Bunba cultivars are recommended for winter potato planting in Behbahan.

Keywords: Growth degree days, Helio thermal unit, Photo thermal index, Tuber initiation.

* Corresponding author E-mail: darabi6872@yahoo.com

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به‌دلیل داشتن هیدروکربن‌های قابل هضم و پروتئین‌های حاوی لیزین، که یک اسید آمینه ضروری مهم بوده که غالباً در محصولاتی مانند غلات و سبزی‌ها وجود ندارد، ارزش غذایی فراوانی دارد (Waglay *et a1.*, 2014). این محصول به‌دلیل داشتن متابولیت‌های اولیه و ثانویه نقش مهمی در فرآیندهای متابولیکی انسان دارد (Friedman, 1997). اهمیت غذایی سیب‌زمینی تنها به‌دلیل انرژی‌زایی آن نبوده، بلکه این محصول حاوی مقادیر قابل‌توجهی ویتامین‌های B_6 و C، فیبر و مواد معدنی همانند آهن، منیزیم، روی و مس می‌باشد (Kolassa, 1993). سیب‌زمینی از نظر کارایی مصرف آب، عملکرد ماده خشک قابل‌مصرف، مقدار پروتئین و مواد معدنی در واحد سطح بر غلات، کلزا و کنجد برتری دارد (Brich *et al.*, 2012).

شاخص‌های اقلیمی که پایه حرارتی دارند همانند درجه روز رشد (Growth degree day)، واحد هلیوترمال (Helio thermal unit) و شاخص فتوترمال (Photo thermal index) ابزارهای مفیدی برای پیش‌بینی رشد و عملکرد محصولات می‌باشند (Jones *et al.*, 2003). اساس درجه روز رشد بر این مبنا استوار است که زمان واقعی هر مرحله فنولوژیکی به‌طور خطی با محدوده دما بین دمای پایه و دمای بهینه مرتبط می‌باشد. در همین راستا چندین محقق تأثیر دما را بر فنولوژی و عملکرد محصولات زراعی از قبیل ذرت (Grijesh *et al.*, 2011)، گندم (Amrawat *et al.*, 2013)، برنج (Mote *et al.*, 2015) و سیب‌زمینی (Maji *et al.*, 2014) از طریق شاخص‌های حرارتی گزارش نموده‌اند. 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 (Rao *et al.*, 1999). 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 فتوترمال و کارایی مصرف دما و نور می‌توانند اصول پایه‌ای برای تعیین مراحل فنولوژی و تاریخ کاشت مناسب فراهم آورد. همه مراحل نموی را می‌توان بر اساس درجه روز رشد دقیق‌تر از تقویم زمانی پیش‌بینی نمود (Sreeniavas *et al.*, 2010).

مراحل رشد سیب‌زمینی را می‌توان به پنج مرحله تقسیم نمود. رشد و توسعه جوانه‌ها، رشد سبزینه‌ای، غده‌زایی (تولید غده)، حجیم‌شدن غده‌ها و بلوغ یا رسیدن غده تقسیم نمود. به‌دلیل بالا رفتن دما از اواسط اردیبهشت، برداشت غده 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. بنابراین مراحل رشد سیب زمینی در خوزستان فقط شامل چهار مرحله رشد و توسعه جوانه‌ها، رشد سبزینه‌ای، غده‌زایی و حجیم شدن غده می‌باشد (Darabi & Darabi, 2007؛ Eftekhari, 2014).

سیب‌زمینی تولیدشده در مناطق معتدله کشور در پاییز و اوایل زمستان به مصرف رسیده و بعد از آن خلأ این محصول در بازار وجود دارد. با کشت زمستانه سیب‌زمینی در مناطق نیمه‌گرمسیری می‌توان به پرنمودن این خلأ اقدام نمود. یکی از مناطق نیمه‌گرمسیری مناسب برای کشت سیب‌زمینی استان خوزستان می‌باشد. 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 هم‌اکنون به ۶۱۴۹ هکتار (Anonymus, 2017) رسیده است. با توجه به لزوم مطالعات همه جانبه در مورد این محصول و با توجه به این‌که تاکنون گزارش‌های محدودی در ارتباط با مطالعه زراعی- اقلیمی در مناطق نیمه‌گرمسیری منتشر شده است این پژوهش به‌منظور مقایسه این شاخص‌ها در مراحل مختلف فنولوژی و عملکرد رقم‌های جدید سیب‌زمینی در بهبهان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل رقم در ۱۱ سطح (ساوالان، سانته، اوتاوا، کرونادا، بورن، جلی، جورجینا، رایبرا، بانبا، میلوا و کنکوردیا) با سه تکرار

درسال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با ۳۶ : ۳۰ ° عرض شمالی و ۱۴ ´: ۵۰ طول شرقی اجرا گردید. محل آزمایش دارای اقلیم گرم و نیمه‌خشک با ارتفاع ۳۲۰ متر از سطح دریا می‌باشد. بعضی از پارامترهای هواشناسی ماهیانه در طول فصل رشد در جدول ۱ ارائه شده‌اند. خصوصیات رقم‌های مورد بررسی عبارتند از: ساوالان: نیمه‌زودرس، شکل غده کروی تا بیضوی، رنگ پوست غده زرد با لکه‌های قرمز در چشم‌ها و رنگ گوشت غده زرد روشن، سانته: متوسط دیررس، شکل غده بیضوی، رنگ پوست و گوشت غده به‌ترتیب زرد و زرد روشن، بانبا: متوسط رس، شکل غده بیضوی کشیده، رنگ پوست و گوشت غده به‌ترتیب زرد و زرد روشن، کنکوردیا: متوسط زودرس، شکل غده بیضوی، رنگ پوست و گوشت غده به‌ترتیب زرد و زرد روشن، رایبرا: متوسط زودرس، شکل غده بیضوی تا بیضوی کشیده، رنگ پوست و گوشت غده زرد، اوتاوا: متوسط زودرس، شکل غده بیضوی کشیده، رنگ پوست و گوشت غده به‌ترتیب زرد و زرد روشن، جلی: متوسط دیررس، شکل غده بیضوی، رنگ پوست و گوشت غده زرد، میلوا: متوسط زودرس، شکل غده بیضوی، رنگ پوست و گوشت غده زرد، کورونادا: متوسط زودرس، شکل غده بیضوی تا بیضوی کشیده، رنگ پوست و گوشت غده زرد، جورجینا: متوسط دیررس، شکل غده بیضوی، رنگ پوست و گوشت غده به‌ترتیب زرد و زرد روشن، بورن: متوسط رس، شکل غده بیضوی کشیده، رنگ پوست و گوشت غده به‌ترتیب کرم و زرد.

میزان مصرف کود براساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۲) و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب صورت گرفت و مقادیر آن عبارت بود از ۴۶ کیلوگرم P_2O_5 و ۱۰۰ کیلوگرم K_2O در هکتار که در هنگام تهیه زمین به‌طور یکنواخت پخش و با خاک مخلوط شدند. کود نیتروژن لازم نیز به میزان ۱۶۱ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، نصف آن قبل از کاشت و بقیه در هنگام خاکدهی پای بوته در اختیار گیاهان قرار گرفت. کاشت غده‌های بذری جوانه‌دار در اواسط دی ماه صورت گرفت. در زمان کاشت، غده‌ها از نظر سن فیزیولوژیک در شرایط سنی چند جوانه‌ای، دارای ۵-۳ جوانه سبز رنگ ۱/۵-۱ سانتی‌متری بودند. هر کرت آزمایشی به مساحت ۱۵ مترمربع شامل ۴ خط کاشت به طول ۵ متر بود. فاصله خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط ۲۵ سانتی‌متر منظور گردید. هنگامی‌که قطر قسمت متورم انتهای استولون دو برابر قطر استولون گردید به‌عنوان زمان تشکیل غده تلقی شد (Ewing & Struik, 1992).

شاخص‌های زراعی اقلیمی با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

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

GDD درجه روز رشد، n تعداد روزهای رشد، T_{max} و T_{min} به‌ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه و T_b دمای پایه (۷ درجه سانتی‌گراد). دمای کمتر از ۷ درجه‌سانتی‌گراد و بیشتر از ۳۰ درجه‌سانتی‌گراد به‌ترتیب ۷ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد محسوب شدند.

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

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

جدول ۱. متوسط برخی از پارامترهای هواشناسی ماهیانه ایستگاه سینوپتیک بهبهان در طول فصل رشد سیب‌زمینی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶

Table 1. Some of the mean-long meteorological parameters of Behbahan Synoptic station during the growth seasons of potato (2017-2018)

Meteorological parameters	January	February	March	April.	May
Mean temperature (°C)	13.5	16.81	21.40	24.23	29.82
Mean maximum temperature (°C)	21.10	23.99	30.41	31.74	38.07
Mean minimum temperature (°C)	5.90	9.63	12.48	16.73	21.57
Absolute maximum temperature (°C)	26.6	29.80	39.2	38.7	45
Absolute minimum temperature (°C)	1.4	0.8	9.2	13.3	18.2
Precipitation (mm)	5.6	42.5	5.6	32.2	5.1

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Soil physical and chemical properties of site experimental field

Texture	EC (dS m^{-1})	pH	Available P (mg kg^{-1})	Available K (mg kg^{-1})	Organic carbon (%)
Silty clay loam	3.3	7.8	8.9	279	0.70

HTUE=Yield /HTU

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

TUE=Yield/GDD

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/Growth days

PTI شاخص فتوترمال بر حسب درجه روز رشد در روز، Growth days تعداد روز در هر مرحله رشد و GDD درجه روز رشد (Grijesh *et al.*, 2011; Singh *et al.*, 2014; Maji *et al.*, 2014; Worthington & Hutchinson, 2005).

یک هفته قبل از برداشت اندام‌های هوایی قطع و غده‌ها در اواخر اردیبهشت ماه برداشت شدند. در هنگام برداشت محصول دو خط وسط هر کرت، با حذف ۵۰ سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط به مساحت ۶ مترمربع برداشت گردیدند. تجزیه واریانس شاخص‌های زراعی اقلیمی، تعداد ساقه اصلی و ارتفاع بوته (با انتخاب ۵ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت و شمارش تعداد ساقه اصلی و اندازه‌گیری فاصله بین طوقه گیاهان در سطح زمین و انتهای بالاترین برگ با خط‌کش)، روز تا پوشش نهایی مزرعه (فاصله زمانی بین تاریخ کاشت و تاریخ پوشش کامل هر کرت توسط اندام‌های هوایی) و عملکرد به‌کمک نرم‌افزار MSTAT-C صورت گرفت و میانگین‌ها به‌کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

شاخص‌های حرارتی در مراحل مختلف فنولوژیکی

رشد جوانه‌ها

ارزیابی درجه روز رشد در مرحله رشد جوانه‌ها (از کاشت غده تا سبز شدن) مشخص نمود که از نظر این شاخص تفاوت بین رقم‌های مورد مطالعه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. کمترین درجه روز رشد به رقم سانته مربوط بود، ولی از لحاظ شاخص مزبور تفاوت این رقم با کلیه رقم‌های مورد بررسی، به‌استثنای رایبرا و کنکوردیا، معنی‌دار نبود. محدوده درجه روز رشد دریافت شده در این مرحله فنولوژیکی در رقم‌های مورد بررسی از ۳۹۲/۳۰ تا ۵۱۷/۷۰ درجه روز رشد متغیر بود (جدول ۳). Darabi (2017) گزارش نمود درجه روز رشد دریافت شده در مرحله رشد جوانه‌ها در کشت پاییزه سیب‌زمینی از ۳۱۷/۱ تا ۳۶۱ درجه روز رشد متغیر بوده است. Maji *et al.* (2014) 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 ۱۴۹/۱درجه روز رشد گزارش نمودند. نتایج مطالعات Hutchinson Worthington & (2005) در فلوریدا مشخص نمود درجه روز رشد دریافت شده در مرحله رشد جوانه‌ها در شش تاریخ کاشت از ۲۴ دی‌ماه تا ۷ فروردین از ۲۴۰ تا ۱۷۸ واحد متغیر بوده است. Obrien *et al.* (1998) در انگلستان درجه روز رشد دریافت شده در مرحله رشد جوانه‌ها را بسته به تاریخ کاشت بین ۱۴۸ تا ۲۸۵ درجه روز رشد گزارش نمودند. بنابراین در این پژوهش درجه روز رشد دریافت شده در این مرحله فنولوژیکی از گزارش‌های محققین مزبور بیشتر بود. ارزیابی پارامترهای هواشناسی در دوره رشد و نمو گیاه مشخص نمود تا اواسط دوره رشد جوانه‌ها متوسط دمای روزانه با صفر فیزیولوژی سیب‌زمینی، هفت درجه سانتی‌گراد، تفاوت قابل توجهی نداشت. بنابراین در این تحقیق پایین‌بودن دما در اوایل رشد و نمو محصول سبب طولانی شدت مدت زمان این مرحله بسته به رقم از ۴۶/۶۷ تا ۵۹ روز (جدول ۳) و در نتیجه بالا بودن درجه روز رشد دریافتی توسط گیاه شده است. طولانی بودن فاصله زمانی بین کاشت تا سبز شدن غده در کشت زمستانه سیب‌زمینی در خوزستان توسط Darabi (2013) نیز مشاهده شده است. این نتایج با گزارش Levy & Veilleux (2007) که مناسب‌ترین دما برای رشد جوانه‌ها ۱۸ درجه سانتی‌گراد است، مطابقت کامل دارد. یکی از از شاخص‌های حرارتی مهم دیگر که برای مطالعه فنولوژی گیاهان استفاده می‌شود، واحد هلیو ترمال می‌باشد.

Kumar *et al.* (2014) این شاخص را در گندم و ماش مطالعه نمودند. با توجه به این‌که این شاخص حاصل ضرب درجه روز رشد و تعداد ساعات آفتابی

می‌باشد، مشابه با درجه روز رشد، حداقل واحد هلیو ترمال نیز به رقم سانته مربوط بود و از لحاظ شاخص مزبور تفاوت این رقم با کلیه رقم‌های مورد بررسی، به استثنای رایبرا و کنکوردیا، معنی‌دار نبود (جدول ۴). همانند درجه روز رشد، محدوده تغییرات هلیو ترمال در رقم‌های مورد مطالعه در این مرحله در مقایسه با گزارش Maji *et al.* (2014) از ۶۹۴/۳ تا ۱۰۱۷/۶ ساعت در درجه روز رشد، به‌میزان چشم‌گیری بیشتر بود. از شاخص‌های مهم زراعی اقلیمی دیگر که اخیرا در مطالعات فنولوژی گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفته است، می‌توان به شاخص فتوترمال اشاره نمود (Grijesh *et al.*, 2010). این شاخص نشان‌دهنده میانگین درجه روز رشد دریافت شده روزانه در هر مرحله فنولوژیکی می‌باشد. تفاوت بین فتوترمال دریافت شده توسط رقم‌های مورد مطالعه در این مرحله معنی‌دار نبود (جدول ۴).

رشد سبزینه‌ای

در سیب‌زمینی مدت زمان مرحله رشد سبزینه‌ای نقش بسیار مهمی در عملکرد این محصول دارد. هرچه مدت زمان این مرحله کوتاه‌تر باشد مرحله حجیم‌شدن غده طولانی‌تر شده و از طرف دیگر اندام‌های هوایی به‌عنوان یک منبع رقابت‌کننده برای جذب مواد غذایی با غده، بیش از اندازه رشد نخواهد کرد (Kazemi *et al.*, 2011). در رقم‌های مورد بررسی ۱۵ روز بعد از خروج گیاهان غده مشاهده گردید، بنابراین مرحله رشد سبزینه‌ای در این پژوهش برای کلیه رقم‌های مورد مطالعه ۱۵ روز بود (جدول۳). Parvizi *et al.* (2011) گزارش نمودند که در کشت بهاره سیب‌زمینی در همدان مرحله رشد سبزینه‌ای حدود ۴۰ روز است، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود مرحله رشد سبزینه‌ای در کشت سیب‌زمینی در خوزستان در مقایسه با زراعت بهاره این محصول در همدان حدود ۲۵ روز کوتاه‌تر می‌باشد. در این مرحله تفاوت رقم‌ها از لحاظ درجه رشد دریافت شده (بسته به رقم از ۱۷۸/۱۱۸ تا ۲۰۵/۶۸ درجه روز رشد) و واحد هلیو ترمال (۱۴۷۹/۱۳ تا ۱۷۷۸/۱۰ ساعت در درجه روز رشد) معنی‌دار نبود (جدول‌های ۳ و ۴). Maji *et al.* (2014) گزارش نمودند مدت زمان رشد سبزینه‌ای از ۲۴ تا ۲۸ روز، درجه روز رشد از ۳۲۷/۹ تا ۳۹۷ واحد و واحد هلیو ترمال از ۳۴۹۶/۱ تا ۴۱۸۰/۹ ساعت در درجه روز رشد متغیر بوده است. قرار گرفتن زود هنگام گیاهان در شرایط مناسب برای غده‌زایی (روز کوتاه و شب خنک) سبب گردید که در این تحقیق مدت زمان رشد سبزینه‌ای و شاخص‌های درجه روز رشد و واحد هلیوترمال در مقایسه با گزارش Maji *et al.* (2014) کوتاه‌تر باشد.

این نتایج با گزارش AFRD[1] (2005) که مدت زمان مراحل فنولوژیکی در سیب‌زمینی بستگی به فاکتورهای محیطی از قبیل ارتفاع از سطح دریا، دما، خاک، رطوبت قابل دسترس، موقعیت جغرافیایی منطقه و رقم دارد، کاملاً هماهنگ است.

جدول ۳. مقایسه میانگین مدت و درجه روز رشد مورد نیاز در مراحل فنولوژی رقم‌های سیب‌زمینی مورد مطالعه

Table 3. Mean comparison of duration (days) and GDD (°C day) requirement at phenological stages in studied potato cultivars

Cultivar	Sprout development		Vegetative growth		Tuber initiation		Tuber bulking	
	GDD	Duration	GDD	Duration	GDD	Duration	GDD	Duration
Savalan	400.48bc	47.67c	173.50a	15a	212.10b	15a	995.82a	52ab
Sante	392.30c	46.67c	171.18a	15a	218.92a	15a	1003.97a	53.67a
Ottawa	411.40bc	48.67bc	188.18a	15a	225.83b	15a	969.02abc	51.67ab
Coronada	437.63bc	51.67bc	196.88a	15a	241.25ab	15a	915.67abc	48.67abc
Burren	427.30bc	50.67bc	195.38a	15a	235.83b	15a	932.85abc	49.67abc
Jelly	473.30ab	54ab	198.62a	15a	243.72ab	15a	878.75bcd	46.67bcd
Georgina	407.97bc	51.33bc	196.53a	15a	243.20ab	15a	922.82abc	48.67abc
Ribera	535.13a	59a	205.83a	15a	261.75a	15a	791.50d	41d
Bunba	430.83bc	50.33bc	194.20a	15a	234.60ab	15a	940.13abc	50abc
Milva	430.83bc	50.67bc	194.20a	15a	234.60ab	15a	940.13abc	49.67abc
Concordia	517.70a	57.67a	205.68a	15a	255.53a	15a	835.63cd	43.67dc

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% of probablity level.

1. Agricultural, Food and Rural Development Department

جدول ۴. مقایسه میانگین واحد هلیو ترمال و شاخص فتوترمال در مراحل فنولوژی رقم‌های سیب‌زمینی مورد مطالعه

Table 4. Mean comparison of helio thermal unit (°C day hr^{-1}) and photo thermal index (°C day day^{-1}) requirement at phenological stages in studied potato cultivars

Cultivar	Sprout development		Vegetative growth		Tuber initiation		Tuber bulking	
	Helio thermal unit	Photo-thermal index	Helio thermal unit	Photo-thermal index	Helio thermal unit	Photo-thermal index	Helio thermal unit	Photo-thermal index
Savalan	2480.76b	8.39a	1479.13a	12.23a	1989.84a	14.81a	7272.20ab	19.42ab
Sante	2376.17b	8.40a	1479.57a	11.95a	2007.40a	14.89a	7301.90a	18.82cd
Ottawa	2487.93b	8.45a	1458.62a	12.55a	2116.60a	15.05b	7011.73ab	18.75d
Coronada	2486.40b	8.47a	1566.68a	13.13a	2246.73a	16.08ab	6564.27abcd	18.81d
Burren	2752.73b	8.43a	1548.65a	13.03a	2209.48a	15.72ab	6718.47abc	18.77d
Jelly	2643.33b	8.73a	1674.89a	13.24a	2150.71a	16.25ab	6306.3bcd	18.87bcd
Georgina	2505.92b	7.96a	1647.78a	13.10a	2191.40a	16.21ab	6516.22abcd	18.80d
Ribera	3571.19a	9.07a	1778.10a	13.71a	2131.04a	17.45a	5684.59d	19.41bcd
Bunba	2681.87b	8.50a	1574.11a	12.95a	2120.32a	15.64a	6816.68abc	18.85bcd
Milva	2681.87b	8.50a	1574.11a	12.95a	2120.32a	15.64a	6816.68abc	18.85bcd
Concordia	3399.68a	8.96a	1742.42a	13.75a	2206.98a	17.04a	5998.56cd	19.50a

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% of probablity level.

به‌دلیل افزایش دما در مرحله رشد سبزینه‌ای در مقایسه با مرحله رشد جوانه‌ها، شاخص فتوترمال در این مرحله نسبت به مرحله رشد جوانه‌ها به میزان قابل توجهی بیشتر بود. همانند دو شاخص درجه روز رشد و واحد هلیو ترمال تفاوت معنی داری بین رقم‌های مورد مطالعه از نظر شاخص فتو ترمال (از ۱۱/۹۵ تا ۱۳/۷۵ درجه روز رشد) مشاهده نگردید (جدول ۴).

مرحله غده‌زایی

غده‌زایی در سیب‌زمینی مکانیسمی پیچیده بوده و سطوح هورمون‌های درون‌زاد و تعادل تنظیم‌کننده‌های رشد نقش اساسی در آن ایفا می‌کنند. سطوح تنظیم کننده‌های رشد داخلی به نوبه خود تحت تأثیر شرایط آب و هوا، طول روز، دمای محیط و نیز شرایط رشد قرار دارند (Klienkopf *et al.*, 2003). اگرچه غده‌زایی در سیب‌زمینی در یک دوره نسبتاً طولانی اتفاق می‌افتد، ولی 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 (Kazemi *et al.*, 2011). ارزیابی پارامترهای اقلیمی مشخص نمود در هنگام تشکیل غده میانگین دما حدود ۱۲ درجه سانتی‌گراد و طول روز حدود ۱۲ ساعت بود، به‌همین دلیل در این آزمایش ۱۵ روز بعد از سبزشدن، گیاهان شروع به غده‌زایی نمودند. این نتایج با گزارش Moorby & Milthrope (1975) که مناسب‌ترین شرایط اقلیمی برای غده‌زایی دمای ۱۰ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و طول روز ۱۲ ساعت می‌باشد، کاملا هماهنگ است. علی‌رغم مساوی‌بودن مدت زمان این مرحله در کلیه رقم‌های مورد مطالعه، به‌دلیل تفاوت زمانی در شروع و خاتمه این مرحله و در نتیجه تفاوت شرایط اقلیمی از قبیل دما و طول روز در این دوره‌های ۱۵روزه، تفاوت بین رقم‌های مورد مطالعه از نظر دو شاخص درجه روز رشد و شاخص فتوترمال معنی‌دار بود. حداقل این دو شاخص به رقم سانته مربوط بود. افزایش مقدار شاخص مزبور در کلیه رقم‌های مورد بررسی، به‌جز رایبرا و کنکوردیا در مقایسه با رقم سانته، معنی‌دار نبود. از نظر واحد هلیو ترمال در این مرحله تفاوت معنی‌داری بین رقم‌های مورد مطالعه مشاهده نگردید (جدول‌های ۳ و ۴). اگرچه مدت زمان مرحله رشد سبزینه‌ای و غده‌زایی در این پژوهش برابر بود، ولی علی‌رغم این مسئله، به‌دلیل افزایش دما و طول روزدر مرحله غده‌زایی در کلیه شاخص‌های حرارتی مورد مطالعه در این مرحله در مقایسه با مرحله رشد سبزینه‌ای افزایش قابل توجهی را نشان دادند (جدول‌های ۳ و ۴).

حجیم‌شدن غده

سرعت و مدت حجیم‌شدن غده تعیین‌کننده عملکرد سیب‌زمینی می‌باشد، ولی مدت حجیم‌شدن در مقایسه با سرعت حجیم‌شدن نقش مهم‌تری در تعیین عملکرد این محصول ایفا می‌کند (Mihoviloch *et al.*, 2009). فاکتورهای زراعی- اقلیمی مؤثر بر حجیم‌شدن غده

شامل دمای آب و خاک، شدت نور، طول روز، رطوبت خاک و آب قابل استفاده است. شرایط اقلیمی بهینه برای حجیم‌شدن غده‌ها طول روز کوتاه، شدت نور بالا و میانگین دمای روزانه بین ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Mihoviloch *et al.*, 2009). تفاوت رقم‌های مورد بررسی از نظر مدت زمان حجیم‌شدن غده معنی‌دار بود. حداکثر مدت زمان مرحله حجیم‌شدن به رقم سانته تعلق داشت. کاهش مدت زمان حجیم‌شدن غده در رقم‌های ساوالان، اوتاوا، کرونادو، بورن، جورجینا و میلوا در مقایسه با سانته معنی‌دار نبود (جدول ۳). در این مرحله اثر رقم بر درجه روز رشد، واحد هلیوترمال و شاخص فتوترمال معنی‌دار بود. رقم سانته حداکثر درجه روز رشد و واحد هلیوترمال را به خود اختصاص داد، کاهش درجه روز رشد در همه رقم‌های مورد بررسی، به‌استثنای رقم‌های جلی، رایبرا و کنکوردیا، و کاهش واحد هلیو ترمال نیز در کلیه رقم‌های مورد مطالعه، به جز رایبرا و کنکوردیا در مقایسه با رقم سانته، معنی‌دار نبود (جدول‌های ۳ و ۴). حداکثر واحد فتوترمال به رقم کنکوردیا تعلق داشت. کاهش این شاخص در رقم‌های ساوالان، رایبرا و میلو در مقایسه با رقم مزبور معنی‌دار نبود (جدول ۴). در این پژوهش، مجموع درجه روز رشد دریافت شده در دو مرحله غده‌زایی و حجیم‌شدن غده افزایش قابل‌توجهی نسبت به گزارش (Maji *et al.*, 2014) (بسته به تاریخ کاشت بین۵۵۳ تا ۶۶۲ درجه روز رشد) نشان داد که علت این موضوع را می‌توان بالا بودن دما در مرحله حجیم‌شدن غده نسبت داد.

بلوغ

به‌دلیل بالا رفتن دما از اواسط اردیبهشت، برداشت در خوزستان قبل از مرحله بلوغ و یا رسیدن گیاه انجام می شود، زیرا در صورت تأخیر در برداشت، به‌دلیل افزایش دما و افزایش گندیدگی غده‌ها و بروز عارضه رشد ثانویه از عملکرد قابل فروش کاسته خواهد شد (Darabi, 2007). بنابراین مراحل فنولوژیک سیب‌زمینی در بهبهان فقط شامل چهار مرحله رشد جوانه‌ها، رشد سبزینه‌ای، غده‌زایی و حجیم‌شدن غده می‌باشد. عدم مشاهده مرحله بلوغ در سیب‌زمینی در سایر مناطق گرمسیری نیز گزارش شده است (AFRD, 2005).

خصوصیات زراعی و عملکرد

گیاه سیب‌زمینی شامل تعدادی ساقه است و هر ساقه به منزلی یک گیاه تلقی می‌شود که ریشه، استولون و غده تولید می‌کند. تراکم بوته در سیب‌زمینی شامل دو بخش می‌باشد: بخش اول تعداد گیاه در واحد سطح و بخش دوم تعداد ساقه در هر گیاه که در مطالعات عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Rezaee & Soltani, 1996). در این بررسی تفاوت بین تعداد ساقه اصلی، علی‌رغم یکسان بودن سن فیزیولوژیک غده‌های بذری در هنگام کاشت که عامل مؤثری در تعداد ساقه می‌باشد، در رقم‌های مورد مطالعه معنی‌دار بود. رقم بورن حداکثر تعداد ساقه را تولید نمود. کاهش تعداد ساقه در رقم‌های سانته، رایبرا و بانبا نسبت به بورن معنی‌دار نبود (جدول ۵). لازم به ذکر است تعداد ساقه حتی در رقم بورن در مقایسه با گزارش‌های محققین مختلف از Parvizi *et al.* (2011) و Gatachew *et al.* (2012) پایین است که دلیل آن را می‌توان به سرد بودن هوا در ابتدای فصل رشد نسبت داد (Klienkopf *et al.*, 2003).

ارزیابی نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی مشخص نمود اثر رقم بر ارتفاع بوته در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. رقم ساوالان به‌دلیل سرعت رشد بالا حداکثر ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد و از نظر ارتفاع بوته بر کلیه تیمارهای آزمایشی برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵). به‌دلیل داشتن حداکثر ارتفاع بوته و تولید تعداد ساقه نسبتا بالا، رقم ساوالان در کوتاه‌ترین زمان (۷۱/۳۳ روز) به پوشش کامل مزرعه رسید و از نظر این صفت بر کلیه رقم‌های مورد بررسی، به‌جز جورجینا، برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵).

ارزیابی روابط همبستگی بین عملکرد و درجه روز رشد در مرحله حجیم‌شدن غده‌ها مشخص نمود که بین این دو صفت همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۵ درصد (r =۰/۳۸۷) وجود داشت. نتایج این پژوهش هم‌چنین نشان داد اثر رقم بر عملکرد کل، در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۵. مقایسه میانگین تعداد ساقه، ارتفاع بوته، روز تا پوشش نهایی مزرعه، عملکردکل، بازدهی مصرف حرارت و بازدهی مصرف واحد هلیو ترمال در رقم‌های سیب‌زمینی مورد مطالعه

Table 5. Mean comparison of stem number, plant height, days to canopy closure, yield, heat use efficiency and helio thermal unit use efficiency in studied potato cultivars

Cultivar	Stem number	Plant height (cm)	Days to canopy closure	Yield (t ha^{-1})	Heat use efficiency (kg ha^{-1}°C day^{-1})	Helio thermal unit use efficiency (kg ha^{-1}°C day hr^{-1})
Savalan	3.47ab	67.90a	71.33e	34.28a	18.95a	2.60a
Sante	3.40ab	32.77f	83.00bcd	24.21e	13.38d	1.84e
Ottawa	1.87c	42.20c	79.32bcd	34.24a	18.92a	2.59a
Coronada	2.67bc	43.67de	84.33abc	26.97de	14.90cd	2.04de
Burren	3.83a	46.43cde	82.33bcd	25.64e	14.27d	1.94e
Jelly	1.87e	60.07b	82.00bcd	31.44abcd	17.38abc	2.38abcd
Georgina	2.73bc	53.00c	76.67de	33.63ab	18.58ab	2.55ab
Ribera	3.33ab	50.73cd	85.67abc	28.60bcd	15.81bcd	2.17b-e
Bunba	3.27ab	46.20cde	81.33bcd	32.46abc	17.94ab	2.46abc
Milva	2.73bc	37.73e	86.00ab	27.25cde	15.06cd	2.07cde
Concordia	2.60bc	44.60de	90.33a	18.39f	10.16e	1.39f

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% of probablity level.

طولانی‌بودن دوره حجیم‌شدن غده و در نتیجه دریافت درجه روز رشد بالا در این مرحله و پوشش سریع مزرعه سبب گردید که حداکثر عملکرد کل توسط ساوالان رقم تولید شد (جدول‌های ۳، ۴ و ۵). عدم کاهش معنی‌دار مدت مرحله حجیم‌شدن غده، درجه روز رشد دریافت شده و همچنین تعداد روز از کاشت تا پوشش نهایی مزرعه در رقم جورجینا نسبت به رقم ساوالان دلیل عدم کاهش معنی‌دار عملکرد رقم مزبور نسبت به رقم ساوالان بود (جدول ۵). در رقم جلی علی‌رغم کاهش معنی‌دار مدت زمان مرحله حجیم‌شدن غده و درجه روز رشد دریافت شده و همچنین افزایش معنی‌دار تعداد روز از کاشت تا پوشش نهایی مزرعه در مقایسه با رقم ساوالان و همچنین در دو رقم اوتاوا و بانبا برخلاف افزایش معنی‌دار تاریخ‌پوشش نهایی مزرعه نسبت به رقم ساوالان، به‌دلیل متحمل بودن این رقم‌ها به تنش دمای بالا و بیماری لکه موجی (عامل مولد بیماری قارچ آلترناریا سولانی) که یکی از مهم‌ترین عوامل خسارت زای سیب‌زمینی در منطقه می‌باشد، کاهش عملکرد معنی‌داری در مقایسه با رقم ساوالان مشاهده نگردد (جدول ۵). وجود تفاوت در تحمل تنش دمای بالا در رقم‌های سیب‌زمینی توسط Tibbitts *et al.* (1992) نیز گزارش شده است. در این پژوهش طولانی ترین دوره حجیم شدن غده به رقم سانته تعلق داشت و حداکثر درجه روز رشد در این مرحله را نیز دریافت نمود، ولی علیرغم این موضوع عملکرد این رقم به‌طور معنی‌دار و قابل‌ملاحظه‌ای (۲۹ درصد) نسبت به رقم ساوالان کاهش نشان داد. علت پایین بودن عملکرد این رقم را می‌توان به رشد کند شاخ و برگ که منجر به تأخیر افتادن پوشش نهایی مزرعه گردید و هم چنین حساسیت به بیماری لکه موجی نسبت داد (جدول ۵).

علی‌رغم کوتاه‌تر نبودن قابل ملاحظه دوره رشد و نمو گیاهان در این پژوهش در مقایسه با کشت بهاره سیب‌زمینی در مناطق معتدل کشور، کافی بودن دوره رشد و نمو رقم‌های مورد مطالعه برای تولید مناسب (۱۳۳ روز) و کوتاه بودن دوره رشد و نمو سبزینه‌ای (که یک امر ضروری برای تولید قابل قبول در مناطقی همانند خوزستان که قبل از بلوغ بایستی غده‌ها را برداشت نمود، می‌باشد) عملکرد غده در این پژوهش (حتی در رقم ساوالان) در مقایسه با کشت بهاره این محصول در مناطق معتدل کشور به مقدار قابل توجهی پایین‌تر بود (Hassanpanah *et al*., 2009; Parvizi *et al*., 2010) که تأییدکننده گزارش Lambert *et al.* (2006) مبنی بر پایین‌بودن عملکرد سیب‌زمینی در مناطق گرمسیری می‌باشد. یکی از علل پایین‌بودن عملکرد سیب‌زمینی در خوزستان نامساعد بودن شرایط اقلیمی در مرحله رشد جوانه‌ها می‌باشد که ضمن طولانی شدن این دوره (جدول ۳) سبب می‌شود که سهم قابل‌توجهی از درجه روز رشد دریافت شده (بسته به رقم بین ۲۱ تا ۲۹ درصد) به این مرحله فنولوژیکی، که تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد ندارد، اختصاص یابد. عامل دیگر پایین‌بودن

عملکرد سیب‌زمینی در خوزستان را می‌توان به بالا بودن بودن دما، در دوره حجیم‌شدن غده‌ها (با میانگین ۲۶ درجه سانتی‌گراد) نسبت داد. پایین‌بودن 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 می‌باشد (Rezaee & Soltani, 1996). بالا بودن دما رشد اندام‌های هوایی را تحریک می‌کند و بنابراین در چنین شرایطی به‌جای انتقال مواد حاصل از فتوسنتز به غده، این مواد به اندام‌های سبز منتقل شده و صرف رشد شاخ و برگ و نیز تنفس گیاه می‌شود و در نتیجه رشد غده و عملکرد کاهش خواهد یافت (Kazemi *et al*., 2011).

کارایی مصرف حرارت و کارایی مصرف واحد هلیو ترمال

همانند عملکرد کل حداکثر کارایی مصرف حرارت و کارایی مصرف واحد هلیو ترمال به رقم ساوالان اختصاص یافت. کاهش این دو شاخص در رقم‌های اوتاوا، جلی، جورجینا و بانبا در مقایسه یا رقم مزبور معنی‌دار نبود (جدول ۵). در این پژوهش به‌طور کلی محدوده کارایی مصرف حرارت و کارایی مصرف واحد هلیو ترمال (جدول ۵) در مقایسه با کشت پاییزه سیب‌زمینی در منطقه کمتر بود (Darabi, 2017). علت این موضوع بالا بودن دما در دوره حجیم‌شدن غده (و به خصوص از اواسط اردیبهشت‌ماه به بعد) بود که منجر به دریافت واحد حرارتی اضافی و غیر مؤثری گردید. پایین‌بودن کارایی مصرف حرارت به‌دلیل بالابودن دما در مرحله حجیم‌شدن غده‌ها توسط Worthington & Hutchinson (2005) و Maji *et al*. (2014) نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج پژوهش حاضر در کشت زمستانه سیب‌زمینی، مرحله رشد جوانه‌ها طولانی و مرحله رشد سبزینه‌ای کوتاه بود. علی‌رغم کوتاه‌تر نبودن قابل ملاحظه دوره رشد و نمو گیاهان در این تحقیق در مقایسه با کشت بهاره سیب‌زمینی در مناطق معتدل کشور، کافی بودن دوره رشد و نمو رقم‌های مورد مطالعه برای تولید مناسب و کوتاه بودن مرحله سبزینه‌ای، عملکرد غده در همه رقم‌های مورد مطالعه در مقایسه با عملکرد این محصول در مناطق معتدل کشور به‌دلیل پایین‌بودن دما در مرحله رشد جوانه‌ها و بالا بودن دما در مرحله حجیم‌شدن غده‌ها به مقدار قابل‌توجهی کمتر بود. از میان رقم‌های مورد مطالعه رقم‌های ساوالان، اوتاوا، جلی، جورجینا و بانبا برای کشت زمستانه سیب‌زمینی در بهبهان توصیه می‌شوند.

REFERENCES

1. Agricultural, Food and Rural Development Department .(2005). *Botany of the potato plant*. from http://www1.agric.gov.ab.ca.$department/deptdosc.nsf/all//opp9547.
2. Amrawat, T., Solanki, N. S., Sharma, S. K., Jajoria, D. K. & Dotaniya. M. L. (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. (2017). *Agricultural statistics, first volume-horticultural and field crop*, 2015-2016. Ministry of Jihad-e- Agriculture, Programing and Economic Deputy, Statistics and Information Technology Office. pp. 68. (in Farsi)
4. Birch, P. R., Bryan, G., Fenton, B., Gilroy, E. M., Hein, I., Jones, J. T., Prashar, A.,Taylor, M. A., Torrance, L. & Toth, I. K. (2012). Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable? *Food Security*, 4 (4), 477-508.
5. 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)
6. Darabi, A. (2013). Effect of planting date on total and marketable yield of potato cultivars in Khuzestan province in Iran. *Seed and Plant Production Journal*, 29-2 (3), 369-386. (In Farsi)
7. Darabi, A. (2017). Study on the agro-meteorological indices at different phenological stages and growth analysis of new potato genotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 18 (3), 271-286. (in Farsi)
8. Darabi, A. & Eftekhari, S. A. (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)

9. Ewing, E. E. & Struik, P. C. (1992). Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. *Horticultural Reviews*, 14, 89-98.
10. Friedman, M. (1997). Chemistry, biochemistry and dietary role of potato polyphenols. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, (5), 1523-1540.
11. Gatachew, T., Belew, D., & Tulu, S. (2012). Yield and growth parameters of potato (*Solanum tubersum* L.) as influenced by intra row spacing and time of earthing up: In Boneya Degem District, Central Highlands of Ethiopia. *International Journal of Agricultural Reasearch*, 7, 255-265
12. Grijesh, G. K., Kumara Swamy, A. S., Sridhara, S., Dinish Kumar, M., Vageesh, T. S. & Nataraju, S.P. (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.
13. Hassanpanah, D., Hossienzaded, A. A. & Allahyari, N. (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.
14. Jones, J. W., Hogenboom, G., Porter, C. H., Bootee, K. J., Batchlore, W. D., Haunt, L. A., Wilkens, P. W., Singh, U., Gijman, A. & Ritchie, J. T. (2003). The DSSAT cropping system Model. *European Journal of Agronomy*, 18, 235-265.
15. Kazemi, M., Hassanabadi, H. & Tavakoli, H. (2011). *Potato production management*. Nashr-e-Amozesh and Tarvij Keshavarzi. Tehran. (In Farsi)
16. KleinKopf, G. E., Brandt, T. L. & Olsen, N. (2003). Physiology of tuber bulking. In: Proceedings of *Idaho Potato Conference*, 23-Jan., Idaho**,** USA, p.4.
17. Kolasa, K. (1993). The potato and human nutrition. *American Potato Journal*, 70 (5), 375-384.
18. Kumar, N., Kumar, S., Main, A. S. & Royo, S. (2014). Thermal indices to crop phenology of wheat (*Triticumae stivum* L.) and urd (*Vignamungo hepper* L.) at Taria region of Uttarkhand. *Mausam*, 65(2), 215-218.
19. Lambert, E. D. S., Pinoto, C. A. B. P. & Meneze, C. B. D. (2006). Potato improvement for tropical conditions: I. Analysis of stability. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 6, 129-135.
20. Levy, D. & Veilleux, R. E. (2007). Adaptation of potato to high temperature and salinity-a review. *American Journal of Potato Research*, 84 (6), 486-506.
21. Maji, S., Bhowmick, M., Chakraborty, P., Jena, S., Dutta, S. K., Nath, R., Bandyopahyay, P. & Chakraborty, P. K. (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.
22. Mihovilovich, E., Carli, C., de Mendiburu, F., Hualla, V. & Bonierbale, M. (2009). *Protocol tuber bulking maturity assessment of elite and advanced potato clones*. International Potato Center. 18 pp.
23. Moorby, J. & Milthorpe. F. L. (1975). Potato. In: L.T. Evans (Ed), *Crop physiology: Some case histories*. (pp. 225-257) Cambridge University Press, London.
24. Mote, B. M., Kumar, M. & Ban. Y. C. (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., Allen, E. J. & Firman, D. M. (1998). A review of some studies into tuber initiation in potato (*Solanum tuberosum* L.) crops. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 130, 251-270.
26. Parvizi, K., Souri, J. & Mahmoodi, R. (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)
27. Rezaee, A. & Soltani, A. (1996). *Introduction to potato production*. Jehad-e-Daneshgahi Mashhad Publication, Mashhad. (In Farsi)
28. Rao, V. U. M., Singh, D. & Singh, R. (1999). Heat use efficiency of winter crop in Haryana. *Journal of Agrometeorology*, 1 (2), 143-148.
29. Singh, M. P., Lallu, K. R. & Sign, N. B. (2014).Thermal requirement of Indian mustard (*Brassica juncea*) at different phonological stages under late sown condition. *Indian Journal of Plant Physiology*, 19 (3), 238-243.
30. Sreeniavas, G., Devender Redady, M. & Raji Redady, D. (2010). Agro-meteorological indices in relation to phenology of aerobic rice. *Journal of Agrometeorological*, 12 (2), 241-244.
31. Tibbitts, T. W., Cao, W. & Bennett, S. M. (1992). Utilization of potato plant for life support in space. V. Evaluation of cultivars in response to continuse light and high temperature. *American Potato Journal*, 69, 229-237.
32. Waglay, A., Karboune, S. & Alli, I. (2014). Potato protein isolates: recovery and characterization of their properties. *Food Chemistry*, 142, 373-382
33. Worthington, C. M. & Hutchinson, C. M. (2005). Accumulated growing degree days as a model to determine key developmental stages and evaluate yield and quality of potato in Northeast Florida. In: Proceedings of *the Florida State Horticultural Society*, 118, 98-101.