Journal of Vegetables Sciences, Spring & summer 2025, Vol 9, No 17(1), Pages 155-168

doi: 10.22034/iuvs.2024.2021861.1350 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

Evaluation of phenological stages of three potato cultivars based on degree-day of growth, light and thermal indices, and effect on yield

Mohammad Ahmadi1[*1], Hamidreza Mohammaddoost Chamanabad[2], Ahmad Toubeh[2], Rasoul Fakhari[3], Salim Farzaneh[2]

1- PhD in Weed Science, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3- Research Assistant Professor, Phytosanitary Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Ardabil Province (Moghan), Agricultural Education and Extension

[*]**Corresponding author:** 224155mohammad@gmail.com

(**Received:** 01 February 2024 **Revised:** 10 March 2024 **Accepted:** 14 March 2024)

Extended Abstract

1. **Introduction:** Agricultural plants are the primary source of the human food supply; among them, potatoes hold a special place in the human food basket. Temperature, as an ecological factor, directly and indirectly affects plants. Directly, heat impacts all vital plant processes and the intensity of their metabolism. Indirectly, it affects other critical factors such as water availability, especially in regions characterized by dry or semi-dry conditions. Climatic indices with a thermal basis, such as growth-day degree, heliothermal units, and the photothermal index, serve as useful tools for predicting crop growth and yield. Since the growth period and heat requirements vary among potato cultivars, selecting a suitable cultivar is crucial. Without proper cultivar selection, all efforts in nutritional management and weed control may prove ineffective. Therefore, conducting appropriate research to identify suitable cultivars for each region is essential.
2. **Materials and Methods:** This experiment was conducted as a factorial in the form of a randomized complete block design with 3 repetitions in the crop year 2022-2023, and to evaluate the life cycle of three potato varieties based on growth degree-day light and thermal indicators and its effect on yield in the research farm of Mohaghegh Ardabili University. To measure the height of the plant the number of six plants were randomly selected for each plot and then measured using a meter. The height of each of the selected plants was measured in centimeters from the soil surface to the tip of the tallest main stem in 5 steps, and the average height of plants was considered for each plot. During the vegetative growth of the potato, 3 squares (50 × 75 cm) were randomly placed in each plot, and the percentage of cover was measured visually, and the average percentage of cover of the plants was included in the calculations. Data were recorded in Excel software, and graphs were drawn with this software. Data variance analysis was performed with SAS version 9.1 software, and mean comparisons were performed using the LSD test at a probability level of 5%.
3. **Results and Discussion:** In the experiment, it was found that different growth stages of potato cultivars require different times and degree days. The Agria cultivar grew by 80% in 35 days by receiving 308.8 degree days. Also, this cultivar completed the emergence stage up to a height of 51 cm in 32 days by receiving 359.2 degree days, and the tuber formation stage took 1.8 days. After that, by receiving 15 degree days and 10.7 days after that, of receiving 140 days 80% entered flowering. Jeli cultivar became 80% emergence in 30 days with 263 degree days and reached the stage of emergence up to a height of 51 cm in 45.4 days with 502 degree days. Also, tuber formation in this cultivar started before reaching 51 cm, and the tuber formation stage was completed by 80% flowering after 10 days at 100 degrees. The Lady Rosetta cultivar also reached the stage of emergence up to a height of 51 cm in 51.7 days with 597 degree-days, emergence up to tuber formation in 17.6 days with 192 degree-days, and tuber formation up to 80% of flowering in 16.4 days, receiving 183 degree-days. All three cultivars completed their life cycle in 141 days from planting to harvesting by receiving 1578.5 degree days. Figure 1 shows the phenological stages of the cultivars tested. In the present experiment, it was found that the closer we get to the hot months, the amount of photothermal units received per day increases, and the growth stages go faster. The results of Table 5 show these points that the highest percentage of difference in photothermal index between treatments is 6% at the 50% emergence stage, 5% at the height of 51 cm of the plants, 2% at the 70% coverage of the plants 4% at the modulation stage and The flowering stage was 10%. Comparison of average data indicates that in weed-free conditions, the Lady Rosetta cultivar has more heat consumption efficiency than other treatments. This cultivar produces an economic yield (tuber) in 140 days from planting to harvesting for

receiving fewer heat units. The cultivar Lady Rosetta was the best treatment in terms of efficiency of heliothermal use in conditions with and without weeds. According to the results, the efficiency of heliothermal consumption of Jeli cultivar decreases by 43.5% Agria by 36.7% and Lady Rosetta by 35.5% in the presence of weeds.

4. **Conclusion:** The results show that different potato cultivars differ in terms of agro-climatic characteristics. These differences play the main role in selecting and cultivating this product in different regions. The present experiment found that the Lady Rosetta cultivar has the most heat consumption efficiency. Therefore, this cultivar can be grown in areas where the length of the season from planting to harvesting is short due to weather restrictions. Cultivated Lady Rosetta is a semi-late cultivar and can be a good alternative to early cultivars, which have low yields.

***Keywords*:** cultivar, degree-day, heliothermal, phenology, potato.

Citation: Ahmadi, M., Mohammaddoost Chamanabad, H.R., Tobeh, A., Fakhari, R. & Farzaneh, S. (2025). Evaluation of phenological stages of three potato cultivars based on growth degree-day, light and thermal indices, and their effect on yield. *Journal of Vegetable Sciences*, 17(1), 155-168. doi:10.22034/iuvs.2024.2021861.1350

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال۹ ، دوره ۱۷، شماره۱، بهار و تابستان، صفحات (۱۶۸-۱۵۵)

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi: 10.22034/iuvs.2024.2021861.1350

ارزیابی مراحل فنولوژیک سه رقم سیب‌زمینی بر اساس درجه-روز رشد، شاخص‌های نوری، حرارتی و تأثیر آن روی عملکرد

محمد احمدی[1*]، حمیدرضا محمددوست چمن‌آباد[2]، احمد توبه[2]، رسول فخاری[3] و سلیم فرزانه[2]

۱- دکترای علوم علف‌های‌هرز، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران

[*]نویسنده مسئول: 224155mohammad@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۴)

چکیده

فنولوژی و سرعت نمو، نقطه کلیدی سازگاری با شـرایط متنوع محیطی است. زمان مناسب برای اعمال مدیریت، معمولاً با استفاده از مرحله‌ی رشدی خاصی مانند سبزشدن و گلدهی بیان می‌شود. ازآنجاکه دوره رشد و نیاز حرارتی ارقام سیب‌زمینی متفاوت است، لازم است با انجام پژوهش‌هایی، ارقام مطلوب برای هر منطقه شناسایی شود. پژوهش حاضر برای ارزیابی مراحل فنولوژیک سه رقم سیب‌زمینی بر اساس درجه-روز رشد، شاخص‌های نوری و حرارتی و اثر آن روی عملکرد در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. رقم‌های آزمایشی شامل کشت سه رقم مختلف سیب‌زمینی (آگریا، جلی و لیدی‌رزتا) بودند. پس از ظهور و استقرار گیاهچه¬ها، تاریخ ورود هر یک از ارقام به مرحله¬ی رشدی، یاداشت و بر این اساس شاخص‌های زراعی اقلیمی محاسبه شدند. نتایج آزمایش نشان داد، که ارقام آگریا، جلی و لیدی رزتا برای سبزشدن به‌ترتیب به ۳۰۸/۸، ۲۶۳ و ۲۸۸ درجه-روز و برای گلدهی به ۸۲۳ ، ۷۳۰ و ۶۶۳ درجه-روز نیاز داشتند. رقم لیدی‌رزتا با کارایی مصرف حرارت در شرایط با و بدون علف‌های هرز به ترتیب ۳۰ و ۴۶ و از نظر کارایی مصرف هلیوترمال به ترتیب ۲/۸ و ۴/۳ کیلوگرم در هکتار، بهترین رقم بود. طبق نتایج، کارایی مصرف هلیوترمال رقم جلی ۴۳/۵ ، آگریا ۳۶/۷ و لیدی رزتا ۳۵/۵ درصد در شرایط وجود علف‌های هرز کاهش می‌یابد. بنابراین، لیدی‌رزتا متحمل‌ترین رقم به حضور علف‌های هرز از نظر این شاخص است. همچنین مشخص شد، لیدی‌رزتا که رقمی نیمه دیررس است، می‌تواند جایگزین خوبی برای ارقام زودرسی باشد، که عملکرد پایینی دارند.

واژه‌های کلیدی: **درجه-روز، رقم، سیب‌زمینی، فنولوژی، هلیوترمال.**

استناد: احمدی، م.، محمددوست چمن‌آباد، ح.ر.، توبه، ا.، فخاری، ر. و فرزانه، س. (۱۴۰۴). ارزیابی مراحل فنولوژیک سه رقم سیب‌زمینی بر اساس درجه-روز رشد، شاخص‌های نوری، حرارتی و تأثیر آن روی عملکرد. *علوم سبزی‌ها*، ۱۷(۱)، ۱۶۸-۱۵۵.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

با توجه به محدود بودن منابع کشاورزی، افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در واحد سطح (Tester & Langridge, 2010) و تغییر اساسی در سیاست‌های کشاورزی به‌منظور توسعه پایدار امری ضروری و اجتناب ناپذیر هست. گیاهان زراعی منبع اصلی تأمین غذای بشر بوده و در این میان محصول سیب‌زمینی دارای جایگاه خاصی در سبد غذایی انسان است (Keyhani & Saneinjad, 2015). سیب‌زمینی در مقایسه با سایر محصولات زراعی در واحد سطح، وزن و کالری بیشتری تولید می‌کند (Biswas *et al*.,2017) و از نظر ارزش غذایی دارای نشاسته، کربوهیدرات، ویتامین (به‌ویژه ویتامین‌های C و B)، مواد معدنی، پروتئین و فیبر خام است؛ ازاین‌رو به‌عنوان یک منبع انرژی ارزان‌قیمت برای رژیم غذایی انسان، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Singh *et al*., 2013).

امروزه کنترل علف‌های‌هرز بیش از سایر عوامل زیان‌آور در محصولات زراعی اهمیت دارد. فنولوژی و سرعت نمو به دلیل تأثیر بـر طول دوره و زمان وقوع مراحل مختلف نمو و بـه تبع آن شرایط محیطی حاکم بر هریک از این مراحل، نقطه کلیدی سازگاری با شـرایط متنـوع محیطی است. برای کنترل مناسب و به موقع علف‌های‌هرز، آگاهی از زمان سبز شدن آنها بسیار مهم و ضروری می‌باشد، چرا که یکی از اصول پایه در مدیریت تلفیقی مبارزه با علف‌های هرز، پایش دقیق و کاربرد روش‌های کنترلی در حساس‌ترین مرحله رشدی می‌باشد، که نتیجه آن کنترل بهتر وکاهش هزینه‌های کنترل خواهد بود (Norsworthy & Oliiveira, 2007). پیش‌بینی زمان سبزشدن نیز از طریق محاسبه-ی درجه-روز رشد صورت می‌گیرد. بررسی منابع حاکی از این است، که آلوده‌شدن چغندرقند علاوه بر فاصله‌ی بین علف‌هرز و میزبان به مرحله فنولوژیکی میزبان نیز بستگی دارد، به‌طوریکه وقتی میزبان در مرحله ۸ - ۶ برگی است و بذور سس در فاصله ۴ و ۶ سانتی‌متری از میزبان جوانه‌زده به ترتیب ۸۰ و ۲۰ درصد از میزبان آلوده شد (Benvenuti *et al*., 2005).

در حقیقت دما به‌عنوان یک عامل بوم‌شناسی به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم بر روی گیاهان تأثیر می گذارد؛ حرارت به‌صورت مستقیم بر همه اعمال حیاتی گیاهان و شدت متابولیسم آن‌ها اثر می‌گذارد و به‌صورت غیر مستقیم بر روی عوامل حیاتی دیگر از جمله مقدار آب در دسترس گیاه دارد و به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل محدودکننده در استقرار گیاهان مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. مطالعات مختلف نشان داده است، که رابطه بین سرعت نمو و درجه حرارت تقریباً خطی است و این رابطه در محدوده وسیعی از دماها در صورتی که بارندگی و شرایط خاک ثابت باشد، برقرار است. دمای هوا شاخص ثابت و پایداری است، که استفاده از آن به صورت دمای تجمعی یا درجه-روز رشد (GDD) برای تخمین دوره رشد و نمو مورد تاکید قرارگرفته است (Forcella *et al*., 2000). شاخص‌های اقلیمی که پایه حرارتی دارند همانند درجه روز-رشد، واحـد هلیوترمال و شاخص فتوترمال ابزارهای مفیدی برای پیش‌بینی رشد و عملکرد محصولات هستند (Jones *et al*., 2003). در تحقیقی مشخص شد که گیاهان مختلف مراحل مختلف چرخه زندگی خود را در زمان‌های مختلف و با سرعت های مختلفی طی می‌کنند (Ahmadi *et al*., 2019). در پژوهشی دیگر گزارش شد، که فقط تعداد محدودی از صفات در شرایط اقلیمی مختلف ثابت می‌ماند و بسیاری از آن‌ها به شدت به شرایط محیطی واکنش نشان می‌دهند (Khan, 2019). ازآنجاکه دوره رشد و نیاز حرارتی ارقام مختلف سیب‌زمینی متفاوت است (Khajehpur, 2006) و در صورتی که رقم مناسبی انتخاب و کشت نشود، کلیه مدیریت‌های تغذیه‌ای و کنترلی علف‌های هرز بی‌فایده خواهد بود؛ بنابراین لازم است با انجام پژوهش‌های مناسب ارقام مطلوب برای هر منطقه شناسایی شود (Busnello *et al*., 2019). این تحقیق با هدف ارزیابی مراحل فنولوژیک سه رقم سیب‌زمینی بر اساس درجه-روز رشد و شاخص‌های نوری و حرارتی و تاثیر آن روی عملکرد انجام شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ و به‌منظور ارزیابی چرخه زندگی سه رقم سیب‌زمینی بر اساس درجه-روز رشد، شاخص‌های نوری، حرارتی و تاثیر آن روی عملکرد در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه با ارتفاع ۱۳۵۰ متری از سطح دریا اجرا شد.

تیمارها و اجرای طرح آزمایشی

تیمارهای آزمایش شامل سه رقم مختلف سیب‌زمینی (آگریا، جلی و لیدی‌رزتا) بودند، که هرکدام در ۳ تکرار اجرار شدند. جهت آماده‌سازی بستر، شخم عمیق پاییزه با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. عملیات شخم ثانویه شامل دیسک زنی و تهیه جوی و پشته‌ها در اولین فرصت بعد از مساعد شدن شرایط محیطی در بهار انجام شد. ابعاد هر کرت ۲/۵۰ × ۳/۷۵ متر بود که ۵ ردیف سیب‌زمینی داخل آن کشت شد. فاصله ردیف‌ها از همدیگر ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

عملیات زراعی و مدیریتی

خاک‌دهی اول ۲۰ روز پس از کاشت و خاک‌دهی دوم ۳۴ روز پس از کاشت همزمان با سبز شدن ۸۰ درصد بذور سیب‌زمینی انجام شد. آبیاری بصورت غرقابی و هر ۷ روز در کل ۱۲ مرتبه از کاشت تا برداشت انجام شد. یک ماه پس از کاشت سیب‌زمینی، آبیاری شروع و یک ماه قبل از برداشت متوقف شد. علف‌های هرز بصورت دستی وجین شدند. با مشاهده ظهور سوسک کلرادو از سم استامی پراید به میزان ۲۵۰ گرم در هکتار، یک مرتبه و با شیوع بیماری بادزدگی سیب‌زمینی قارچ کش اکسی کلرور مس به میزان ۱ کیلوگرم در هکتار، دو مرتبه به فاصله ۱۴ روز استفاده شد. سرعت و فشار سمپاشی در تمام تیمارها تقریباً ثابت و میزان پاشش برای ۴۰۰ لیتر آب در هکتار کالیبره شد. برای جلوگیری از آسیب کرم مفتولی در آبیاری چهارم از سم سایپرمترین (ساخت کشور چین) به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده شد. برای رشد و نمو مطلوب سیب‌زمینی، کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک و برنامه غذایی استاندارد شرکت اکین تاریم ترکیه انجام شد؛ بدین طریق که در آبیاری اول و دوم کود اوره (ازت گرانوله ۴۶ درصد) در مجموع به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برای افزایش رشد رویشی و کود کی‌هیومی‌تک (هیومیک پودری ۶۰ درصد) به میزان ۳ کیلوگرم در هکتار برای افزایش ریشه‌زایی و جذب بهتر مواد غذایی توسط ریشه‌ها مصرف و در آبیاری دوم نیز تکرار شد. در آبیاری سوم کود انیمکس (اسید آمینه ۲۰ درصد) به میزان ۱۰ لیتر در هکتار برای افزایش گلدهی و غده‌زایی مصرف شد. پس از ریزش گل‌ها نیز کود فولیامل پتاسیم (پتاسیم مایع ۳۵ درصد) به میزان ۱۵ لیتر در هکتار برای افزایش سایز و وزن غده‌ها مصرف شد.

داده‌های هواشناسی و خاک شناسی

اطلاعات دمایی و ساعات آفتابی از ایستگاه هواشناسی اردبیل تهیه شد. به‌منظور مطالعه وضعیت خاک مزرعه آزمایشی از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، نمونه-هایی بصورت تصادفی از عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری سطح مزرعه جمع‌آوری و پس از مخلوط کردن به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل گردید. نتایج آزمون خاک در جدول (۱) آمده است. به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد شش بوته به صورت تصادفی برای هر کرت انتخاب گردید و سپس با استفاده از متر ارتفاع هرکدام از بوته‌های منتخب بر حسب سانتی‌متر از سطح خاک تا نوک بلندترین ساقه اصلی در ۵ مرحله اندازه‌گیری شده و میانگین ارتفاع بوته‌ها برای هر کرت لحاظ گردید. در زمان رشد رویشی سیب‌زمینی در هر کرت بصورت تصادفی ۳ تا کوادرات (۵۰ × ۷۵ سانتی‌متری) انداخته شد و بصورت چشمی، درصد پوشش اندازه‌گیری شده و

میانگین درصد پوشش بوته‌ها در محاسبات لحاظ گردید.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Some physical and chemical characteristics of the soil of the test site

بافت خاک Texture	عمق نمونه برداری Sampling depth (cm)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل دسترس Available Phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل دسترس Available potassium (ppm)	هدایت الکتریکی Electrical Conductivity ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته pH	کربن آلی Organic Carbon (%)
لوم Loam	15-30	0.09	19.75	276.55	1.96	7.87	0.75

شاخص‌های زراعی اقلیمی

شاخص‌های زراعی اقلیمی با استفاده از فرمول های زیر محاسبه شدند.

$$GDD = \sum \left[\frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - Tb \right] \quad (1)$$

(Russele et al., 1984)

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 درجه سانتی‌گراد و بیشتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۷ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد محسوب شدند.

HTU= GDD × Duration of sunshine hours (2)

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=Yield /HTU (3)

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=Yield/GDD (4)

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

PTI=GDD/Growth days (5)

PTI شاخص فتو ترمال بر حسب درجه روز-رشد در روز، Growth days تعداد روز در هر مرحله رشد و GDD درجه روز-رشد (Maji et., 2014).

نمونه‌برداری و تحلیل‌های آماری

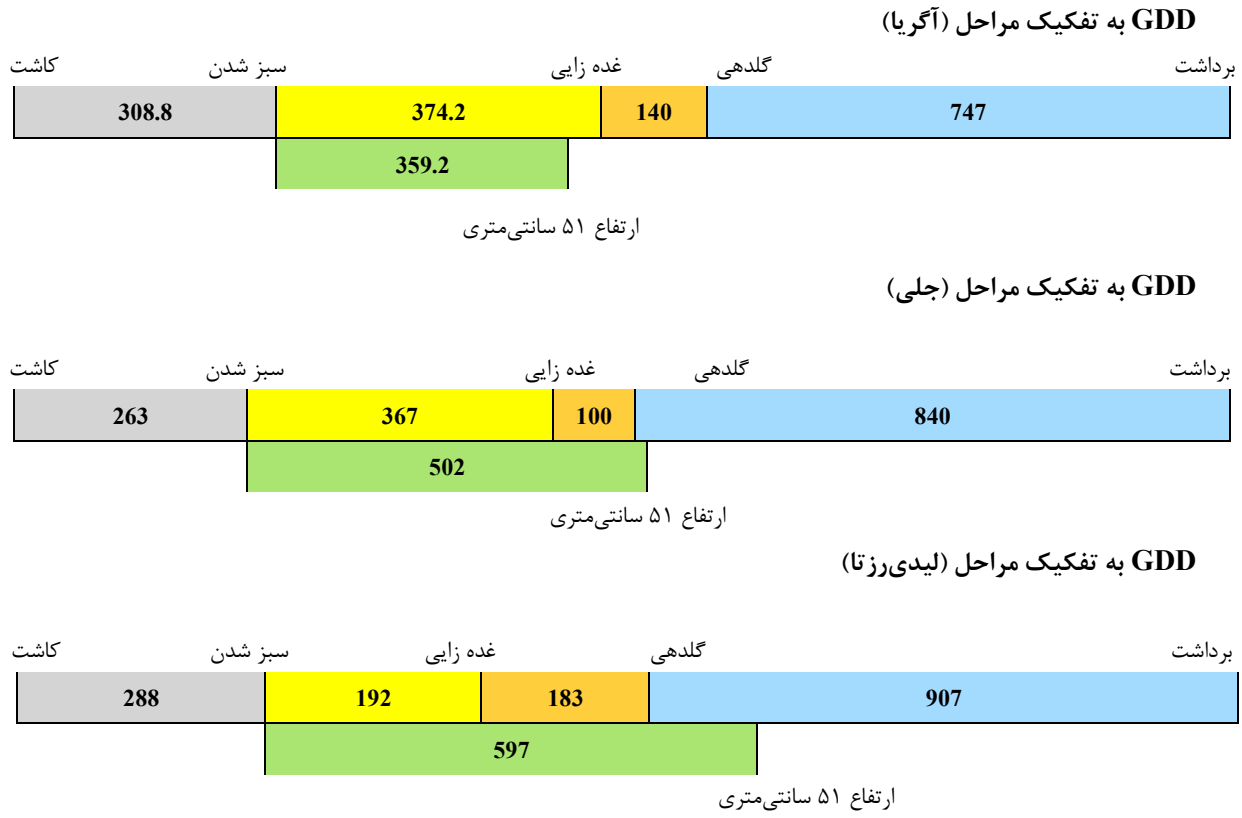
به‌منظور تعیین عملکرد غده، بعد از اتمام دوره‌ی رشد و رسیدگی کامل غده‌های سیب‌زمینی، محصول بوته‌های دو ردیف وسطی با حذف اثر حاشیه، از هر کرت به طور دستی و به طور کامل برداشت شد. غده‌های برداشتی درون پاکت‌های کاغذی به آزمایشگاه منتقل، در آزمایشگاه پس از زدودن گل و مواد زائد غده‌ها نسبت به شمارش و توزین آنها با ترازوی دیجیتالی به ظرفیت ۲۰۰۰ گرم و با دقت ۰/۰۱ گرم اقدام شد و به هکتار تعمیم داده شد. اندازه غده‌ها با دستگاه کولیس بدست آمد و میانگین‌گیری شد. داده‌ها در نرم افزار Excel ثبت و رسم نمودارها با این نرم افزار انجام شد. تجزیه واریانس داده ها با نرم افزار SAS ver 9.1 و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

دوره رشدی و درجه-روز رشد تجمعی

نتایج مقایسه میانگین جدول (۲) نشان‌گر این است، که میانگین زمان (روز) لازم برای سبز شدن ۵۰ درصدی ارقام آگریا، جلی و لیدی‌رزتا به ترتیب ۳۲/۶، ۲۸/۶ و ۳۱ است، که با دریافت ۲۸۵/۵، ۲۳۵/۴ و ۲۶۸ درجه-روز وارد این مرحله شدند. رقم جلی در این مرحله با دریافت درجه-روز کمتر، سریعترین رقم بود و بعد از آن لیدی‌رزتا و آگریا قرار گرفتند. رقم آگریا در مرحله رشد رویشی (ارتفاع ۵۱۰-۳۴۵ میلی‌متری) برترین رقم بود و در زمان کمتر و با دریافت درجه-روز کمتر این مراحل را سپری کرد و بعد از آن جلی و لیدی‌رزتا قرار گرفتند. بنابراین، با وجود اینکه آگریا دیرتر سبز شد، در ادامه رشد خوبی داشته و برتر از دیگر رقم‌ها ظاهر شد. این نشان می‌دهد، احتمالا دمای پایین خاک تاثیری منفی بیشتری در این رقم نسبت به جلی و لیدی‌رزتا دارد. برای افزایش درصد پوشش تا ۷۰ درصد و بستن کانوپی، رقم لیدی‌رزتا به ۵۸/۷ روز و ۵۷۸ درجه-روز، رقم آگریا به ۶۸ روز و ۶۷۰ درجه-روز و رقم جلی به ۷۸/۶ روز و ۸۰۶ درجه-روز نیاز داشتند، که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با هم دارند و این نشان می‌دهد، رقم لیدی‌رزتا برترین رقم گسترش برگ‌هاست؛ زیرا نیاز دمایی آن برای رسیدن به ۷۰ درصد پوشش کمتر از سایر رقم‌ها بود. با توجه به نتایج می‌توان گفت، رقم لیدی‌رزتا انرژی و منابع بیشتری را از ریشه به برگ‌ها می‌فرستد و با افزایش تعداد برگ و عریض نمودن برگ‌ها، نور بیشتری را جذب می‌کند و در نتیجه درجه-روز کمتری برای رسیدن به این میزان از رشد می‌طلبد. رقم آگریا نیز انرژی و منابع بیشتری را به قطور کردن ساقه‌ها و افزایش ارتفاع اختصاص می‌دهد؛ بنابراین درجه-روز کمتری برای ارتفاع گرفتن می‌طلبد. رقم لیدی‌رزتا با دریافت ۴۸۰ درجه-روز، رقم جلی ۶۳۰ درجه-روز و رقم آگریا ۶۸۳ وارد مرحله ۵۰ درصد غده دهی شدند. این رقم‌ها به ترتیب پس از ۶۷، ۷۳/۳ و ۸۰ روز پس از کاشت وارد مرحله ۸۰ درصد گلدهی شدند.

در آزمایش مشخص شد، مراحل مختلف رشدی ارقام سیب‌زمینی به زمان‌ها و درجه-روزهای متفاوتی نیاز دارد. رقم آگریا در مدت ۳۵ روز با دریافت ۳۰۸/۸ درجه-روز به میزان ۸۰ درصد سبز شد، همچنین این رقم مرحله سبزشدن تا ارتفاع ۵۱ سانتی‌متری را در ۳۲ روز با دریافت ۳۵۹/۲ درجه-روز، مرحله‌ی غده‌زایی را ۱/۸ روز بعد از آن با دریافت ۱۵ درجه-روز و ۱۰/۷ روز بعد از آن با دریافت ۱۴۰ درجه-روز به میزان ۸۰ درصد وارد گلدهی شد. رقم جلی در ۳۰ روز با دریافت ۲۶۳ درجه-روز به میزان ۸۰ درصد سبز شد و مرحله سبزشدن تا ارتفاع ۵۱ سانتی‌متری را در ۴۵/۴ روز با دریافت ۵۰۲ درجه-روز طی کرد؛ همچنین غده‌زایی در این رقم قبل از رسیدن به ۵۱ سانتی‌متری شروع شد و مرحله غده‌زایی تا گلدهی ۸۰ درصدی پس از ۱۰ روز با دریافت ۱۰۰ درجه-روز سپری شد. رقم لیدی‌رزتا نیز مرحله سبزشدن تا ارتفاع ۵۱ سانتی‌متری در ۵۱/۷ روز با دریافت ۵۹۷ درجه روز، سبز شدن تا غده‌زایی در ۱۷/۶ روز با دریافت ۱۹۲ درجه-روز و غده زایی تا ۸۰ درصد گلدهی را در ۱۶/۴ روز با دریافت ۱۸۳ درجه-روز سپری کرد. هر سه رقم در ۱۴۱ روز از کاشت تا برداشت با دریافت ۱۵۷۸/۵ درجه -روز چرخه زندگی خود را کامل کردند. درجه-روز رشد مورد نیاز ارقام سیب‌زمینی به تفکیک مراحل رشد در شکل ۱ آمده است.



شکل۱- درجه-روز رشد ارقام سیب‌زمینی به تفکیک مراحل رشد

Figure 1- Growth degree-day of potato cultivars according to growth stages

جدول ۲- مقایسه میانگین طول دوره (روز پس از کاشت) و درجه روز-رشد لازم در طی مراحل فنولوژیکی ارقام سیب‌زمینی

Table 2 - Comparison of the average length of the period (days after planting) and the necessary day-growth degree during the phenological stages of potato cultivars

رقم Cultivar	سبز شدن Emergence (50%)		سبز شدن Emergence (80%)		ارتفاع ۳۴۵ Height (345mm)		ارتفاع ۳۷۵ Height (375mm)		ارتفاع ۴۸۵ Height (485mm)		ارتفاع ۵۱۰ Height (510mm)	
	DAY	GDD	DAY	GDD	DAY	GDD	DAY	GDD	DAY	GDD	DAY	GDD
آگریا Agria	32.6^{a}	285.5^{a}	35^{a}	308.8^{a}	44^{c}	402^{c}	52.6^{c}	501^{c}	59^{c}	583^{c}	67.5^{c}	668^{c}
جلی Jeli	28.6^{c}	235.4^{c}	30^{c}	263^{c}	56^{b}	551^{b}	61.5^{b}	611^{b}	72.9^{b}	721^{b}	75.4^{b}	765^{b}
لیدی‌رزتا Lady Rosetta	31^{b}	268^{b}	33^{b}	288^{b}	63^{a}	627^{a}	69^{a}	683^{a}	76^{a}	770^{a}	84.7^{a}	885^{a}
LSD	0.75	7.7	1.2	15.6	1.6	21.7	1.16	11.6	0.8	10	1.03	13.2

میانگین‌های داری حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری باهم در سطح ۵ درصد ندارند.

The averages of common letters in each column do not have a significant difference at the 5% level.

ادامه جدول ۲

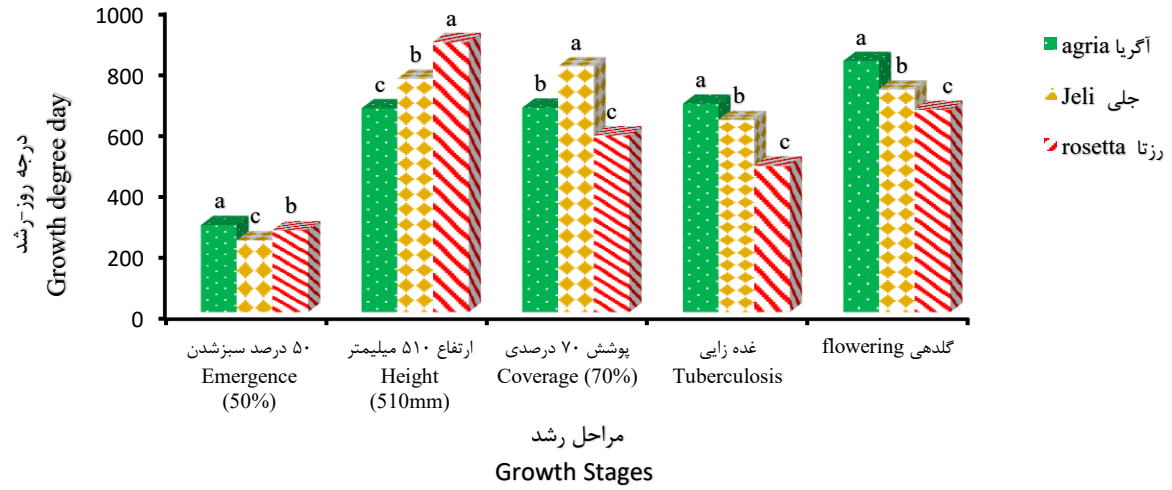
Continuation of Table 2

رقم Cultivar	درصد پوشش Coverage percentage (20%)		درصد پوشش Coverage percentage (35%)		درصد پوشش Coverage percentage (55%)		درصد پوشش Coverage percentage (70%)		غده دهی Tuberculosis (50%)		گلدهی Flowering (80%)	
	DAY	GDD	DAY	GDD	DAY	GDD	DAY	GDD	DAY	GDD	DAY	GDD
آگریا Agria	44.3^{b}	402^{b}	53^{b}	504^{b}	58.4^{b}	574^{b}	68^{b}	670^{b}	69.3^{a}	683^{a}	80^{a}	823^{a}
جلی Jeli	55.8^{a}	537^{a}	68.8^{a}	677^{a}	73^{a}	725^{a}	78.6^{a}	806^{a}	63.3^{b}	630^{b}	73.3^{b}	730^{b}
لیدی‌رزتا Lady Rosetta	35.3^{c}	313^{c}	48.6^{c}	452^{c}	55.4^{c}	538^{c}	58.7^{c}	579^{c}	50.6^{c}	480^{c}	67^{c}	663^{c}
LSD	2.24	27.74	2.2	24	1.5	24.76	1.1	19.6	1.2	14.49	1.5	19.64

میانگین‌های داری حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری باهم در سطح ۵ درصد ندارند.

The averages of common letters in each column do not have a significant difference at the 5% level.

در شکل۲- درجه روز-رشد تجمعی مورد نیاز برای سپری شدن مراحل فنولوژیکی سه رقم آگریا، جلی و لیدی‌رزتا آمده است.



شکل۲- درجه روز-رشد تجمعی لازم در طی مراحل فنولوژیکی ارقام سیب‌زمینی

Figure 2- Cumulative growth-day degree required during the phenological stages of potato cultivars

شاخص‌های فتوترمال (PTI) و هلیوترمال (HTU)

در پژوهش حاضر مشخص شد، که هر چه به ماه‌های گرم نزدیک می‌شویم، میزان دریافت واحد فتوترمال در روز افزایش می‌یابد و مراحل رشدی سریع‌تر طی می‌شود. نتایج جدول ۳ بیانگر این نکات است، که بیشترین درصد اختلاف در شاخص فتوترمال بین رقم‌ها در مرحله ۵۰ درصد سبز شدن ۶ درصد، در ارتفاع ۵۱ سانتی‌متری بوته‌ها ۵ درصد، درصد پوشش ۷۰ درصدی بوته‌ها به میزان ۲ درصد، مرحله غده‌زایی ۴ درصد و در مرحله گلدهی ۱۰ درصد بود. نتایج یک پژوهش نیز مشخص نمود اختلاف این شاخص در ارقام سیب‌زمینی قبل از تشکیل غده قابل ملاحظه نبوده است (Darabi, 2019). از شاخص‌های مهم زراعی اقلیمی که اخیرا در مطالعات فنولوژی گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفته است، می‌توان به شاخص فتوترمال اشاره نمود (Grijesh et al., 2011). این شاخص نشان‌دهنده میانگین درجه-روز رشد، دریافت شده روزانه در هر مرحله فنولوژیکی است. شاخص فتوترمال با تعداد روز رابطه عکس و با میزان حرارت روزانه رابطه مستقیم دارد؛ به‌طوریکه اگر میانگین دمای روزانه بالاتر رود، تعداد روز برای طی شدن مرحله کاهش می‌یابد و شاخص فتوترمال بالا می‌رود. به عبارات دیگر در مناطق گرمسیر و فصول گرم شاخص فتوترمال افزایش می‌یابد.

طبق نتایج آزمایش رقم آگریا برای ۸۰ درصد سبزشدن، به ۸/۸۲ واحد فتوترمال و ۳۰۹ واحد هلیوترمال نیاز دارد، که در رقم جلی به ترتیب ۸/۵۷ و ۲۶۳ و در رقم لیدی‌رزتا ۷۴/۸ و ۲۸۸ است. همچنین برای پوشش ۷۰ درصدی و بستن کانوپی رقم آگریا به ۹/۸ واحد فتوترمال و ۶۷۰ واحد هلیوترمال نیاز دارد، درحالی که در جلی به ترتیب ۱۰ و ۸۰۵ و لیدی‌رزتا ۹/۸ و ۵۷۸ است. نتایج بیانگر این نکته است، که بین ارقام سیب‌زمینی از نظر شاخص فتوترمال و هلیوترمال در طی مراحل مختلف فنولوژیکی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. شاخص هلیوترمال از دیگر شاخص‌های مهم برای مطالعه فنولوژی گیاهان است، که با زیاد شدن ساعات آفتابی و میانگین دمای روزانه افزایش می‌یابد. بنابراین، هر چقدر آسمان صاف باشد واحد هلیوترمال بیشتری توسط گیاهان جذب می‌شود. در شرایط یکسان ارقامی که با دریافت واحد هلیوترمال کمتر عملکرد بیشتری تولید کنند، مطلوب‌تر ارزیابی می‌شوند. در آزمایش حاضر مشخص شد، در مورد افزایش ارتفاع برتری با رقم آگریا و در مورد افزایش درصد پوشش برتری با لیدی‌رزتا بود زیرا با دریافت کمترین واحد فتوترمال و هلیوترمال این مراحل را طی می‌کنند. بنابراین نتایج حاکی از آن است، که گیاهان برای رشد و نمو این واحدهای نوری و گرمایی را به اندام‌های خود اختصاص می‌دهند. پس با توجه با داشتن این اطلاعات در مورد گیاهان می‌توان بهترین ارقام را بسته به شرایط منطقه، زمان کاشت و انتظارمان انتخاب کنیم. واحد هلیوترمال در گندم و ماش ارزیابی و گزارش شده است (Kumar et al., 2014). نتایج جدول ۳ بیانگر این نکات است، که بیشترین درصد اختلاف در شاخص هلیوترمال بین رقم‌ها در مرحله ۵۰ درصد سبز شدن ۱۹ درصد، در ارتفاع ۵۱ سانتی‌متری بوته‌ها ۲۸ درصد، درصد پوشش ۷۰ درصدی بوته‌ها به میزان ۳۳ درصد، مرحله غده‌زایی ۳۵ درصد و در مرحله گلدهی ۲۲ درصد بود. نتایج بیانگر این نکته است، که اختلافات قابل توجهی در مورد این شاخص در مراحل مشابه رشدی بین ارقام مورد آزمایش وجود دارد. نتایج بیانگر این است، که بیشترین اختلاف بین ارقام مورد آزمایش در مرحله ۷۰ درصد پوشش است؛ بنابراین در انتخاب ارقام مطلوب، بایستی این نکته مورد توجه قرار گیرد، و ارقامی که به برای بستن کانوپی به واحد هلیوترمال کمتری نیاز دارند، کشت شود. بویژه در مناطقی سردسیری که محدودیت دمایی و ساعات آفتابی وجود دارد، باید مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۳- شاخص فتوترمال (PTI) بر حسب درجه-روز رشد در روز و شاخص هلیوترمال (HTU) بر حسب ساعات آفتابی در درجه-روز رشد در طی مراحل فنولوژیکی ارقام سیب‌زمینی

Table 3- Photothermal index (PTI) in terms of degree-days of growth per day and heliothermal index (HTU) in terms of sunny hours in degree-days of growth during the phenological stages of potato cultivars

رقم Cultivar	سبز شدن Emergence (50%)		سبز شدن Emergence (80%)		ارتفاع ۳۴۵ Height (345mm)		ارتفاع ۳۷۵ Height (375mm)		ارتفاع ۴۸۵ Height (485mm)		ارتفاع ۵۱۰ Height (510mm)	
	HTU	PTI	HTU	PTI	HTU	PTI	HTU	PTI	HTU	PTI	HTU	PTI
آگریا Agria	285	8.7	309	8.82	402	9	501	9.5	583	9.85	668	9.9
جلی Jeli	235	8.2	263	8.57	551	9.7	611	9.94	721	9.88	765	10.1
لیدی‌رزتا Lady Rosetta	268	8.6	288	8.74	627	9.9	683	9.88	770	10.1	885	10.4

ادامه جدول ۳

Continuation of Table 3

رقم Cultivar	درصد پوشش Coverage percentage (20%)		درصد پوشش Coverage percentage (35%)		درصد پوشش Coverage percentage (55%)		درصد پوشش Coverage percentage (70%)		غده دهی Tuberculosis (50%)		گلدهی Flowering (80%)	
	HTU	PTI	HTU	PTI	HTU	PTI	HTU	PTI	HTU	PTI	HTU	PTI
آگریا Agria	402	9	503	9.5	574	9.8	670	9.8	683	9.8	823	10.9
جلی Jeli	538	9.6	676	9.8	725	9.9	805	10	630	9.9	730	9.95
لیدی‌رزتا Lady Rosetta	313	8.87	452	9.3	538	9.7	578	9.8	480	9.5	663	9.9

غده‌زایی

غده‌زایی در سیب‌زمینی مکانیسم پیچیده‌ای 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 آب وهوا، طول روز (فتوپریود)، دمای محیط و نیز شرایط رشد قرار دارند (KleinKopf et al., 2003). ارزیابی پارامترهای اقلیمی مشخص کرد که در ارقام مورد بررسی، تشکیل غده در زمان‌های متفاوتی رخ می‌دهد. در آزمایش مشخص شد (جدول ۵) که رقم لیدی‌رزتا برای غده‌زایی به میزان ۹/۸ واحد فتوترمال (برحسب درجه-روز رشد در روز) و ۶۷۰ واحد هلیوترمال (برحسب ساعات آفتابی در درجه-روز رشد)

نیاز دارد. رقم جلی برای رسیدن به این مرحله به ۹/۹ واحد فتوترمال و ۶۳۰ واحد هلیوترمال و رقم لیدی‌رزتا نیز به ترتیب به ۹/۵ و ۴۸۰ واحد نیاز داشت. با توجه به نتایج می‌توان گفت میزان نیاز لیدی‌رزتا به واحدهای فتوترمال و هیدروترمال کمتر است و به عبارت دیگر، این گیاه شاخص تحمل رقابتی بالاتری در این صفت دارد؛ یعنی در صورتی که این منابع در اثر تنش‌های محیطی و یا زیستی (علف‌های هرز) محدود شوند تاثیر کمتری در کاهش غده‌زایی و به موجب آن روی عملکرد این رقم خواهند گذاشت.

کارایی مصرف حرارت

مقایسه میانگین داده‌ها جدول (۴) حاکی از آن است که در شرایط عاری از علف هرز، رقم لیدی‌رزتا کارایی مصرف حرارت بیشتری نسبت به سایر رقم‌ها دارد. این رقم در یک دوره ۱۴۰ روزه از کاشت تا برداشت به ازای دریافت واحدهای گرمایی کمتری، عملکرد اقتصادی (غده) تولید می‌کند. رقم جلی با کارایی مصرف حرارت ۴۲ در رتبه بعد قرار گرفت. با وجود اینکه رقم آگریا سرعت افزایش ارتفاع بیشتری نسبت به جلی دارد و در عمل بایستی کارایی مصرف حرارت بیشتری داشته باشد، ولی نتیجه برعکس بود و احتمالا با توجه به مفهوم شایستگی (هر گیاه فقط می‌تواند در برخی صفات بهتر ظاهر شود) این اتفاع رخ داده است. در شرایط آلوده به علف هرز کارایی مصرف حرارت در رقم لیدی‌رزتا ۳۰/۰۴ بود که نسبت به حالت عاری از علف هرز به میزان ۳۵ درصد کاهش داشت. در رقم جلی و آگریا نیز کارایی مصرف حرارت در شرایط وجود علف‌های هرز به ترتیب به میزان ۴۴ و ۳۶ درصد کاهش یافت. بنابراین، می‌توان یکی از روش‌های تداخل علف‌های هرز با سیب‌زمینی کاهش کارایی مصرف حرارت است، که در ارقام مختلف متفاوت است. ارقامی که قادرند، در شرایط تنش، کارایی مصرف حرارت خود را حفظ کنند، ارقام متحمل‌تری به تنش هستند و عملکرد آن‌ها کمتر دستخوش تغییر می‌شود. نتایج نشان می‌دهد، در بین ارقام مورد آزمایش، رقم آگریا بیشترین تحمل و جلی کمترین تحمل را در حضور علف‌های هرز دارد. در پژوهشی پایین بودن کارایی مصرف حرارت به‌دلیل بالا بودن دما در مرحله حجیم شدن غده‌ها گزارش شده است (Maji et al., 2014).

کارایی مصرف هلیوترمال

مقایسه میانگین داده‌ها، جدول (۴) بیانگر این نکات است، که رقم لیدی‌رزتا از نظر کارایی مصرف هلیوترمال در شرایط با و بدون علف‌های هرز بهترین رقم بود. طبق نتایج، کارایی مصرف هلیوترمال رقم جلی به میزان ۴۳/۵ درصد، آگریا ۳۶/۷ درصد و لیدی رزتا ۳۵/۵ درصد در شرایط وجود علف‌های هرز کاهش می‌یابد. بنابراین، در بین رقم‌ها لیدی‌رزتا متحمل‌ترین رقم به حضور علف‌های هرز از نظر این شاخص بود. در کشت ارقام بایستی این شاخص‌ها در نظر گرفته شود، تا ضرر ناشی از علف‌های هرز به حداقل برسد. استفاده از ارقام زراعی مطلوب باعث کاهش هزینه‌های تولید شده و درآمد اقتصادی را افزایش می‌دهد. در صورتی که عملکرد دو گیاه مشابه باشد، هر کدام که در ساعات آفتابی کمتری به این عملکرد رسیده باشد، کارایی مصرف هلیوترمال بیشتری دارد و رقم بهتری معرفی می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان می‌دهد، ارقام مختلف سیب‌زمینی از نظر خصوصیات زراعی اقلیمی با هم متفاوت هستند. این تفاوت‌ها نقش اصلی را در انتخاب و کشت این محصول در مناطق مختلف ایفا می‌کند؛ به‌طوریکه، بدون درک این خصوصیات امکان برداشت حداکثری محصول وجود ندارد. برای اینکه یک رقم بتولند، در یک منطقه موفق باشد، بایستی حداکثر سازگاری را با شرایط محیطی داشته باشد. بنابراین، انطباق مراحل رشدی ارقام با فصول رشدی محصول در مناطق مختلف می‌تواند، زمینه ساز کشت محصول در مناطق جدید نیز باشد. همچنین، با انطباق فنولوژی محصول با فنولوژی علف‌های هرز نیز، می‌توان بهترین زمان اعمال مدیریت را اعمال نمود. در آزمایش حاضر مشخص شد، رقم لیدی‌زرتا بیشترین کارایی مصرف حرارت را دارد؛ بنابراین، می‌توان این رقم را در مناطقی که طول فصل

کاشت تا برداشت به دلیل محدودیت‌های آب و هوایی کم است؛ کشت نمود. لیدی‌رزتا رقمی نیمه دیررس است و می‌تواند جایگزین خوبی برای ارقام زودرسی باشد، که عملکرد پایینی دارند. در مورد کاربرد عناصر غذایی برای بهبود رشد و نمو محصول می‌توان از این مراحل فنولوژیک بسته به نوع رقم کشت شده، استفاده و بهترین برنامه غذایی را توصیه نمود.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و کارایی مصرف حرارت و هلیوترمال ارقام سیب‌زمینی در شرایط عاری و آلوده به علف هرز

Table 4 - Comparison of the average yield and efficiency of heat and heliothermal consumption of potato cultivars in weed-free and weed-infested conditions

رقم Cultivar	عملکرد Yield ($kg.ha^{-1}$)		کارایی مصرف هلیوترمال HTUE ($kg.ha^{-1}$)		کارایی مصرف حرارت TUE ($kg.ha^{-1}$)	
	آلوده به علف هرز Weed infested	عاری از علف هرز Weed free	آلوده به علف هرز Weed infested	عاری از علف هرز Weed free	آلوده به علف هرز Weed infested	عاری از علف هرز Weed free
آگریا Agria	36960^{c}	58343^{c}	2.23^{b}	3.52^{c}	23.42^{b}	3695^{c}
جلی Jeli	37445^{b}	66288^{b}	2.26^{b}	4^{b}	23.73^{b}	42^{b}
لیدی‌رزتا Lady Rosetta	47416^{a}	72619^{a}	2.86^{a}	4.38^{a}	30.04^{a}	46.02^{a}

میانگین‌های داری حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری باهم در سطح ۵ درصد ندارند
The averages of common letters in each column do not have a significant difference at the 5% level.

سپاسگزاری

از تمامی عزیزانی که در طول انجام این پروژه مرا یاری کرده‌اند، بویژه همکاران ارجمند در بخش‌های مختلف مزرعه‌ای و آزمایشگاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی کمال تشکر و قدردانی را دارم.

References

Ahmadi, M., Mohammaddost-chamanabad, H.R., Farzaneh, S., and Asghari, A. (2019). Life cycle study of Amaranthus retruflexus and Visia villosa based on degree-days of growth. *2nd International Conference on Medicinal Plants, Organic Farming, Natural and Medicinal Materials in Mashhad*. 1-947. (In Persian)

Benvenuti, S., Dinelli, G., Bonetti, A., and Catizone, P. (2005). Germination. Ecology. Emergence and host detection in Cuscuta campestris. *Weed Res*. 45. 270-278 https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2005.00460.x

Biswas, U., Kundu, A., Labar, A., Datta, M.K., and Kundu, C.K. (2017. Bio-efficacy and phytotoxicity of 2, 4-D Dimethyl Amine 50% SL for weed control in potato and its effect on

succeeding crop emergencegram. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11), 1261-1267. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.150

Busnello, F., Boff, J., Agostinetto, M.I.C., Souza, L., & Boff, P. (2019). Potato genotypes reaction to early blight and late blight in organic cultivation. *Ciencia Rural*, 49(3), 1-8.

Darabi, A. (2019). Study on the agro-meteorological indices at different phenological stages and yield of new potato cultivars in winter planting. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50, 769-778. (In Farsi).

Forcella, F., Benech-Arnold, R., Sanchez, R., Ghersa, C. (2000). Modeling seedling emergence. *Field Crop Res*, 67, 123-139 https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00088-5

Grijesh, G.K., Kumara Swamy, A.S., Sridhara, S., Dinesh Kumar, M., Vageesh T.S., and Nataraju, S.P. (2011). Heat use efficiency and helio thermal units of maize genotypes as influenced by date of sowing under the Southern transitional zone of Karnataka state. *International Journal of Science and Nature*, 2, 529-533.

Jones, J.W., Hogenboom, G., Porter, C.H., Bootee, K.J., Batchlore, W.D., Haunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijman, A., and Ritchie, T. (2003). The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*, 18, 235-265. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00107-7

Keyhani, A., and Saneinjad, A. (2015). Growth and yield response to different nitrogen levels in potato plant. *Journal of Crops Improvement*, 17(3), 583-593. (In Persian)

Khajehpur, M. (2006). Industrial plants. Isfahan University of Technology Press, 564p.(In Persian) https://doi.org/10.22059/jci.2015.54456

Khan, V. (2019). Evaluation of potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes for yield and phenotypic quality traits under a subtropical climate. *Academia Journal of Agricultural Research*, 6(4), 079-085.

KleinKopf, G.E., Brandt T.L., and Olsen, N. (2003). Physiology of tuber bulking. In: Proceeding of the Idaho Potato Conference. The USA.

Kumar, N., Kumar, S., Main A.S., and Royo, S. (2014). Thermal indices to crop phenology of wheat (*Triticumae stivum* L.) and urd (*Vigna mungo hepper* L.) at Taria region of Uttarakhand. Mausam, 65: 215-218.

Maji, S., Bhowmick, M., Chakraborty, P., Jena, S., Dutta, S.K., Nath, R., Bandyopadhyay P., and 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.

Norsworthy, J., and Oliveira, M.J. (2007). A Model for predicting common cocklebur (*Xanthium strumarum*) emergence in soybean. *Weed Sci*, 55, 341-34 https://doi.org/10.1614/WS-06-185

Russele, M.P., Wilhelm, W.W., Olson, R.A., and Power, J.F. (1984). Growth analysis based on degree days. *Crop Sci*, 24, 28-32 https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400010007x

Singh, C., Singh, P., and Singh, R. (2013). Modern techniques of raising field crops. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi. pp. 501.

Tester, M., and Langridge, P. (2010). Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science*. 327: 818–822. doi: 10.1126/science.1183700