Plant Prod., 2022, 45(2), 229-240
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/PPD.2021.31878.1852
Received: 6 January 2020
Accepted: 17 February 2021

Plant Productions
Research Article

Investigating of Yield and Quality Characteristics of Potato with Early Cultivation in Mashhad Weather Conditions

Ahmad Neazami[1]*, Jafar Nabati[2], Mohammad Kafi[3], Javad Shabahang[4]

1- Professor, Department of Arotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Assistant Professor, Department of Legum, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3- Professor, Department of Arotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4- Instructor, Department of Arotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Citation: Neazami, A., Nabati, J., Kafi, M., & Shabahang, J. (2022). Investigating of yield and quality characteristics of potato with early cultivation in Mashhad weather conditions. *Plant Productions*, 45(2), 229-240.

Abstract

Introduction

Determination of the most suitable time for crop planting is one of the basic requirements to gain the highest yield and income. Planting date is one of the most important factors in growth, development and yield production in potato planting effects of temperature fluctuations on growth and tuber abnormality and inappropriate quality comes from the special features of the that region being uncontrolled by farmers.

Materials and Methods

This study was conducted in 2015-2016 in research station of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad as split-plot based on Complete Randomized Block Design with three replications. Treatments were combination of four planting dates (March 5th, March 19th, April 3th and May 4th) as main plot and three potato cultivars (Agria, Fontane and Sante) as sub-plots. Harvesting was done 90 days after 50% of emergence.

Results and Discussion

Number of stem per plant as one of the effective potato yield components was not affected by planting date. Results indicated that as planting date was delayed from March 5th to May 4th, leaf area index was increased by 64 and 85% in two cultivars of Agria and Fontane while a decreasing trend of this parameter was observed in Sante. Number of tubers per plant was

* **Corresponding Author:** Ahmad Neazami
E-mail: Nezami@um.ac.ir

© 2022 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

decreased by delaying planting date from March 5th to May 4th except in Fontane in which number of tubers per plant was increased in April 3th and was reduced thereafter. The highest and lowest tuber yield with a difference of 12391kg.ha^{-1}was found in April 3th and March 19th, respectively and was observed in Fontane cultivar. Tuber dry matter percentage of Agria was increased as planting date delayed while it was increased till April 3th and reduced in Fontane. The highest (22.13) and lowest (18.50) tuber dry matter percentage of Sante was found in March 5th and 19th, respectively. An increasing trend of potato tuber specific weight was observed with delaying planting date in a way that the highest and lowest mean of this parameter was found in March 19th and May 4th, respectively. No significant difference was observed between Agria and Fontane in different planting dates according to reduced sugars content of tubers. Total antioxidant and starch of potato tubers was increased in all three cultivars as planting date was delayed and reduction sugar decreased by delayed in planting date.

Conclusion

The number of tubers per plant as well as the number of tuber <30mm per plant decreased with the delay in planting dates, which was affected by the photoperiods of the growing season. Although the tuber yield decreased with delay in planting dates, but the percentage of marketable tubers was higher in late planting dates than in early planting. Late planting dates were better than early plantings. Sante showed a better performance in early planting dates compared to the two other cultivars, producing more marketable tubers with higher quality and dry matter percentage. Generally, it could be concluded that in Mashhad weather conditions, Sante is more appropriate for early planting compared to Agria and Fontane but its superiority is lost when planting date is delayed.

Keywords: Dry matter percentage, Reduction sugar, Starch, Total antioxidant

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۱، ۴۵(۲)، ۲۴۰-۲۲۹
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/PPD.2021.31878.1852
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۹

تولیدات گیاهی

مقاله پژوهشی

بررسی عملکرد و ویژگی‌های کیفی سیب‌زمینی در کشت زودهنگام در شرایط آب و هوایی مشهد

احمد نظامی[۱]*، جعفر نباتی[۲]، محمد کافی[۳]، جواد شباهنگ[۴]

۱- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، مشهد، ایران
۲- استادیار، گروه بقولات، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ا مشهد، ایران
۴- مربی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

کشت زودهنگام سیب‌زمینی برای کاهش خلاء تولید این محصول در انتهای فصل بهار در ایران دارای اهمیت می‌باشد. به منظور امکان تولید سیب‌زمینی با کشت‌زود هنگام با استفاده از آزمایش کرت‌های خردشده در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۹۵-۱۳۹۴ در مشهد اجرا شد. چهار تاریخ کاشت، ۱۵ اسفندماه، ۲۹ اسفندماه، ۱۵ فروردین‌ماه و ۱۵ اردیبهشت‌ماه به‌عنوان عامل اصلی و سه رقم سیب‌زمینی اگریا، فونتانه و سانته به‌عنوان عامل فرعی بودند. در رقم اگریا و فونتانه با تأخیر در کاشت سطح برگ افزایش در رقم سانته تا ۱۵ فروردین روند کاهشی و پس‌ازآن افزایشی بود. تعداد غده در بوته با تأخیر در کاشت از ۱۵ اسفندماه تا ۱۵ اردیبهشت‌ماه اگریا، فونتانه و سانته به‌ترتیب۵۱، ۷۲ و ۸۳ درصد کاهش یافت. بیشترین و کمترین عملکرد کل غده به‌ترتیب در فونتانه در تاریخ کاشت ۱۵ اسفندماه و ۲۹ اسفندماه با اختلاف ۱۴۵۹۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. درصد ماده خشک غده در اگریا با تأخیر در کاشت روند صعودی داشت، در فونتانه این روند تا تاریخ کاشت ۱۵ فروردین‌ماه افزایشی و پس‌ازآن کاهش یافت، اما در سانته بیشترین و کمترین درصد ماده خشک به‌ترتیب در تاریخ کاشت ۱۵ اسفندماه (۲۲/۱۳) و ۲۹ اسفندماه (۱۸/۵۰) به‌دست‌آمد. در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت‌ماه بیشترین مقدار درصد نشاسته و آنتی‌اکسیدانت کل در اگریا و فونتانه مشاهده شد ولی در رقم سانته بیشترین مقدار این ویژگی‌ها به‌ترتیب در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین‌ماه و ۲۹ اسفندماه به‌دست‌آمد. به‌طورکلی سانته نسبت به کاشت زودهنگام واکنش بهتری نشان داد عملکرد بیشتری تولید کرد.

کلیدواژه‌ها: آنتی‌اکسیدانت کل، درصد ماده خشک، قندهای احیاء، نشاسته

* **نویسنده مسئول:** احمد نظامی
رایانامه: Nezami@um.ac.ir

© 2022 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) چهارمین محصول زراعی مهم دنیا (بعد از برنج، گندم و ذرت) ازنظر تولید است (Barker and Dale, 2006). در سراسر دنیا سالانه بیش از ۳۷۶ میلیون تن سیب‌زمینی در ۱۹/۲ میلیون هکتار تولید می‌گردد (FAO, 2016). سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران حدود ۱۵۹ هزار هکتار و میزان سطح زیر کشت در خراسان رضوی حدود ۵۹۰۰ هکتار است (Anonymous, 2016).

برای هر محصول زراعی تعیین زمان مناسب برای کاشت یکی از نیازهای پایه‌ای برای کسب حداکثر عملکرد و درآمد است (Jamro et al., 2015). در سیب‌زمینی یکی از عوامل مهم در رشد، نمو و عملکرد، تاریخ کاشت است. تاریخ کاشت نامناسب باعث افزایش خسارت عوامل اقلیمی، بیماری‌ها و ناهنجاری‌های غده به محصول می‌شود. تبخیر بالای گیاه در فصل رشد گرم، نیاز آبی محصول را افزایش می‌دهد و در صورت عدم تامین این نیاز، تنش خشکی باعث کاهش عملکرد خواهد شد؛ بنابراین تاریخ کاشت مناسب شرایط در جهت تولید غده تغییر داد، می‌توان از خسارت حاصل بر کیفیت غده‌های تولیدی ممانعت کرده و در ضمن کمیت تولید را ارتقاء بخشید (Haile et al., 2015).

تاریخ کاشت عمدتاً به شرایط آب و هوایی بستگی دارد. کشت بسیار زودهنگام سیب‌زمینی به‌خصوص در نواحی با نوسانات ناگهانی دمای پایین مخاطراتی را در پی دارد. به‌طوری‌که سردی نسبی هوا و خاک در ابتدای فصل رشد می‌تواند موجب کاهش سرعت رشد جوانه‌های روی غده سیب‌زمینی، حمله عوامل بیماری‌زای گیاهی به غده‌های کاشته شده و پوسیدگی آن‌ها و درنتیجه استقرار نامناسب بوته‌ها در مزرعه و تراکم گیاهی نامطلوب شود. بدیهی است که وقوع چنین وضعیتی در مزرعه سبب کاهش عملکرد خواهد شد (Darabi and Salehi, 2017). به تعویق افتادن کشت سیب‌زمینی از تاریخ کاشت مناسب نیز منجر به کاهش عملکرد غده، به دلیل کوتاه شدن دوره رشد، می‌شود (Kawakami et al., 2005). از دوره‌های بحرانی رشد در سیب‌زمینی مرحله غده‌بندی می‌باشد که بیشترین حساسیت را به تغییرات درجه حرارت و طول روز دارد که با انتخاب تاریخ کاشت مناسب می‌توان از برخورد مرحله فوق با دمای زیاد جلوگیری نمود (Gregory, 1965).

مطالعات نشان داده است که تغییر در تاریخ کاشت سیب‌زمینی بسته به منطقه تأثیرات متفاوتی در عملکرد و اجزای عملکرد این محصول زراعی دارد. محققان اظهار داشتند که در منطقه قصرشیرین بهترین تاریخ کاشت دی‌ماه تا بهمن‌ماه است (Arji et al., 2013). بررسی سه تاریخ کاشت ۱۴ ماه می، پنجم ماه ژوئن و ۲۶ ماه جولای بر عملکرد رقم کیتاکاری در منطقه ساپورو ژاپن نشان داد که با تأخیر در تاریخ کاشت عملکرد کاهش می‌یابد (Kawakami et al., 2005). نتایج پژوهش در مناطق گرمسیر خوزستان نشان داد به‌منظور اجتناب از خسارت یخبندان در کشت زمستانهٔ سیب‌زمینی باید از کاشت این محصول قبل از دی‌ماه اجتناب کرد و رقم ساوالان مناسب‌ترین رقم برای این کشت توصیه گردید (Darabi and Salehi, 2017) بررسی اثر چهار تاریخ کاشت از اول اردیبهشت‌ماه تا ۱۵ خردادماه بر عملکرد و خصوصیات زراعی دو رقم ساوالان و اگریا در مناطق سردسیر کشور مانند اردبیل نشان داد که عملکرد سه تاریخ کاشت اول تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی عملکرد در تاریخ کاشت ۱۵ خردادماه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Hassanpanah et al., 2009).

سیب‌زمینی تولید شده در مناطق معتدله کشور در پاییز و اوایل زمستان به مصرف رسیده و بعد از این زمان خلأ این محصول در بازار وجود دارد. در بیشتر نقاط کشور ه جز نقاط گرمسیر تاریخ کشت غالب برای سیب‌زمینی از ابتدا تا انتهای خردادماه است و برداشت آن در دهه‌ی آخر شهریور آغاز می‌گردد. تأمین سیب‌زمینی در فصل بهار و تابستان برای صنایع و تازه خوری با مشکل مواجه می‌گردد؛ بنابراین امکان دارد با کشت زودهنگام و بهره‌گیری از نزولات جوی در طی فصل بهارتا حدی به تأمین سیب‌زمینی در این فصل کمک کرد. بر اساس بررسی منابع صورت گرفته تاکنون مطالعه‌ای در مورد اثر تاریخ کاشت زودهنگام در این منطقه گزارش نشده است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴ با استفاده از آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار تاریخ کاشت، ۱۵ اسفندماه، ۲۹ اسفندماه، ۱۵ فروردین‌ماه و ۱۵ اردیبهشت‌ماه (شاهد) به‌عنوان کرت اصلی و سه رقم سیب‌زمینی اگریا (Agria)، فونتانه (Fontane) و سانته (Sante) به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. رقم اگریا نیمه دیررس، بیضی شکل با رنگ گوشت زرد، رقم فونتانه نیمه دیررس، بیضی شکل با رنگ گوشت زرد و رقم سانته نیمه زودرس، گرد با رنگ گوشت زرد روشن می‌باشند (Agrico, 2020).

بذر مورد نیاز از شرکت طلایه بذر آریا تهیه و اندازه غده‌ها بین قطر ۵۰ تا ۶۰ میلی‌متر بود. با توجه به فواصل زمانی

تاریخ‌های کاشت و پرهیز از اثر احتمالی آن بر سن فیزیولوژیک غده‌ها، غده‌های مورد نیاز برای هر تاریخ کاشت حدود ۲۰ روز قبل از کاشت از سردخانه (چهار درجه سانتی‌گراد) خارج شدند. بعد از خروج از سردخانه، غده‌ها ابتدا به مدت دو هفته در جعبه در تاریکی در دمای ۱۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد گرفتند، تا نیش بزنند. سپس غده‌ها به مدت حدود یک هفته در معرض نور کافی و همان دما قرار داده شدند به‌طوری‌که در زمان کاشت، غده‌ها از نظر سن فیزیولوژیک در شرایط سنی جوانه‌زنی معمولی و دارای ۵-۳ جوانه سبز ۱/۵-۱ سانتی‌متری بودند.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق در پاییز و دیسک در زمان کاشت و ایجاد جوی و پشته با فاصله ۷۵ سانتی‌متر صورت گرفت. غده‌های یکنواخت ازنظر اندازه در روی ردیف‌هایی با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در خطوطی با طول ۵/۱ متر در تاریخ‌های ذکر شده کشت شدند. میزان کودهای مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، پس از آماده کردن زمین تعیین و اعمال شد (Nityamanjari, 2018). نیتروژن از منبع اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت نیمی هم‌زمان با کاشت و بقیه به‌صورت سرک چهار هفته پس از سبز شدن و قبل از خاک‌دهی، فسفر از منبع فسفات آمونیوم (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) هم‌زمان با کاشت و پتاسیم از منبع نیترات پتاسیم (۱۰۰ کیلو در هکتار) هم‌زمان با کاشت تأمین شد.

آبیاری به‌صورت نشتی و به‌صورت هفتگی انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت یک‌بار سم‌پاشی با علف‌کش سنکور (پودر وتابل ۷۰ درصد) به میزان یک کیلوگرم در هکتار قبل از ظهور بوته‌های سیب‌زمینی و دو بار به‌صورت وجین دستی صورت گرفت.

در طول فصل رشد زمان سبز شدن هر یک از تیمارها ثبت گردید. برداشت ارقام آگریا و فونتانه ۹۰ روز و رقم سانته ۷۰ روز پس از ۵۰ درصد سبز شدن انجام شد. در انتهای فصل رشد قبل از برداشت غده‌ها صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته (پنج بوته)، سطح برگ (با استفاده از دستگاه Leaf area meter مدل (Dela areameter(Made in England)، وزن تر و خشک (پس از ۴۸ ساعت قرارگیری در دمای ۸۰ درجه سلسیوس) اندام هوایی تعیین گردید. پس از حذف حاشیه برداشت غده‌ها در سطح دو مترمربع انجام و تعداد غده در بوته، عملکرد غده در واحد سطح، درصد غده‌های پوسیده تعیین شد. در ادامه دسته‌بندی غده‌ها بر اساس اندازه انجام شد به‌طوری‌که با اندازه‌گیری قطر عرضی (کوچک)، غده‌ها در دو دسته کوچک‌تر از ۳۰ میلی‌متر (غده‌های غیر قابل‌فروش) و بزرگتر از ۳۰ میلی‌متر (غده‌های قابل‌فروش) دسته‌بندی شدند. درصد ماده خشک غده با خشک کردن غده‌ها در آون و توزین آن‌ها قبل و بعد از قرارگیری در آون انجام شد. وزن مخصوص غده‌ها از طریق غوطه‌ور شدن آن‌ها در آب (استوانه مدرج) و با استفاده از رابطه (۱) تعیین شد (Smith, 1975).

رابطه (۱)

((وزن غده در هوا – وزن غده در آب) / (وزن غده در هوا) = وزن مخصوص غده

درصد نشاسته غده‌ها با استفاده رابطه (۲) محاسبه شد (Burton, 1948).

رابطه (۲)

(۱/۰۹۸۸ – وزن مخصوص غده) ۱۹۹/۰۷ + ۱۷/۵۴۶ = درصد نشاسته

غلظت فنل کل در نمونه غده سیب‌زمینی بر اساس معرف فولین شیوکالتو (Singleton and Rossi, 1965) تعیین شد. میزان فنل کل بر اساس جذب در طول موج ۷۶۵ نانومتر و استاندارد گالیک اسید بر حسب میلی‌گرم در گرم ماده خشک تعیین شد. میزان مهار فعالیت رادیکال (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) DPPH غده بر اساس روش (Abe et al., 1998) و محلول استاندارد اسید آسکوربیک در طول موج ۶۷۵ نانومتر تعیین شد. درصد قندهای احیاء بر اساس روش (Ross, 1959) اندازه‌گیری شد. قابلیت انبارداری غده‌ها با قرارگیری آن‌ها در سردخانه و توزین غده‌ها انجام و درصد کاهش وزن غده، درصد غده پوسیده و درصد جوانه‌زنی غده‌ها در انتهای دوره انبارداری (شش‌ماه) تعیین شد.

اطلاعات هواشناسی در طول دوره رشد در جدول (۲) ارائه شده است.

Table 1. Main physicochemical properties of the soil (0-30cm) at the study site

Texture	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	Bulk density ($g.cm^{-3}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	P ($mg.kg^{-1}$)	Total Nitrogen (%)	Organic Carbon (%)
Loam clay	1.31	7.65	1.65	126	9	0.13	1.27

Table 2. Month average of minimum and maximum temperatures in during growing season 2016 in Mashhad

Month	March		April		May		June		July		Agust	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Average temperatures (°C)	17.1	7.1	19.5	7.8	27.9	14.6	33.0	18.1	35.4	20.9	34.5	19.5

داده‌های حاصل به‌وسیله نرم‌افزار Minitab 16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته رقم اگریا در تمامی تاریخ‌های کاشت نسبت به دو رقم دیگر از برتری نسبی برخوردار بود. بین تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه در این رقم تفاوت معنی‌دار مشاهده شد و با تاخیر در کاشت ارتفاع بوته افزایش یافت (جدول ۳ و ۴). رقم فونتانه در دو تاریخ کاشت ۱۵ فروردین‌ماه و ۱۵ اردیبهشت‌ماه نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر از ارتفاع بوته بیشتری برخوردار بود. ارتفاع بوته در رقم سانته تحت تأثیر تاریخ کشت‌های مختلف قرار نگرفت و بین ارقام نیز کمترین ارتفاع بوته مربوط به این رقم بود به‌طوری‌که ۲۸ سانتی‌متر از رقم اگریا و هفت سانتی‌متر از رقم فونتانه ارتفاع کمتری داشت (جدول ۵).

یکی از عوامل محیطی مؤثر بر ارتفاع بوته در گیاهان حساس، طول روز است. از ابتدای فصل زمستان تا انتهای فصل بهار در نیمکره شمالی طول روز روند افزایشی دارد. با تغییر در طول روز میزان فیتوکروم قرمز به قرمز دور تغییر کرده و گیاهانی که حساس به این تغییرات باشند ارتفاع آن‌ها نیز تغییراتی خواهد داشت (Adams and Langton, 2005). به‌طورکلی سیب‌زمینی نسبت به طول روز حساس و روز کوتاه است و در این بین واکنش ارقام سیب‌زمینی متفاوت می‌باشد (Wolf et al., 1990). در این مطالعه بیشترین و کمترین تغییرات ارتفاع بوته به تاریخ کاشت را به‌ترتیب رقم سانته و اگریا نشان دادند.

تعداد ساقه در بوته به‌عنوان یکی از اجزای مؤثر در عملکرد سیب‌زمینی تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نگرفت، اما در بین ارقام، رقم فونتانه نسبت به رقم اگریا و سانته به‌ترتیب ۳۵ و ۴۳ درصد تعداد ساقه کمتری در بوته تولید کرد و بین رقم اگریا و سانته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

از دیدگاه تولید تجاری، یکی از راه‌های بهره‌وری بالقوه، تنظیم تولید غده در سیب‌زمینی و جلوگیری از رشد بوته‌های تک ساقه است که این مهم بستگی به رقم و شرایط آماده سازی غده قبل از کشت دارد (Knowles and Knowles, 2006). به همین منظور قبل از کاشت با از بین بردن غالبیت انتهایی غده مادری اجازه داده می‌شود تا چشم‌های جانبی فعال شده و تعداد ساقه بیشتری تولید گردد. در مطالعات پیشین با تأخیر در کاشت تعداد ساقه در بوته سیب‌زمینی افزایش پیدا کرد، محققان دلیل این تغییرات را افزایش دمای خاک و شرایط مطلوب‌تر از نظر فیزیولوژیکی جهت بیدار شدن جوانه‌های غده برای تولید ساقه ذکر کرده‌اند (Farooq et al., 1995).

Table 3. Effect of planting date on some study traits of three potato cultivars in weather condition of Mashhad

Traits	Planting date			
	5-Mar	19-Mar	3-Apr	4-May
Plant height (cm)	43.74b	50.65ab	51.24a	51.48a
Leaf area index	0.63b	0.49b	0.50b	0.89a
Tuber per plant	9.48a	8.59a	8.14a	5.67b
Number of tuber <30mm per plant	4.50a	4.64a	3.85a	1.72b
Total tuber yield (kg.ha^{-1})	29035a	21774b	26289ab	24378ab
Marketable tuber (%)	85.67bc	82.07c	87.50b	92.89a
Tuber dry matter %	19.03a	17.66b	18.79ab	18.39ab
Tuber dry matter yield (kg.ha^{-1})	5420a	3851b	4921ab	4486ab
Tuber specific gravity	1.147b	1.152ab	1.168ab	1.177a
Starch (%)	10.53b	13.07ab	15.05ab	16.86a
Total antioxidant (mg.gfw^{-1} tuber)	0.101b	0.112ab	0.109ab	0.148a

Means with same letter in each traits are not significantly different based on Least Significant Difference (P≤0.05).

Table 4. Effect of variety on some study traits of three potato cultivars in weather condition of Mashhad

Traits	Agria	Fontane	Sante
Stem per plant	2.48a	1.84b	2.63a
Plant height (cm)	65.42a	44.46b	37.96c
Leaf area index	0.94a	0.59b	0.34c
Shoot dry weight (ton.ha^{-1})	1.82a	1.21b	0.56c
Tuber per plant	8.36a	8.59ab	6.96b
Number of tuber <30mm per plant	4.16a	4.04a	2.82b
Marketable tuber (%)	85.12b	85.85b	90.12a
Tuber dry matter %	17.79b	17.76b	19.85a
Tuber loss weight in cold room (%)	5.70a	5.71a	3.64b
Total antioxidant (mg.gfw^{-1} tuber)	0.132a	0.122ab	0.099b

Means with same letter in each traits are not significantly different based on Least Significant Difference (P≤0.05).

Table 5. Effect of planting date on stem per plant, plant height, leaf area index and shoot dry weight on three potato cultivars in weather condition of Mashhad

Traits	Variety	Planting date			
		5-Mar	19-Mar	3-Apr	4-May
Stem per plant	Agria	2.13b-d	2.47a-c	2.80ab	2.53a-c
	Fontane	1.53d	2.10b-d	1.87cd	1.87cd
	Sante	3.18a	2.53a-c	2.47a-c	2.33a-d
Plant height (cm)	Agria	62.34ab	67.00a	64.44ab	67.89a
	Fontane	41.00cd	40.56cd	48.94bc	47.33bc
	Sante	27.89d	44.39cd	40.33cd	39.22cd
Leaf area index	Agria	0.91b	0.58bc	0.80b	1.49a
	Fontane	0.46bc	0.59bc	0.47bc	0.85b
	Sante	0.52bc	0.30c	0.22c	0.32c
Tuber per plant	Agria	9.44ab	9.78a	7.98ab	6.25ab
	Fontane	10.20a	7.93ab	10.29a	5.94ab
	Sante	8.80ab	8.06ab	6.16ab	4.81b
Total tuber yield ($kg.ha^{-1}$)	Agria	31930a	23552ab	25196ab	24740ab
	Fontane	32585a	17991b	30382ab	26251ab
	Sante	22590ab	23778ab	23289ab	22144ab
Marketable tuber (%)	Agria	84.33ab	82.41ab	81.92ab	91.82ab
	Fontane	81.67ab	79.97b	88.64ab	93.13a
	Sante	91.00ab	83.82ab	91.93ab	93.71a
Tuber dry matter %	Agria	17.73bc	16.97c	18.00bc	18.47bc
	Fontane	17.23bc	17.50bc	18.37bc	17.93bc
	Sante	22.13a	18.50bc	20.00ab	18.77bc
Starch (%)	Agria	13.20ab*	13.20ab	13.84ab	15.92ab
	Fontane	11.69ab	11.35ab	11.22ab	17.32ab
	Sante	6.70b	14.65ab	20.09a	17.32ab
Reduction sugar ($mg.gfw^{-1}$)	Agria	2.365ab	2.105ab	1.672ab	3.814ab
	Fontane	3.018ab	2.305ab	3.123ab	3.624ab
	Sante	4.554ab	4.925a	2.290ab	1.502b

*Means with same letter in each traits are not significantly different based on Least Significant Difference (P≤0.05).

با توجه به این‌که در این مطالعه اندازه غده‌ها یکسان در نظر گرفته شد و شرایط جوانه‌دار کردن غده‌ها قبل از کاشت نیز فراهم گردید، غالبیت انتهایی غده‌ها شکسته و هر رقم با توجه به پتانسیل خود ساقه تولید کرد و نتایج نیز حاکی از توانایی کمتر رقم فونتانه نسبت به دو رقم دیگر از نظر تولید ساقه در بوته بود و تاریخ کاشت‌های مختلف که مهم‌ترین تفاوت آن‌ها در زمان کاشت تفاوت دمای محیط بود تأثیری بر این ویژگی نداشت.

نتایج نشان داد که دو رقم اگریا و فونتانه با تأخیر در کاشت از ۱۵ اسفندماه تا ۱۵ اردیبهشت‌ماه به‌ترتیب ۶۴ و ۸۵ درصد شاخص سطح برگ بیشتری تولید کردند. برخلاف دو رقم یاد شده در رقم سانته با تأخیر در کاشت از ۱۵ اسفندماه تا ۱۵ اردیبهشت‌ماه شاخص سطح برگ روند کاهشی نشان داد اما این تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۵). در گیاهان زراعی به‌ویژه محصولات غده‌ای به‌شرط محدود نبودن مخزن (غده) افزایش میزان تولیدات فتوسنتزی منجر به افزایش عملکرد خواهد شد (Katoh et al., 2015). از طرف دیگر افزایش میزان تولیدات فتوسنتزی وابسته به مبدأ (سطح فتوسنتزکننده) یا شاخص سطح برگ است (Katoh et al., 2015). بررسی رشد برگ‌های سیب‌زمینی تحت تأثیر فتوپریود نشان داده است که در روزهای بلند تولید مقدار برگ افزایش می‌یابد اما اندازه برگ‌ها به‌صورت انفرادی کاهش یافت (Ezekiel and Bhargava, 1991). در این پژوهش رقم اگریا که از ارتفاع بوته بیشتری برخوردار بود سطح برگ بیشتری نیز تولید کرد و رقم سانته با وجود تعداد بیشتر ساقه در بوته نسبت به رقم فونتانه اما به دلیل ارتفاع کمتر، شاخص سطح برگ کمتری تولید کرد.

بین ارقام سیب‌زمینی مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از نظر زیست‌توده اندام هوایی وجود داشت. رقم اگریا بیشترین و رقم سانته کمترین وزن خشک اندام هوایی را تولید کردند که اختلاف این دو رقم ۱/۲۶ تن در هکتار ماده خشک بود (جدول ۴).

تاریخ کاشت سیب‌زمینی در هر منطقه یکی از عواملی است که نقش مهمی در کارایی تولید این محصول دارد. تاریخ کاشت مناسب موجب می‌شود که تمام مراحل رشدی منطبق با شرایط محیطی مطلوب برای گیاه باشد (Taheri and Shamabadi, 2013). رقم اگریا که در بین ارقام بیشترین وزن خشک اندام هوایی را تولید کرد و از ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ بیشتری نیز برخوردار بود. رقم سانته که کمترین مقدار وزن خشک اندام

هوایی را دارا بود در بین صفات مؤثر بر این ویژگی، از نظر تعداد ساقه در بوته مشابه رقم اگریا بود، اما این صفت به دلیل ارتفاع کم بوته نتوانست تأثیری بر افزایش وزن خشک اندام هوایی رقم سانته داشته باشد.

تعداد غده بوته در تمامی ارقام با تأخیر در کاشت از ۱۵ اسفندماه به ۱۵ اردیبهشت‌ماه روند کاهشی داشت به‌جز رقم فونتانه که در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین‌ماه تعداد غده در بوته افزایش نشان داد و پس‌ازآن کاهش یافت (جدول ۵). میزان کاهش تعداد غده در بوته در با تأخیر در کاشت از ۱۵ اسفندماه تا ۱۵ اردیبهشت‌ماه در ارقام اگریا، فونتانه و سانته به‌ترتیب ۵۱، ۷۲ و ۸۳ درصد بود (جدول ۵). بیشترین و کمترین تعداد غده در بوته به‌ترتیب در رقم فونتانه در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین ماه و در رقم سانته در ۱۵ اردیبهشت‌ماه با اختلاف ۵/۵ غده در بوته مشاهده شد (جدول ۵). توانایی تولید غده در بوته به تعداد ساقه در بوته، طول روز و هم‌چنین خصوصیات وراثتی ارقام بستگی دارد. به‌طور ژنتیکی، ضریب تکثیر به‌ترتیب در رقم سانته بیشتر از رقم فونتانه و رقم فونتانه بیشتر از رقم اگریا است (Getahun, 2017).

در گیاه سیب‌زمینی تولید تعداد غده در بوته در طول روزهای کوتاه بیشتر از طول روزبلند است، زیرا در روزهای بلند میزان جیبرلین در گیاه بیشتر از سایتوکنیین است و این هورمون عامل جلوگیری از تولید غده در بوته است (Bou-Torrent et al., 2011). با توجه به این‌که بر اساس تاریخ کاشت، تاریخ غده‌دهی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد، تاریخ استولن دهی و به‌تبع آن غده‌دهی گیاهان کشت شده در تاریخ ۱۵ اسفندماه زودتر از سایر تاریخ‌های کاشت خواهد بود و با عنایت به اینکه در این زمان، طول روز کوتاه‌تر است و میزان غده‌دهی در روزهای کوتاه بیشتر از روزهای بلند است (Cristina et al., 2014) درنهایت تعداد غده بیشتری نیز تولید می‌گردد.

نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد غده‌های بزرگ‌تر از ۳۰ میلی‌متر در بوته تفاوت معنی‌داری بین تاریخ‌های مختلف کاشت و ارقام مورد مطالعه مشاهده نشد. از طرف دیگر بین تاریخ‌های مختلف کاشت و ارقام از نظر تعداد غده‌های کوچک‌تر از ۳۰ میلی‌متر در بوته تفاوت معنی‌داری مشاهده شد.

با تأخیر در کاشت تعداد غده‌های کوچک‌تر از ۳۰ میلی‌متر در بوته روند کاهشی پیدا کرد به‌طوری‌که در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت‌ماه در تمامی ارقام کمترین مقدار این ویژگی نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت مشاهده شد (جدول ۳). رقم سانته نسبت به دو رقم اگریا و فونتانه به‌ترتیب ۴۸ و ۴۳ درصد تعداد غده‌های کوچک‌تر از ۳۰ میلی‌متر کمتری داشت (جدول ۴).

تشکیل غده در سیب‌زمینی پیچیده و تحت کنترل عوامل مختلفی قرار دارد، عوامل محیطی مانند فتوپریود، دما و کود نیتروژنه از عوامل مهم شناخته شده هستند (Krauss, 1985). روزهای کوتاه (هشت ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی) برای تشکیل غده در سیب‌زمینی مناسب بوده و در مقابل روزهای بلند (۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی) موجب تأخیر در این فرایند می‌شوند (Ewing and Struik, 1992).

مطالعات نشان می‌دهند که فتوپریود و مسیرهای وابسته به هورمون جیبرلین، غده‌دهی در سیب‌زمینی را کنترل (Martinez-Garcia et al., 2002). مقدار بالای جیبرلین در استولن‌ها در روزهای بلند و مقدار کم این هورمون در روزهای کوتاه القا می‌گردد (Machackova et al., 1998). در این مطالعه در تاریخ‌های کاشت زودهنگام تعداد غده در بوته به دلیل تشکیل غده در روزهای کوتاه بیشتر بود و با تأخیر در کاشت از تعداد غده در بوته به دلیل طولانی‌تر شدن روزها کاهش یافت. با کاهش تعداد غده در بوته میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به تعداد کمتری از غده‌ها موجب افزایش اندازه آن‌ها گردید و تعداد غده‌های کوچک‌تر از ۳۰ میلی‌متر در تاریخ‌های کاشت انتهایی کمتر بود.

عملکرد کل غده تولیدی تحت تأثیر تاریخ کاشت و برهمکنش تاریخ کاشت و رقم قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین و کمترین عملکرد کل غده به‌ترتیب در رقم فونتانه در تاریخ کاشت ۱۵ اسفندماه و ۲۹ اسفندماه با اختلاف ۱۴۵۹۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۵). عملکرد کل غده در رقم سانته ۱۵ درصد کمتر از رقم اگریا و ۱۷ درصد کمتر از رقم فونتانه بود و عملکرد غده این رقم تحت تاثیر تاریخ‌های مختلف قرار نگرفت (جدول ۴).

شرایط محیطی مانند طول دوره رشد گیاه، میزان سطح فتوسنتز کننده و درنهایت میزان جذب انرژی خورشید از عوامل مهم در ایجاد اختلاف بین تاریخ‌های مختلف کاشت و ارقام سیب‌زمینی است (Wolf et al., 1990). عملکرد غده وابسته به تعداد غده در بوته و وزن غده‌های تولید شده است. در این مطالعه بررسی همبستگی بین صفات نشان داد که بین عملکرد کل غده با تعداد غده‌های بزرگ‌تر از ۳۰ میلی‌متر ($r=۰/۷۰^{**}$) و تعداد غده در بوته ($r=۰/۴۰^{*}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند.

با تأخیر در کاشت از ۱۵ اسفندماه به ۱۵ اردیبهشت‌ماه درصد غده‌های قابل‌فروش افزایش معنی‌داری یافت، بااین‌وجود بین تاریخ کاشت‌های ۱۵ اسفندماه، ۲۹ اسفندماه و ۱۵ فروردین‌ماه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). میزان افزایش درصد غده‌های قابل‌فروش در ارقام اگریا، فونتانه و سانته با تأخیر در کاشت از ۱۵ اسفندماه به ۱۵ اردیبهشت‌ماه به‌ترتیب ۹، ۱۴ و ۳

درصد بود (جدول ۴). همان‌طور که قبلاً بیان شد تعداد غده در بوته در تاریخ‌های کاشت اولیه بیشتر از تاریخ‌کاشت‌های انتهایی بود (جدول ۳). از طرف دیگر بررسی عملکرد کل غده نشان داد که در تاریخ کاشت ۱۵ اسفندماه بیشترین عملکرد کل غده حاصل شد (جدول ۳). تعداد کمتر غده در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت‌ماه موجب شد تا به هر غده مواد فتوسنتزی بیشتری انتقال یابد و درنهایت افزایش وزن و اندازه را موجب گردید. اما در تاریخ کشت ۱۵ اسفندماه با وجود عملکرد کل غده بیشتر، تعداد بیشتر غده در بوته موجب گردید تا اندام‌های هوایی توانایی افزایش وزن و اندازه تمامی غده‌ها را نداشته باشند و درصد غده‌های قابل‌فروش آن‌ها کاهش یابد. البته نباید از این نکته غافل شد که بیشترین شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت‌ماه به دست آمد (جدول ۳)، که می‌تواند منجر به تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و به‌تبع آن انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به غده‌ها را باعث گردد (Wolf et al., 1990).

بررسی درصد ماده خشک غده نشان داد که در رقم اگریا با تأخیر در کاشت از ۱۵ اسفندماه تا ۱۵ اردیبهشت‌ماه درصد ماده خشک روند صعودی داشت. در رقم فونتانه این روند تا تاریخ کاشت ۱۵ فروردین‌ماه افزایشی و پس‌ازآن ۰/۴۴ درصد کاهش یافت. وضعیت درصد ماده خشک غده در رقم سانته با دو رقم دیگر متفاوت بود و بیشترین و کمترین درصد ماده خشک به‌ترتیب در تاریخ کاشت ۱۵ اسفندماه و ۲۹ اسفندماه به‌دست آمد (جدول ۵).

برآیند درصد ماده خشک غده و عملکرد آن عملکرد ماده خشک می‌باشد. در این مطالعه بین ارقام از نظر عملکرد ماده خشک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد اما بین تاریخ‌های مختلف کاشت تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک به‌ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۱۵ اسفندماه و ۲۹ اسفندماه با ۱۵۶۹ کیلوگرم در هکتار اختلاف مشاهده شد (جدول ۳). رقم اگریا و فونتانه به‌عنوان دو رقم سیب‌زمینی صنعتی مطرح می‌باشند اما رقم سانته به رقم غیر صنعتی معروف است. یکی از کلیدی‌ترین صفات متمایز کننده مصرف صنعتی از غیرصنعتی درصد ماده خشک غده سیب‌زمینی است. نکته قابل توجه در این مطالعه بالاتر بودن درصد ماده خشک رقم سانته نسبت به دو رقم دیگر در تاریخ‌های مختلف کاشت بود. از طرف دیگر روند افزایش ماده خشک در دو رقم اگریا و فونتانه با تأخیر در کاشت نشان داد که کاشت زودهنگام این ارقام در شرایط آب و هوایی مشهد موجب افت درصد ماده خشک غده می‌گردد ولی در رقم سانته این روند برعکس می‌باشد. به‌طورکلی افزایش دما موجب افزایش تنفس نگهداری و مصرف مواد فتوسنتزی بیشتر در گیاه می‌گردد (Timlin et al., 2006). در ارتباط با رقم سانته با توجه به اینکه بیشترین مقدار ماده خشک تولیدی در اولین تاریخ کاشت به‌دست‌آمد می‌توان عنوان کرد که این رقم زودرس‌تر از سایر ارقام بوده؛ بنابراین در اولین تاریخ کاشت تولید غده و انتقال مواد فتوسنتزی با گرمای کمتری برخورد کرده و میزان ماده خشک آن افزایش‌یافته است و با گرم شدن هوا در سایر تاریخ‌کاشت‌ها این روند کاهش‌یافته است اما در مورد دور رقم دیگر به دلیل دیررس بودن آن‌ها واکنش متفاوتی نشان دادند.

وزن مخصوص غده سیب‌زمینی با تأخیر در کاشت روند افزایشی نشان داد به‌طوری‌که بیشترین و کمترین وزن مخصوص غده به‌ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۱۵ اردیبهشت‌ماه و ۱۵ اسفندماه به دست آمد (جدول ۳). برهمکنش تاریخ کاشت و رقم نشان داد که بیشترین و کمترین وزن مخصوص غده به‌ترتیب در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین‌ماه و ۱۵ اسفندماه در رقم سانته مشاهده شد. بررسی روند تغییرات وزن مخصوص غده با تأخیر در کاشت در رقم اگریا افزایشی بود اما در رقم فونتانه ابتدا کاهش و درنهایت افزایش یافت و در رقم سانته با تأخیر در کاشت تا ۱۵ فروردین‌ماه این روند افزایشی بود و پس‌ازآن کاهش یافت با این وجود این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبود اما از نظر کیفی این مقدار تغییر دارای اهمیت بسیار زیادی است. تغییرات وزن مخصوص غده در سیب‌زمینی در ارقام مختلف از محدوده کوچکی برخوردار است اما این نوسانات کم تأثیر بسیار زیادی در کیفیت سیب‌زمینی از نظر مصرف آن دارد (Wang et al., 2017).

درصد غده‌های پوسیده در زمان برداشت در کشت زودهنگام سیب‌زمینی به دلیل برخورد زمان برداشت غده با دمایی بالای محیط از اهمیت خاصی برخوردار است. در این مطالعه زمان برداشت در تاریخ‌های مختلف کاشت برای ارقام اگریا و فونتانه ۹۰ روز و برای رقم سانته ۷۰ روز پس از ۵۰ درصد سبز شدن انجام شد، با وجود این‌که دمای هوا و به‌تبع آن خاک متفاوت و نسبت به برداشت این محصول در فصل پاییز بالاتر بود ولی از نظر درصد غده‌های پوسیده در زمان برداشت تفاوت معنی‌داری بین تاریخ‌های مختلف کاشت و ارقام مشاهده نشد (جدول‌های ۳ و ۴).

درصد کاهش وزن غده‌ها در سردخانه پس از شش ماه انبارداری نشان داد که در رقم اگریا و فونتانه با تأخیر در کاشت روند افت وزن غده کاهشی بود و تفاوت بین آن‌ها معنی‌دار بود اما در رقم سانته تفاوت معنی‌داری در تاریخ‌های مختلف کاشت از این نظر مشاهده نشد (جدول ۴). بیشترین و کمترین درصد افت وزن غده به‌ترتیب در رقم اگریا و سانته در تاریخ کاشت ۱۵ اسفندماه مشاهده شد (جدول ۴). سیب‌زمینی از محصولات زراعی نیمه فاسدشدنی است اما می‌توان آن را بیشتر از شش ماه در دمای ۳-۴ درجه سانتی‌گراد در سردخانه نگهداری کرد.

کاهش وزن غده‌های سیب‌زمینی به دلیل تنفس و تبخیر از غده صورت می‌گیرد اما کاهش وزن غده‌های سیب‌زمینی به دلیل تنفس بسیار کمتر از تبخیر است (Butchbaker et al., 1973). ارقام حساس کاهش وزن زیادی در مقایسه با دیگر ارقام دارند که این امر موجب کاهش سود نهایی برای تولیدکنندگان آن‌ها می‌گردد. بنابراین میزان افت در یک رقم باید به‌عنوان یک عامل مهم در فرایند ذخیره‌سازی مدنظر قرار گیرد. به همین دلیل مطالعات زیادی در ارتباط با علل افت در غده‌های سیب‌زمینی انجام شده است (De Freitas et al., 2012). از نتایج این مطالعه چنین استنباط می‌شود که رقم سانته را می‌توان به‌عنوان یک گزینه برای کشت زودهنگام در شرایط آب و هوایی مشهد در نظر گرفت زیرا درصد ماده خشک بالا و میزان افت کمتر در تاریخ کاشت ۱۵ اسفندماه نسبت به سایر ارقام دارد اما دو رقم اگریا و فونتانه با تأخیر در کاشت برتری‌های خود را نسبت به رقم سانته نشان دادند.

درصد نشاسته در رقم اگریا و فونتانه با تأخیر در کاشت از ۱۵ اسفندماه به ۱۵ اردیبهشت‌ماه به‌ترتیب ۲/۷۲ و ۵/۶۳ درصد افزایش یافت اما در رقم سانته با تأخیر در کاشت از ۱۵ اسفندماه به ۱۵ فروردین‌ماه درصد نشاسته ۱۳/۳۹ درصد افزایش یافت و پس‌ازآن روند کاهشی پیدا کرد. بیشترین و کمترین مقدار نشاسته غده در رقم سانته به‌ترتیب در تاریخ‌های کاشت‌های ۱۵ فروردین‌ماه و ۱۵ اسفندماه به‌دست آمد (جدول ۵).

به‌طورکلی تأخیر در کاشت ارقام موردبررسی موجب افزایش درصد نشاسته گردید اما میزان تغییرات در رقم سانته به نحوی بود که بعد از تاریخ کاشت ۱۵ فروردین درصد نشاسته کاهش یافت. نشاسته از مهم‌ترین مواد مغذی کالری‌زای سیب‌زمینی است و حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد از ماده خشک سیب‌زمینی را شامل شده و رابطه نزدیکی با وزن مخصوص آن دارد (Salunkhe and Desai, 1984). در این مطالعه نیز بین وزن مخصوص غده و درصد نشاسته همبستگی معنی‌داری (r=۰/۹۱**) مشاهده شد. دو جزء اصلی نشاسته شامل آمیلاز و آمیلوپکتین می‌باشند که نسبت آن‌ها یک به سه است (Salunkhe and Desai, 1984). قند تولید شده در برگ‌های سیب‌زمینی به بافت‌های در حال رشد منتقل شده توسط فعالیت پلیمراز آنزیم‌های سنتزکننده به نشاسته تبدیل می‌گردند (Fernie et al., 2002).

قندهای احیاء به‌عنوان عامل مؤثر در کیفیت سیب‌زمینی برای فرآوری محسوب می‌گردد. افزایش قندهای احیاء در غده موجب افزایش واکنش میلارد در هنگام سرخ کردن و کاهش کیفیت محصولات تولیدی می‌گردد (de Freitas et al., 2012). در مطالعه حاضر میزان قندهای احیاء در دو رقم اگریا و فونتانه در تاریخ‌های مختلف کاشت تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. بیشترین و کمترین میزان قندهای احیاء به‌ترتیب در رقم سانته در تاریخ‌های کاشت ۲۹ اسفندماه و ۱۵ اردیبهشت‌ماه با ۳/۲ برابر تفاوت مشاهده شد (جدول ۵). مهم‌ترین عامل مؤثر در تغییر میزان قندهای احیاء مانند ساکارز، فروکتوز و گلوکز در سیب‌زمینی دما است (Edwards et al., 2002). در این مطالعه با توجه به اندازه‌گیری قندهای احیاء بلافاصله پس از برداشت، با تأخیر در کاشت و همچنین تأخیر در برداشت میزان قندهای احیا در غده کاهش یافت که می‌توان آن را به دمای محیط در فصل برداشت و تغییرات انواع قندها نسبت داد.

ترکیب‌های فنلی به‌عنوان عوامل کاهش‌دهنده کیفیت محصولات صنعتی فرآوری شده سیب‌زمینی در این مطالعه تحت تأثیر رقم و تاریخ‌های مختلف کشت قرار نگرفتند (جدول ۳). فنل‌ها متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ارتباط با اکسیداسیون چربی‌ها دارند (Kaur and Kapoor, 2002). در غده‌های سیب‌زمینی غلظت ترکیب‌های عمده فنلی شامل گالیک اسید، کلروژنیک اسید و کافئیک اسید می‌باشند (Niggeweg et al., 2004). معمولاً فنل کل غده‌های سیب‌زمینی بلافاصله پس از برداشت بالاست و به‌تدریج در طی انبارداری روند کاهشی دارد (Kashif Sarfraz, 2012).

میزان آنتی‌اکسیدانت کل غده با تأخیر در کاشت افزایش یافت به‌طوری‌که بین کمترین (تاریخ کاشت ۱۵ اسفندماه) و بیشترین (تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت‌ماه) میزان آنتی‌اکسیدانت کل ۴۷ درصد تفاوت مشاهده شد (جدول ۳). در بین ارقام مورد مطالعه رقم اگریا نسبت به ارقام فونتانه و سانته به‌ترتیب هشت و ۳۳ درصد آنتی‌اکسیدانت کل غده بیشتری داشت (جدول ۴). سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان با افزایش تنش‌های محیطی فعال‌شده و گیاه را در مقابل گونه‌های اکسیژن فعال محافظت می‌کند. در این مطالعه با تأخیر در کاشت و افزایش دمای محیط میزان گونه‌های اکسیژن فعال افزایش‌یافته و گیاه جهت مدیریت آن‌ها فعالیت آنتی‌اکسیدانی را بالا برده است تا از خسارت‌های احتمالی را کاهش دهد (Dou et al., 2015).

نتیجه‌گیری

تعداد غده در بوته و همچنین تعداد غده‌های کوچک‌تر از ۳۰ میلی‌متر با تأخیر در کاشت کاهش یافت که متأثر از شرایط نوری فصل رشد بود. با وجود این‌که عملکرد کل غده با تأخیر در کاشت روند کاهشی داشت اما درصد غده‌های قابل‌فروش در تاریخ‌های کاشت انتهایی بیشتر از کاشت زودهنگام بود. رقم سانته نسبت به دو رقم اگریا و فونتانه به کاشت زودهنگام واکنش بهتری نشان داد و درصد غده قابل‌فروش بیشتری تولید کرد و از کیفیت و ماده خشک بیشتری برخوردار بود. به‌طورکلی بر اساس نتایج این مطالعه رقم سانته نسبت به ارقام اگریا و

فونتانه بـرای کشـت زودهنگـام در شـرایط آب و هـوایی مشـهد ترجیح داده می‌شود ولی بـا تـأخیر در کشـت برتـری خـود را از دست می‌دهد. در نهایت با توجـه بـه تغییـرات اقلیمـی کاشـت زودهنگام سیب‌زمینی در این شرایط نیاز بـه اسـتفاده از ارقـام و مطالعات بیشتر می‌باشد.

سپاس‌گزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشـهد بابـت حمایـت از طرح پژوهشی شماره ۴۰۰۹۵ قدارنی می‌شود.

References

Abe, N., Murata, T., & Hirota, A. (1998). Novel DPPH radical scavengers, bisorbicillinol and demethyltrichodimerol, from a fungus. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry,* 62(4), 661-666.

Adams, S., & Langton, F. (2005). Photoperiod and plant growth: A review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology,* 80(1), 2-10.

Agrico. (2020). *Innovative varieties.* http://www.agrico.co.uk/products/varieties/default.aspx.

Anonymous, (2016). Statistics Agriculture (1st vol.). Horticultural and Agricultural Products. Tehran, Iran. [In Farsi]

Arji, I., Miri, S., & Abdosi, V. (2013). An investigation into the effects of planting date on quantity and quality traits of some potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in ghasre shirin. *Plant Productions,* 35(4), 43-54. [In Farsi]

Barker, H., & Dale, M. F. B. (2006). *Resistance to viruses in potato.* Dordrecht: Springer.

Bou-Torrent, J., Martínez-García, J. F., García-Martínez, J. L., & Prat, S. (2011). Gibberellin A1 metabolism contributes to the control of photoperiod-mediated tuberization in potato. *PLoS One,* 6(9), e24458.

Burton, W. G. (1948). *The potato.* London: Chapman and Hall Press.

Butchbaker, A., Promersberger, W., & Nelson, D. (1973). Respiration and weight losses of potatoes during storage. *Farm Research,* 30(3), 33-40.

Cristina, M., Morar, G., Duda, M., & Todoran, C. (2014). Potato tuberization in long photoperiodic conditions. *Agriculture - Science and Practice,* 3(4), 91-92.

Darabi, A., & Salehi, M.R. (2017). Effect of planting date on dry matter content and agronomical characteristics of potato cultivars influenced by natural frost in field conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science,* 48(3), 477-457. [In Farsi]

De Freitas, S. T., Pereira, E. I. P., Gomez, A. C. S., Brackmann, A., Nicoloso, F., & Bisognin, D. A. (2012). Processing quality of potato tubers produced during autumn and spring and stored at different temperatures. *Horticultura Brasileira,* 30(1), 91-98.

Dou, H., Xv, K., Meng, Q., Li, G., & Yang, X. (2015). Potato plants ectopically expressing Arabidopsis thaliana CBF3 exhibit enhanced tolerance to high-temperature stress. *Plant, Cell and Environment,* 38(1), 61-72.

Edwards, C. G., Englar, J. W., Brown, C. R., Peterson, J. C., & Sorensen, E. J. (2002). Changes in color and sugar content of yellow-fleshed potatoes stored at three different temperatures. *American Journal of Potato Research,* 79(1), 49-53.

Ewing, E., & Struik, P. (1992). Tuber formation in potato: Induction, initiation, and growth. *Horticultural Reviews,* 14(89), 189-198.

Ezekiel, R., & Bhargava, S. (1991). Potato leaf growth as influenced by photoperiod. *Plant Physiology And Biochemistry,* 18(1), 91-98.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2016). *Food and agriculture data.* http://www.fao.org/faostat.

Farooq, K., Jan, N., Khan, N., & Mahmood, M. M. (1995). *Effect of different planting dates on the growth and yield of potato.* Proceeding of the Research and Development of Potato Production in Pakistan, Islamabad. pp. 211-219.

Fernie, A. R., Willmitzer, L., & Trethewey, R. N., 2002. Sucrose to starch: A transition in molecular plant physiology. *Trends in Plant Science,* 7(1), 35-41.

Getahun, B. B. (2017). *Genetic diversity of potato for nitrogen use efficiency under low input conditions in Ethiopia.* PhD thesis of Philosophy, Wageningen University, Wageningen.

Gregory, L. (1965). Physiology of tuberization in plants (Tubers and tuberous roots.). *Differenzierung und Entwicklung/Differentiation and Development*, 15, 1328-1354

Haile, B., Mohammed, A., & Woldegiorgis, G. (2015). Effect of planting date on growth and tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties at anderacha district, southwestern ethiopia. *International Journal of Research in Agricultural Science*, 2(6), 272-280.

Hassanpanah, D., Hosienzadeh, A. A., & Allahyari, N. (2009). Evaluation of planting date effects on yield and yield components of Savalan and Agria cultivars in Ardabil region. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7(3–4), 525–528.

Jamro, M. R., Tunio, S., Buriro, U., & Chachar, Q. (2015). Effect of Planting Dates on Growth and Yield of True Potato Seed (TPS) in Nursery Raising Approach. *Journal of Basic and Applied Sciences,* 11(1), 318-322.

Kashif Sarfraz, A. (2012). *Influence of packaging materials and storage conditions on the quality attributes of potato (Solanum tuberosum* L.*) tubers.* Ph.D. Thesis, Arid Agriculture University, Rawalpindi.

Katoh, A., Ashida, H., Kasajima, I., Shigeoka, S., & Yokota, A. (2015). Potato yield enhancement through intensification of sink and source performances. *Breeding Science,* 65(1), 77-84.

Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2002). Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology,* 37(2), 153-161.

Kawakami, J., Iwama, K., & Jitsuyama, Y.(2005). Effects of planting date on the growth and yield of two potato cultivars grown from microtubers and conventional seed tubers. *Plant Production Science,* 8(1), 74-78.

Knowles, N. R., & Knowles, L. O. (2006). Manipulating stem number, tuber set, and yield relationships for northern and southern grown potato seed lots. *Crop Science*, 46(1), 284-296.

Krauss, A. (1985). Interaction of nitrogen nutrition, phytohormones, and tuberization. In P. H. Li (Ed.), *Potato physiology* (p. 209-230). London: Academic Press, London.

Machackova, I., Konstantinova, T. N., Sergeeva, L. I., Lozhnikova, V. N., Golyanovskaya, S. A., Dudko, N. D., & Aksenova, N. P. (1998). Photoperiodic control of growth, development and phytohormone balance in Solanum tuberosum. *Physiologia Plantarum,* 102(2), 272-278.

Martinez-Garcia, J. F., Garcia-Martinez, J. L., Bou, J., & Prat, S. (2002) The interaction of gibberellins and photo-period in the control of potato tuberization. *Journal Plant Growth Regulation*, 20, 377–386.

Niggeweg, R., Michael, A. J., & Martin, C. (2004). Engineering plants with increased levels of the antioxidant chlorogenic acid. *Nature Biotechnology,* 22(6), 746-754.

Nityamanjari, M. (2018). Effect of fertilizers on growth and productivity of potato-a review. *International Journal of Agriculture Sciences,* 10(4), 5183-5186.

Ross, A. (1959). Dinitrophenol method for reducing sugars. *Potato Processing,* 1 (1), 492-493.

Salunkhe, D. K., & Desai, B. B. (1984). *Postharvest biotechnology of vegetables (*vol 1). Boca Raton, Fla: CRC Press.

Singleton, V., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture,* 16(3), 144-158.

Smith, N. R. (1975). *Specific gravity potato processing.* Westport, Conn: The AVI Publishing Comp Inc.

Taheri, S., & Shamabadi, Z. (2013). Effect of planting date and plant density on potato yield, approach energy efficiency. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences,* 5(7), 747-754.

Timlin, D., Lutfor Rahman, S., Baker, J., Reddy, V., Fleisher, D., & Quebedeaux, B. (2006). Whole plant photosynthesis, development, and carbon partitioning in potato as a function of temperature. *Agronomy Journal, 98*(5), 1195-1203.

Wang, Y., Snodgrass, L. B., Bethke, P. C., Bussan, A. J., Holm, D. G., Novy, R. G., & Sathuvalli, V. (2017). Reliability of measurement and genotype× environment interaction for potato specific gravity. *Crop Science, 57*(4), 1966-1972.

Wolf, S., Marani, A., & Rudich, J. (1990). Effects of temperature and photoperiod on assimilate partitioning in potato plants. *Annals of Botany,* 66(5), 513-520.