



The responses of some agronomic and qualitative traits of potato genotypes to foliar spraying of anti-cold compounds (freezbon and potassium) in two different planting dates

Maghsoud Ziachehreh¹, Ahmad Tobeh², Davoud Hassanpanah³, Salim Farzaheh^{4*}

1- Ph.D. student, Department of Engineering Production and Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

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

3- Associate Professor, Horticulture Crops Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Centre, AREEO, Ardabil, Iran

4- Associate Professor, Department of Engineering Production and Plant genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Corresponding author: salimfarzaneh@yahoo.com

(Received: 06 December 2022

Revise: 25 December 2022

Accepted: 01 January 2023)

Extended Abstract

1. Introduction: Plants are affected by adverse environmental conditions. One of these environmental factors is cold stress, which is one of the main factors limiting the growth and productivity of agricultural products. One of the effects of cold stress is damage to photosynthetic pigments. So that the cold stress causes the light energy absorbed by the pigments cannot be used in photosynthetic reactions. As a result, this light energy causes photo-oxidation reactions and ultimately causes the loss of photosynthetic pigments. To protect plants from freezing in agriculture, it is possible to foliar application of chemical and natural compounds on plants before they are exposed to low temperatures. Anti-freezing compounds are easily absorbed by the plant and participate in all metabolic processes of the plant. This mechanism allows the plant to reserve some of its energy and thus be resistant to environmental stresses. In addition to anti-freezing compounds, the state of nutritional elements in the plant plays an important role in increasing the capacity of plants to deal with environmental stresses such as salt stress, drought, cold, etc. One of these nutritional elements is potassium, which plays a very important role in reducing the effects of various abiotic stresses such as drought, salinity, metal toxicity, high and low temperatures, etc. Potassium plays key roles in many physiological and biochemical processes such as photosynthesis, protein synthesis, synthesis and transfer of sugars, activation of more than 60 types of enzymes, regulation of osmotic and ionic potassium, and regulation of opening and closing of stomata. Potato (*Solanum tuberosum* L.) is an herbaceous plant of the Solanaceae family, which is the fourth most important crop in the world in terms of yield and production volume and is used for food, forage, industrial and seed purposes. The appropriate combination of variety and planting date in crops is one of the most important effective factors in adjusting the harmful effects of climate change on the yield of crops.

2. Materials and Methods: This research was conducted as a split-factorial design in the form of a randomized complete block design with three replications at the Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Station during the two crop season of 2018-2019 and 2019-2020. The investigated factors include planting date in two levels (August 1 and 11), antifreeze compound in two levels (foliar application with water as a control and foliar application with a mixture of freezbon amino acid + potassium) and potato genotypes in 10 levels including (901375, 901475, 902375, 8708-7, 8709-106, 7009-3, 905675, 8707-26 genotypes and Agria and Savalan cultivars). Furthermore, before the spraying treatment, samples were taken from the experimental treatments and frozen using liquid nitrogen and stored in a freezer. After 24 hours of freezing, the samples were again collected from the experimental treatments and rapidly frozen using liquid nitrogen before being transferred to the laboratory for measurement of the desired characteristics. After collecting the samples, laboratory experiments were conducted at the Faculty of Agriculture of Ardabil University of Medical Sciences and the Agricultural and Natural Resources Research Station in Ardabil.

3. Results and Discussion: According to the results, it was determined that foliar application of freezbon amino acid combined with potassium increased plant height, tuber weight per plant, content of photosynthetic pigments, vitamin C, soluble sugars, tuber starch percentage and tuber dry matter percentage. The highest amounts of these traits were observed on the planting date of August 1. Means comparison showed that 901475 genotype had the highest tuber weight per plant (811.71 g) and the Agria cultivar had the lowest tuber weight per plant (497.25 g). The maximum plant height, chlorophyll a, b and total chlorophyll content, vitamin C, soluble sugars, and tuber dry matter was related to 8707-26 genotype. On the other hand, 3-7009 and 26-8707 genotype had the highest

percentage of starch. Based on these results, it seems that the planting date of August 1 and the foliar application of Freezbon with potassium can enhance the cold tolerance threshold, growth, and performance of potato cultivars in regions exposed to cold stress by regulating physiological and biochemical responses.

4. Conclusion: The combined use of anti-freezing compounds of freezebon and potassium improved the morphological and physiological traits of potato genotypes compared to their non-use. Results showed that the simultaneous use of anti-freezing compounds of freezebon and potassium increased the mean yield of the plant by 24.08% compared to not using them. On the other hand, the planting date of August 1 had a more favorable effect on the studied traits than August 11. So that the mean yield of the plant on the planting date of August 1 was 12.31% more compared to August 11. According to the results, it can be concluded that the application of anti-freezing compounds and the planting date of August 1 caused changes in the morphological and physiological traits of potato genotypes, which provided more suitable conditions for their growth and increase in yield. Therefore, it is possible to recommend the planting date of August 1 and the foliar application of freezebon with potassium to achieve optimal yield in the potato fields of the Ardabil region.

Keywords: Cold Stress, Photosynthetic Pigments, Soluble Sugar, Starch

Citation: Ziachehreh, M., Tobeh, A., Hassanpanah, D. & Farzaheh, S. (2024). The responses of some agronomic and qualitative traits of potato genotypes to foliar spraying of anti-cold compounds (freezbon and potassium) in two different planting dates. *Journal of Vegetables Sciences*, 15(1), 69-90. doi:10.22034/IUVS.2023.1978110.1252

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to 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>).





پاسخ‌های برخی صفات زراعی و کیفی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی به محلول‌پاشی ترکیبات ضدسرما (فریزبن و پتاسیم) در دو تاریخ کاشت مختلف

مقصود ضیاچهره^۱، احمد توبه^۲، داود حسن‌پناه^۳ و سلیم فرزانه^{۴*}

۱- دانشجوی دکتری، گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق

اردبیلی، اردبیل، ایران

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

ایران

۳- دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان

تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

۴- دانشیار، گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی،

اردبیل، ایران

*نویسنده مسئول: salimfarzaneh@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۵

چکیده

به منظور مطالعه واکنش‌های صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام سیب‌زمینی به کاربرد مواد ضدسرما در دو تاریخ کاشت مختلف، آزمایشی به صورت طرح اسپیلت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل در دو سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹ اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل تاریخ کاشت در دو سطح (۱۰ و ۲۰ مرداد ماه)، مواد ضدسرما در دو سطح (محلول‌پاشی با آب به عنوان شاهد و محلول‌پاشی با مخلوط اسیدآمینه فریزبن + پتاسیم) و ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در ۱۰ سطح شامل (۹۰۱۳۷۵، ۹۰۱۴۷۵، ۹۰۲۳۷۵، ۷-۸۷۰۸، ۱۰۶-۸۷۰۹، ۳-۷۰۰۹، ۹۰۵۶۷۵، ۲۶-۸۷۰۷، آگریا و ساوالان) بودند. براساس نتایج بدست آمده، محلول‌پاشی اسیدآمینه فریزبن توأم با پتاسیم باعث افزایش ارتفاع بوته، وزن غده در بوته، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، ویتامین ث، قندهای محلول، درصد نشاسته غده و درصد ماده خشک غده گردید. بالاترین میزان این صفات در تاریخ کاشت ۱۰ مرداد مشاهده شد. ژنوتیپ ۹۰۱۴۷۵ دارای بیشترین وزن غده در بوته (۸۱۱/۷۱ گرم) و رقم آگریا دارای کمترین وزن غده در بوته (۴۹۷/۲۵ گرم) بودند. حداکثر ارتفاع بوته، محتوای کلروفیل a، b، کل، ویتامین ث، قندهای محلول و ماده خشک غده مربوط به ژنوتیپ ۲۶-۸۷۰۷ بود. ژنوتیپ‌های ۳-۷۰۰۹ و ۲۶-۸۷۰۷ بالاترین درصد نشاسته غده را به خود اختصاص دادند. براساس این نتایج به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با مواد ضدسرما و کاشت در تاریخ ۱۰ مرداد ماه می‌تواند برای سودمندی تولید سیب‌زمینی تحت شرایط تنش سرمایی توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: تنش سرما، رنگیزه‌های فتوسنتزی، قند محلول، نشاسته

استناد: ضیاچهره، م.، توبه، ا.، حسن‌پناه، د. و فرزانه، م. (۱۴۰۳). اثر گابا بر برخی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاهچه‌های هندوانه تحت تنش سرما. علوم سبزی‌ها، ۱۵(۱)، ۶۹-۹۰.

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 به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

دارد. به طوری که این ترکیبات در غلظت‌های بسیار پایین و یا بسیار بالا سبب افزایش حساسیت و کاهش مقاومت گیاهان به تنش‌ها می‌شوند (Miura & Tada, 2014). اسیدهای آمینه ضدسرما از طریق بهبود مقاومت به تنش‌های محیطی سبب افزایش محتوای کلروفیل و در نتیجه تأثیر بر فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند (Faten *et al.*, 2010). این اسیدهای آمینه، به واسطه خلوص بسیار بالا به راحتی جذب گیاه می‌شوند و در کلیه فرآیندهای متابولیکی گیاه شرکت می‌کنند. این مکانیسم به گیاه امکان می‌دهد تا مقداری از انرژی خود را ذخیره کند و از این طریق در مقابل تنش‌های محیطی مقاوم باشد (Fereres & Soriano, 2006). گزارش گردیده است که ترکیب ضدسرما ی اسید سالیسیلیک سبب افزایش مقاومت به درجه حرارت‌های پایین و بالا در گوجه‌فرنگی و لوبیا شده است (Jafari & Senaratna *et al.*, 2000). همچنین (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که ماده ضدسرما ی پاکلوبوترازول اثر منفی تنش سرما بر رنگیزه‌های فتوسنتزی را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. هم‌چنین Farzaneh و همکاران (۲۰۱۴) بیان داشتند که در شرایط تنش سرمای، محلول‌پاشی با ترکیب اسید سالیسیلیک سبب افزایش محتوای پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و کلروفیل a و b در گیاه بادمجان گردید.

علاوه بر ترکیبات ضدسرما، وضعیت عناصر تغذیه‌ای در گیاه نقش مهمی در افزایش ظرفیت گیاهان در مقابله با تنش‌های محیطی مانند تنش شوری، خشکی، سرما و غیره دارد. یکی از این عناصر تغذیه‌ای، پتاسیم می‌باشد که نقش بسیار مهمی در کاهش اثرات ناشی از تنش‌های غیرزیستی مختلف مانند خشکی، شوری، سمیت فلزات، دماهای بالا، پایین و غیره دارد (Wang *et al.*, 2013). پتاسیم در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از قبیل فتوسنتز، سنتز پروتئین، سنتز و انتقال قندها، فعال‌سازی بیش از ۶۰ نوع آنزیم، تنظیم پتاسیل اسمزی و یونی، تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها

گیاهان در محیط زندگی خود همواره تحت شرایط نامساعد محیطی قرار می‌گیرند. یکی از این عوامل نامطلوب محیطی تنش سرما می‌باشد که یکی از عوامل اصلی محدودکننده رشد و نمو و بهره‌وری محصولات کشاورزی می‌باشد (Chinnusamy *et al.*, 2007). دماهای پایین باعث ایجاد اثرات نامطلوب متعدد در سطح سلولی از جمله آسیب به غشاء، تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و دنا توره شدن پروتئین‌ها می‌شوند (Miura & Furumoto, 2013). درجه آسیب سرما بر حسب گونه گیاهی متفاوت است و به عواملی از قبیل مرحله نمو، شرایط رشد، مواد تغذیه‌ای و شرایط محیطی مانند دما و نور بستگی دارد. یکی از فرآیندهای بسیار حساس به تغییرات دمایی، سنتز کلروفیل است که به وسیله آن می‌توان میزان حساسیت گونه‌های مختلف را نسبت به سرما مورد مطالعه قرار داد (Colom & Vazzana, 2001). به طوری که تنش سرما باعث می‌شود که انرژی نورانی جذب شده توسط رنگیزه‌ها نتواند در واکنش‌های فتوسنتزی مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه این انرژی نورانی سبب واکنش‌های اکسیداسیون نوری می‌شود و در نهایت باعث از بین رفتن رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود (McCue *et al.*, 2000). Ehsanpour و Najafzadeh (۲۰۱۲) گزارش کردند مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در سیب‌زمینی در اثر تنش محیطی کاهش می‌یابد. کاهش کلروفیل تحت تنش سرما در سویا (Yadegari *et al.*, 2007) و گوجه‌فرنگی (Jafari *et al.*, 2006) گزارش شده است. گزارش شده است که تنش سرما سبب تجمع قندهای محلول در گیاهان می‌شود (Slugina *et al.*, 2020).

در راستای محافظت از سرمازدگی گیاهان در کشاورزی راه‌کارهای گوناگونی از جمله استفاده از ترکیبات شیمیایی و طبیعی بر روی گیاهان قبل از قرارگیری آن‌ها در معرض دماهای پایین می‌باشد که در افزایش مقاومت گیاهان به تنش سرما نقش مهمی را ایفا می‌کنند. کارایی ترکیبات ضدسرما در تعدیل اثرات مضر ناشی از تنش سرما به غلظت و مرحله رشد گیاه بستگی

گیاهان زراعی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد می‌باشد. با انتخاب تاریخ کاشت مناسب می‌توان شرایط مطلوب محیطی را در مراحل رویشی و زایشی گیاه مهیا نمود و از این طریق موجب افزایش بازدهی فتوسنتز، افزایش انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی و افزایش عملکرد گیاه گردید (Bagheri & Blochi, 2013). در این راستا بیان گردیده است که تنظیم تاریخ کاشت و انتخاب ارقام مناسب ساده‌ترین و کارآمدترین اقدامی است که می‌توان جهت افزایش رشد و عملکرد محصول سیب‌زمینی به کار برد (Zhang *et al.*, 2019).

از آنجایی که سیب‌زمینی نقش مهمی در تغذیه انسان دارد و نیز بدین جهت که در منطقه اردبیل بخشی از دوره رشدی و شروع غده‌زایی این گیاه تحت تأثیر سرما قرار می‌گیرد و از طرفی تأثیر مواد ضدسرما در ایجاد مقاومت به سرما در مزارع سیب‌زمینی به صورت اندک مورد مطالعه قرار گرفته است (Ziachehreh *et al.*, 2023). بنابراین پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر تاریخ کاشت و محلول‌پاشی ترکیبات ضدسرما گیاهی (اسیدآمینه فریزبن و پتاسیم) بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی (از قبیل ارتفاع بوته، میانگین عملکرد هر بوته، قندهای محلول، رنگیزه‌های فتوسنتزی، نشاسته و ویتامین ث) ارقام مختلف سیب‌زمینی در منطقه اردبیل و در شرایط مزرعه‌ای انجام گردید.

انتخاب تاریخ‌های ۱۰ و ۲۰ مرداد ماه به دلیل اطمینان از برخورد مراحل انتهایی رشد ژنوتیپ‌ها به تنش سرما و یخبندان بود. اسیدآمینه فریزبن از شرکت بن آسیا تهیه شده است. ژنوتیپ‌های مورد بررسی، از آزمایشات سازگاری ژنوتیپ‌های امیدبخش انتخاب شده بودند که در سال قبل از آزمایش با محلول‌پاشی اسیدآمینه فریزبن و پتاسیم (به نسبت ۱ به ۱) به مدت سه روز، دماهای یخبندان را تحمل کرده بودند و به نظر می‌رسد که حتی اگر این ژنوتیپ‌ها به طور کامل توانایی تحمل سرما را نداشته باشند، حداقل با محلول‌پاشی اسیدآمینه فریزبن و پتاسیم، توانایی تحمل به سرما در

و تشکیل آوند آبکش نقش‌های کلیدی دارد (Karimi, 2017; Shahryari, & Vahid Taze-Kand, 2023). عنوان شده است که کاربرد خاکی یا برگی منابع کودی پتاسیم باعث افزایش تحمل گیاهان جو (Fayez & Bazeid, 2014) و ذرت (Abbasi *et al.*, 2012) به تنش‌های محیطی شده است. Karimi (۲۰۱۷) اظهار داشت که پتاسیم به واسطه تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش تنش اکسیداتیو از یک طرف و نیز توانایی این عنصر در افزایش تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند قندها و پرولین از طرف دیگر، سبب بهبود مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌گردد. Daskalaki و Economakis (۲۰۰۳) بیان داشتند که پتاسیم باعث افزایش ماده خشک و محتوای ویتامین ث در گوجه‌فرنگی گردید. براساس یک پژوهشی مشخص گردید که مصرف نیترات پتاسیم سبب افزایش ارتفاع بوته و میزان کلروفیل گیاه سیب‌زمینی شد (Dkhil *et al.*, 2011).

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) یک گیاه علفی از خانواده *Solanaceae* است که از نظر عملکرد و حجم تولید، چهارمین محصول مهم در دنیا می‌باشد و برای مصارف غذایی، علوفه‌ای، صنعتی و بذری مورد استفاده قرار می‌گیرد (You *et al.*, 2019). سیب‌زمینی به آب و هوای معتدل جهت رشد و نمو نیاز دارد. فصل‌های خنک اما عاری از یخبندان برای رشد گیاه مناسب است و گرما مانع رشد آن می‌شود (Haverkort & Verhagen, 2008). سیب‌زمینی حاوی ۷۹ درصد آب، ۲ درصد پروتئین و ۱۷ درصد کربوهیدرات (۸۸ درصد نشاسته) است و یک منبع غنی از ویتامین B₆ (حدود ۲۳ درصد) و ویتامین C (۲۴ درصد) است (Dissoky & Abdel-Kadar, 2013). برای تعدیل اثرات زیان‌بار ناشی از تغییرات اقلیمی بر عملکرد محصولات زراعی بایستی از راهکارهای مختلف مدیریتی از قبیل تغییر تاریخ کاشت، انتخاب رقم مناسب و استفاده از نهاده‌های زیستی بهره‌گرفت (Moradi *et al.*, 2014). ترکیب مناسب رقم و تاریخ کاشت در

نمونه‌برداری شد و پس از انجماد سریع توسط ازت مایع جهت اندازه‌گیری صفات مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شدند. کارهای آزمایشگاهی مورد نیاز نیز در آزمایشگاه-های دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی و ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل انجام گردید. برای اندازه‌گیری میزان نشاسته از روش Takahiro و همکاران (۲۰۰۴) استفاده شد. نمونه‌های سیب‌زمینی در ابتدا به وسیله دستگاه خردکن کاملاً خرد گردیدند، سپس به میزان ۳ برابر وزن پالپ با آب مخلوط شدند، ۲۰ میلی‌لیتر محلول متابی‌سولفیت ۰/۱ درصد به آن‌ها اضافه گردید و به وسیله پارچه توری صاف گردیدند. پس از دو فاز شدن محلول، توسط کاغذ صافی و قیف بوختر نشاسته جدا گردید و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد و سپس میزان نشاسته بر حسب درصد حساب گردید.

آن‌ها ایجاد گردیده بود. غده‌های بذری دارای قطر ۳۵ تا ۴۵ میلی‌متر پس از ضدعفونی با قارچ‌کش ایپرودیون + کاربندازیم در عمق ۱۵ سانتی‌متری در دو طرف پشته‌هایی به فاصله ۱/۵ متر و فاصله روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر کشت شدند. آبیاری به صورت قطره‌ای و با توجه به نیاز آبی گیاه و شرایط منطقه انجام گردید. در پایان فصل رشد و با افزایش احتمال بروز سرما، با توجه به پیش‌بینی‌های هواشناسی و نیز دماهای اندازه‌گیری شده در مزرعه و ارتباط میان آن‌ها، یک هفته قبل از احتمال بروز دماهای زیر ۷ درجه سانتی‌گراد، تیمار محلول‌پاشی انجام گردید. همچنین قبل از انجام محلول‌پاشی، نمونه‌برداری از تیمارهای آزمایشی انجام گرفت و نمونه‌ها با استفاده از ازت مایع، منجمد گردیده و در فریزر نگهداری شدند. ۲۴ ساعت پس از برطرف شدن سرما، مجدداً از تیمارهای آزمایشی

جدول ۱- مشخصات فیزیکی- شیمیایی آب و خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physicochemical properties of the soil and water of the experimental site

خاک (Soil)	آب (Water)
شوری (Salinity)	شوری (Salinity)
1.25 ds.m ⁻¹	1500 μs.cm ⁻¹
pH	pH
7.64	7.66
عصاره اشباع (Saturation)	کربنات (Carbonate)
29%	0
آهک (Lime)	بیوکربنات (Bicarbonate)
7.50%	382 (mg kg ⁻¹)
بافت خاک (Texture)	سولفات (Sulfate)
لومی-رسی (Clay-loam)	155 (mg kg ⁻¹)
کربن آلی (Organic carbon)	کلر (Chlorine)
0.97%	195 (mg kg ⁻¹)
نیتروژن کل (Total nitrogen)	سدیم (Sodium)
0.10%	123.98 (mg kg ⁻¹)
فسفر قابل جذب (Absorbable P)	کلسیم (Calcium)
3.40 (mg kg ⁻¹)	118 (mg kg ⁻¹)
پتاسیم (potassium)	منیزیم (Magnesium)
230 (mg kg ⁻¹)	44.2 (mg kg ⁻¹)
روی (Zinc)	نسبت جذب سدیم (SAR)
1.22 (mg.kg-1)	2.46
آهن (Iron)	کل مواد جامد محلول (TDS)
3.22 (mg.kg ⁻¹)	75 (mg l ⁻¹)
مس (Copper)	سختی کل (Total hardness)
3.20 (mg.kg ⁻¹)	480 (mg l ⁻¹)
منگنز (Manganese)	
4.20 (mg.kg ⁻¹)	

جدول ۲- مشخصات اقلیمی منطقه اجرای آزمایش

Table 2- Climatic characteristics of the experimental site

متوسط حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	متوسط حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)	حداکثر مطلق دما در زمان آزمایش (درجه سانتی‌گراد)	متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر)
Mean of maximum Temperature (°C)	Mean of minimum temperature (°C)	Absolute maximum temperature during the experiment (°C)	Mean of monthly rainfall (mm)
19.8	15.18	21.58	307.1

رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a, b و کل) بوته‌های ژنوتیپ‌های مختلف سیب‌زمینی گردید. به طوری که نتایج مقایسه میانگین اثرمتقابل بین سال، ضدسرما و رقم نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۳۸) میلی‌گرم در گرم وزن تر، کلروفیل b (۱/۰۵۷) میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۲/۴۳۷) میلی‌گرم در گرم وزن تر) از ترکیب تیماری محلول‌پاشی اسیدآمینه فریزین و پتاسیم در ژنوتیپ ۸۷۰۷-۲۶ و در سال دوم کشت بدست آمد (جدول ۳). ترکیب تیماری عدم کاربرد ضدسرما، ژنوتیپ ۸۷۰۸-۷ در سال دوم کشت کمترین محتوای کلروفیل a (۰/۵۴۲) میلی‌گرم در گرم وزن تر، کلروفیل b (۰/۴۲۱) میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۰/۹۶۴) میلی‌گرم در گرم وزن تر) را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که تاریخ کاشت ۱۰ مرداد ماه نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ مرداد ماه از میزان کلروفیل a, b و کل بالاتری برخوردار بود. به طوری که، اثرمتقابل بین ترکیب ضدسرما، تاریخ کاشت و سال نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (۰/۹۲۸) و ۰/۹۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر، کلروفیل b (۰/۷۵۳) و ۰/۷۴۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۱/۶۸۱ و ۱/۶۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به ترتیب از ترکیبات تیماری عدم کاربرد و نیز کاربرد ترکیبات ضدسرما، تاریخ کشت ۱۰ مرداد و سال دوم آزمایش بدست آمد (جدول ۴). کمترین مقدار کلروفیل a, b و کل (به ترتیب ۰/۷۲۳، ۰/۵۸۲ و ۱/۳۰۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در حالت عدم محلول‌پاشی ضد سرما، تاریخ کاشت ۲۰ مرداد و در سال دوم کاشت حاصل شدند (جدول ۴).

جهت اندازه‌گیری ماده خشک، ۲۰۰ گرم غده از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب شد، سپس غده‌ها خرد و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از ثابت شدن وزن آن‌ها مجدداً توزین شدند. سپس براساس نسبت وزن تر و وزن خشک غده‌ها، درصد ماده خشک غده‌ها تعیین گردید (Hagman & Martenssen, 2009).

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ با استفاده از روش Arnon (۱۹۴۹) اندازه‌گیری شد. ۰/۲ گرم از بافت برگ با استن ۸۰٪ به تدریج له گردید و در نهایت حجم محلول با استن ۸۰٪ به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰ دور سانتریفوژ گردید و سپس جذب نوری محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. مقدار کلروفیل a, b و کل طبق معادله‌های ۱ تا ۳ برآورد گردید.

(رابطه ۱) $1/100 \times W = (19/3 \times A_{663} - 0/186 \times A_{645}) \times \text{کلروفیل } a$

(رابطه ۲) $1/100 \times W = (19/3 \times A_{645} - 3/6 \times A_{663}) \times \text{کلروفیل } b$

(رابطه ۳) $a \text{ کلروفیل} + b \text{ کلروفیل} = \text{کلروفیل کل}$

در این معادله‌ها V حجم استن استفاده شده و W وزن بافت گیاهی مورد استفاده می‌باشد.

محتوای قندهای محلول به روش شیمیایی آنترون اندازه‌گیری شدند (McCready et al., 1950). مقدار ویتامین ث (آسکوربیک اسید) بر اساس روش استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۶۱۷-۲ بررسی شد (Anonymous, 2019). میانگین عملکرد هر بوته و ارتفاع بوته از خطوط اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد گردید. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS9.1 و Excel استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی ترکیبات ضدسرما، فریزین توأم با پتاسیم سبب افزایش

جدول ۳- اثر ترکیب تیماری ترکیبات ضدسرما در سال بر ارتفاع بوته، میانگین عملکرد هر بوته و رنگیزه‌های

فتوسنتزی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی

Table 3- Combination effect of Anti-cold compounds and year on plant height, tuber weight per plant and photosynthetic pigments of of potato genotypes

ترکیبات تیماری (Treatment combination)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن غده در بوته Tuber weight per plant (g)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)
۹۰۱۳۷۵ × ماده ضدسرما × سال اول (First year × Anti-cold × 901375)	59.5 [*] f-l	821.07 b-e	0.868 f-i	0.731 d-h	1.59 e-h
۹۰۱۴۷۵ × ماده ضدسرما × سال اول (First year × Anti-cold × 901475)	62.5 e- j	716.67 e-h	0.74 i-n	0.599 i-o	1.332 h-l
۹۰۲۳۷۵ × ماده ضدسرما × سال اول (First year × Anti-cold × 902375)	63.16 e-i	609.43 g-m	0.714 i-o	0.576 j-p	1.292 i-m
۸۷۰۸-۷ × ماده ضدسرما × سال اول (First year × Anti-cold × 8708-7)	50.16 j-o	765.72 c-f	0.779 h-m	0.609 g-n	1.391 g-j
آگریا × ماده ضدسرما × سال اول (First year × Anti-cold × Agria)	57.33 g-m	497.17 m-q	0.82 g-l	0.659 f-k	1.481 f-i
۸۷۰۹-۱۰۶ × ماده ضدسرما × سال اول (First year × Anti-cold × 8709-106)	62 e-z	482.39 n-q	0.863 f-j	0.69 e-k	1.557 e-i
ساوالان × ماده ضدسرما × سال اول (First year × Anti-cold × Savalan)	63.33 e-i	628.3 g-l	0.806 g-l	0.706 e-i	1.51 f-i
۷۰۰۹-۳ × ماده ضدسرما × سال اول (First year × Anti-cold × 7009-3)	62 e-z	514.15 l-q	0.792 h-l	0.684 e-k	1.468 f-i
۹۰۵۶۷۵ × ماده ضدسرما × سال اول (First year × Anti-cold × 905675)	62.33 e-z	877.36 a-c	0.854 f-k	0.652 f-l	1.484 f-i
۸۷۰۷-۲۶ × ماده ضدسرما × سال اول (First year × Anti-cold × 8707-26)	73.83 c-e	596.86 h-n	0.859 f-k	0.654 f-l	1.5 f-i
۹۰۱۳۷۵ × آب × سال اول (First year × Water × 901375)	56.83 g-m	702.2 e-z	0.849 f-k	0.679 f-k	1.523 f-i
۹۰۱۴۷۵ × آب × سال اول (First year × Water × 901475)	61.33 f-j	728.93 d-j	0.738 i-o	0.597 i-o	1.331 h-l
۹۰۲۳۷۵ × آب × سال اول (First year × Water × 902375)	59.66 f-l	659.43 f-k	0.712 j-o	0.574 k-p	1.291 i-m
۸۷۰۸-۷ × آب × سال اول (First year × Water × 8708-7)	48.83 k-p	715.41 e-i	0.777 h-m	0.607 h-n	1.391 g-k
آگریا × آب × سال اول (First year × Water × Agria)	54.83 h-n	435.22 q	0.818 g-l	0.657 f-l	1.48 f-i
۸۷۰۹-۱۰۶ × آب × سال اول (First year × Water × 8709-106)	54 i-n	428.3 q	0.86 f-j	0.688 e-k	1.556 e-i
ساوالان × آب × سال اول (First year × Water × Savalan)	60.33 f-l	506.92 l-q	0.804 g-l	0.704 e-j	1.51 f-i
۷۰۰۹-۳ × آب × سال اول (First year × Water × 7009-3)	60 f-l	447.17 pq	0.79 h-l	0.682 e-k	1.467 f-i
۹۰۵۶۷۵ × آب × سال اول (First year × Water × 905675)	60.83 f-k	755.35 d-f	0.852 f-k	0.65 f-l	1.483 f-i
۸۷۰۷-۲۶ × آب × سال اول (First year × Water × 8707-26)	69.16 d-g	574.21 k-o	0.852 f-k	0.651 f-l	1.492 f-i
۹۰۱۳۷۵ × ماده ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × 901375)	42.73 n-q	594.48 i-n	0.633 m-p	0.53 l-q	1.163 j-n

ترکیبات تیماری (Treatment combination)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن غده در بوته Tuber weight per plant (g)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)
۹۰۱۴۷۵ × ماده ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × 901475)	84.48 bc	952.62 a	1.001 c-e	0.808 c-e	1.81 c-e
۹۰۲۳۷۵ × ماده ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × 902375)	63.29 e-i	607.13 h-m	0.72 i-o	0.581 i-p	1.3 i-m
۸۷۰۸-۷ × ماده ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × 8708-7)	37.63 pq	568.55 k-p	0.584 op	0.457 pq	1.041 mn
آگریا × ماده ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × Agria)	66.72 e-h	571.91 k-o	0.956 d-g	0.765 d-f	1.721 d-f
۸۷۰۹-۱۰۶ × ماده ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × 8709-106)	81.05 cd	625.58 g-l	1.129 bc	0.842 bc	2.033 bc
ساوالان × ماده ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × Savalan)	46.22 m-q	454.51 o-q	0.585 op	0.515 m-q	1.1 l-n
۷۰۰۹-۳ × ماده ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × 7009-3)	85.37 bc	707.75 e-j	1.091 b-d	0.94 ab	2.032 bc
۹۰۵۶۷۵ × ماده ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × 905675)	48.89 k-p	672.54 f-k	0.665 l-p	0.51 m-q	1.176 j-n
۸۷۰۷-۲۶ × ماده ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × 8707-26)	117.69 a	932.5 ab	1.38 a	1.057 a	2.437 a
۹۰۱۳۷۵ × آب × سال دوم (Second year × Water × 901375)	41.33 o-q	511.53 l-q	0.61 n-p	0.494 n-q	1.112 k-n
۹۰۱۴۷۵ × آب × سال دوم (Second year × Water × 901475)	71.41 d-f	848.64 a-d	0.859 f-k	0.697 e-k	1.556 e-i
۹۰۲۳۷۵ × آب × سال دوم (Second year × Water × 902375)	48.79 k-p	536.69 l-q	0.584 op	0.471 o-q	1.055 l-n
۸۷۰۸-۷ × آب × سال دوم (Second year × Water × 8708-7)	33.88 q	498.11 m-q	0.542 p	0.421 q	0.964 n
آگریا × آب × سال دوم (Second year × Water × Agria)	61.56 e-j	484.69 n-q	0.92 e-h	0.736 d-g	1.656 d-g
۸۷۰۹-۱۰۶ × آب × سال دوم (Second year × Water × 8709-106)	66.45 e-h	516.56 l-q	1.052 b-e	0.842 b-d	1.895 b-d
ساوالان × آب × سال دوم (Second year × Water × Savalan)	53.19 i-o	434.38 q	0.705 k-o	0.623 g-m	1.33 h-l
۷۰۰۹-۳ × آب × سال دوم (Second year × Water × 7009-3)	84.97 bc	610.48 g-m	1.114 bc	0.96 ab	2.074 bc
۹۰۵۶۷۵ × آب × سال دوم (Second year × Water × 905675)	48.14 l-p	593.71 j-n	0.673 l-p	0.514 m-q	1.187 j-n
۸۷۰۷/۲۶ × آب × سال دوم (Second year × Water × 8707-26)		94.78 b 761.43 c-f	1.187 b	0.915 bc	2.102 b
LSD _{0.05}		12.41 121.5	0.155	0.128	0.279

*میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

*Means with similar letters in each column are not significantly different.

تجزیه کلروفیل توسط گونه‌های فعال اکسیژن می‌تواند نقش مؤثری در افزایش محتوی کلروفیل در شرایط تنش داشته باشد (Alavi Matin *et al.*, 2015).

ارتفاع بوته و وزن غده در بوته

بر اساس نتایج بدست آمده، تاریخ کاشت ۱۰ مرداد ماه و کاربرد ترکیبات ضدسرما دارای بالاترین ارتفاع بوته و میانگین عملکرد در هر بوته بودند. بررسی اثرمتقابل سه‌گانه ترکیب ضدسرما، ژنوتیپ و سال نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته (۱۱۷/۶۹ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری استفاده از مواد ضدسرما در ژنوتیپ ۲۶-۸۷۰۷ و در سال دوم کاشت بدست آمد (جدول ۳). بیش‌ترین میانگین عملکرد بوته (۹۵۲/۶۲ گرم) نیز در ترکیب تیماری کاربرد ضدسرما، ژنوتیپ ۹۰۱۴۷۵ و در سال دوم کاشت مشاهده گردید (جدول ۳). ترکیب تیماری عدم مصرف مواد ضدسرما، ژنوتیپ ۷-۸۷۰۸ در سال دوم آزمایش دارای پایین‌ترین ارتفاع بوته (۳۳/۸۸ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). هم‌چنین کمترین وزن غده در بوته از ترکیبات تیماری عدم کاربرد ضدسرما، ژنوتیپ ۱۰۶-۸۷۰۹ در سال اول (۴۲۸/۳ گرم)، عدم مصرف مواد ضدسرما، رقم ساوالان در سال دوم (۴۳۴/۳۸ گرم) و عدم محلول‌پاشی با مواد ضدسرما، رقم آگریا در سال اول کاشت (۴۳۵/۲۲ گرم) حاصل گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها برای اثرمتقابل ترکیبات ضدسرما، تاریخ کاشت و سال حاکی از آن بود که حداکثر ارتفاع بوته (۷۱/۳۷ سانتی‌متر) و وزن غده در بوته (۷۵۴/۵۴ گرم) در ترکیب تیماری محلول‌پاشی با مواد ضدسرما، تاریخ کاشت ۱۰ مرداد ماه و سال دوم کشت مشاهده گردید (جدول ۴). حداقل این صفات (به ترتیب ۵۱/۹۹ سانتی‌متر و ۵۰۰/۸ گرم) نیز مربوط به ترکیب تیماری عدم کاربرد ترکیبات ضدسرما، تاریخ کاشت ۲۰ مرداد ماه و سال دوم آزمایش بود (جدول ۴).

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی یکی از مهم‌ترین صفات فیزیولوژیکی می‌باشد که با میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک گیاهی ارتباط مستقیمی دارد. در شرایط تنش محتوای کلروفیل به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیداز و کلروفیل از به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Baghbani-Arani *et al.*, 2017). در تحقیقی مشاهده گردید که تنش سرما سبب کاهش میزان کلروفیل a و b در وارسته‌های گیاه ریحان گردید (Kalisz *et al.*, 2016). Li و همکاران (۲۰۲۱) گزارش دادند که تحت تنش سرمایی میزان کلروفیل در برگ‌های سیب‌زمینی کاهش نشان داد. هم‌چنین کاهش محتوای کلروفیل تحت شرایط تنش سرما در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش گردیده است (Jafari *et al.*, 2006). مشخص گردیده است که افزایش میزان پراکسیداسیون غشای کلروپوست‌ها و تیلاکوئیدها در اثر تنش سرما می‌تواند منجر به کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی گردد (Tadjvar *et al.*, 2011). از طرفی گزارش گردیده است که فتوسیستم نوری دو نخستین مکان اثر تنش سرما می‌باشد که سبب کاهش سنتز کلروفیل و افزایش تخریب آن می‌شود (Nayyar *et al.*, 2005). از دلایل دیگر کاهش محتوای کلروفیل می‌توان به تخریب آن‌ها توسط گونه‌های فعال اکسیژن اشاره کرد (Lawlor & Cornic, 2002). Jafari و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که استفاده از ماده ضد سرمای پاکلوبوترازول سبب افزایش محتوای کلروفیل گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط تنش سرمایی گردید. افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل در گیاهچه‌های هندوانه در شرایط دمایی پایین با کاربرد پاکلوبوترازول به اثبات رسیده است (Baninasa, 2009). در پژوهشی گزارش گردید که کاربرد تنظیم‌کننده رشد سالیسیلیک اسید سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی گردید (Arafa, Khan *et al.*, 2015) و همکاران (۲۰۱۱) و Kumar و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که کاربرد کود پتاسیم سبب افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه سیب‌زمینی گردید. عنوان شده است که پتاسیم با بهبود هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش و ممانعت از

جدول ۴- اثر ترکیب تیماری محلول پاشی مواد ضدسرما در تاریخ کاشت بر برخی خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در دو سال آزمایش

Table 4- Combination effect of antifreeze compounds and planting date on some morphophysiological traits of potato genotype at two years of the experiment.

ترکیبات تیماری (Treatment combination)	وزن غده در بوته Tuber weight per plant (g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	کلروقیل a Chlorophyll a (mg g ⁻¹ FW)	کلروقیل b Chlorophyll b (mg g ⁻¹ FW)	کلروقیل کل Total chlorophyll l (mg g ⁻¹ FW)	قند محلول Soluble sugar (mM g ⁻¹ FW)
۱۰ مرداد × ضدسرما × سال اول (First year × Antifreeze × August 1)	726.92 ab	63.06 abc	0.822 abc	0.673 abc	1.49 ab	0.637 ab
۲۰ مرداد × ضدسرما × سال اول (First year × Antifreeze × August 11)	574.91 de	60.16 bcd	0.796 c	0.639 cd	1.431 b	0.665 ab
۱۰ مرداد × آب × سال اول × Water × August 1)	622.83 cd	60.3 bcd	0.817 bc	0.661 cd	1.477 b	0.647 ab
۲۰ مرداد × آب × سال اول × Water × August 11)	567.8 de	56.86 cd	0.793 c	0.636 cd	1.428 b	0.65 ab
۱۰ مرداد × ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × August 1)	754.54 a	71.37 a	0.92 ab	0.749 ab	1.67 a	0.615 ab
۲۰ مرداد × ضدسرما × سال دوم (Second year × Antifreeze × August 11)	582.98 cd	63.44 abc	0.829 abc	0.663 bcd	1.493 ab	0.691 a
۱۰ مرداد × آب × سال دوم (Second year × Water × August 1)	658.45 bc	68.91 ab	0.928 a	0.753 a	1.681 a	0.605 ab
۲۰ مرداد × آب × سال دوم (Second year × Water × August 11)	500.8 e	51.99 d	0.723 c	0.582 d	1.305 b	0.589 b
LSD _{0.05}	77.25	9.18	0.107	0.08	0.191	0.086

*میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

*Means with similar letters in each column are not significantly different.

۸۷۰۷ در تاریخ کاشت ۱۰ مرداد به خود اختصاص داد (شکل ۱). در حالی که کمترین ارتفاع بوته (۴۲/۳۱ سانتی‌متر) مربوط به ژنوتیپ ۷-۸۷۰۸ و در تاریخ کاشت ۲۰ مرداد ماه بود (شکل ۱).

تنش سرما سبب کاهش فتوسنتز می‌شود و از این طریق سبب کاهش سنتز کربوهیدرات‌ها برای رشد گیاه می‌شود و در نتیجه رشد و نمو گیاه با کاهش روبرو می‌شود. همچنین کاهش رشد در اثر تنش دمای پایین را می‌توان یک پاسخ فیزیولوژیک دانست. بدین صورت که در شرایط تنش، کربوهیدرات‌های تولید شده توسط گیاه به جای آن که صرف رشد طولی سلول شوند، در سلول‌ها به صورت محلول نگهداری می‌شوند تا از این طریق نقطه

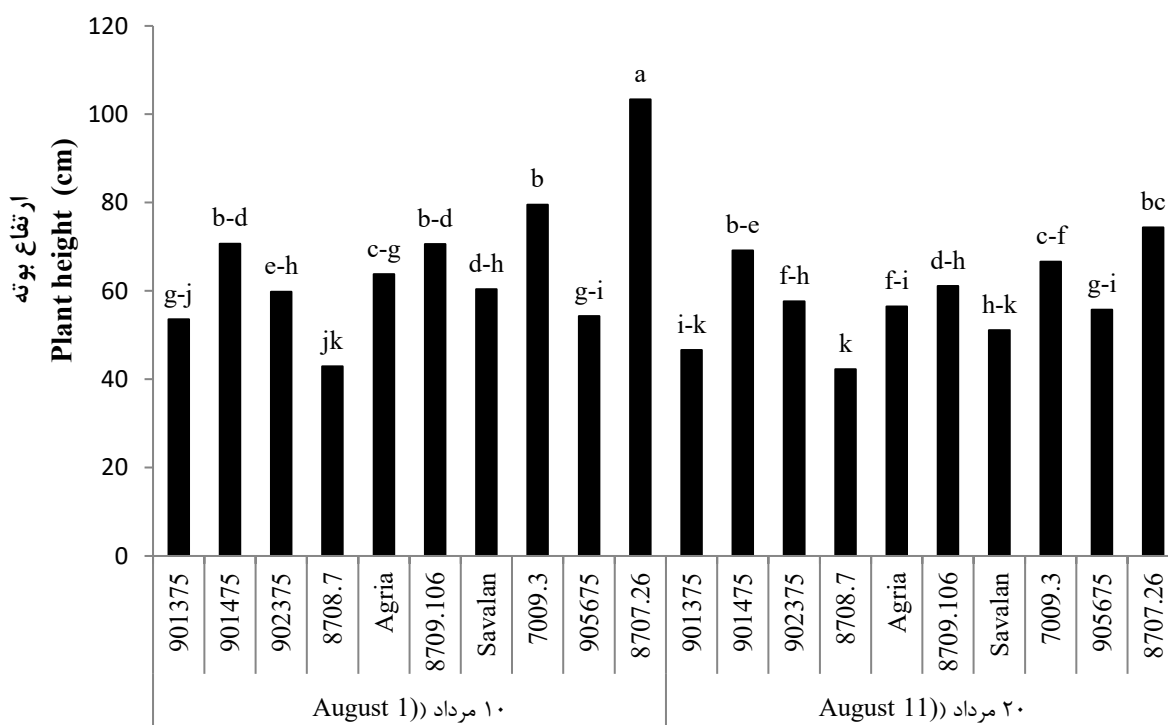
اثر سه‌گانه تاریخ کاشت، ژنوتیپ و سال نشان داد که بیشترین وزن غده در بوته در شرایط کاشت ۱۰ مرداد، رقم ۹۰۱۴۷۵ و در سال دوم آزمایش (۱۰۲۹/۷۷ گرم)، کاشت در ۱۰ مرداد، ژنوتیپ ۲۶-۸۷۰۷ و در سال دوم کاشت (۹۹۶/۲۳ گرم) و تاریخ کاشت ۱۰ مرداد، ژنوتیپ ۹۰۵۶۷۶ و سال اول آزمایش (۹۷۲/۰۱ گرم) بدست آمد (جدول ۵). در حالی که کمترین میانگین وزن غده در بوته (۳۹۵/۸۱ گرم) متعلق به ترکیب تیماری تاریخ کاشت ۲۰ مرداد، رقم ساوالان و در سال دوم آزمایش بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها برای ترکیب تیماری دو گانه تاریخ کاشت در ژنوتیپ مشخص کرد که بالاترین ارتفاع بوته (۱۰۳/۳۹ سانتی‌متر) را ژنوتیپ ۲۶-

است که کاربرد ترکیبات ضدتنش در سیب‌زمینی سبب افزایش وزن غده و شاخص‌های رشدی تحت تنش دمای پایین گردیدند (EL-Anany, 2020).

میزان نشاسته

محلول‌پاشی ترکیبات ضدسرما (فریزبن توأم با پتاسیم) نسبت به عدم مصرف آن‌ها و نیز تاریخ کاشت ۱۰ مرداد ماه نسبت به ۲۰ مرداد ماه باعث بهبود محتوای نشاسته ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی گردید. نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین‌ها برای اثر سه‌گانه سال، تاریخ کاشت و ژنوتیپ مشخص کرد که حداکثر محتوای نشاسته غده (۶۷/۹۱ درصد) در ترکیب تیماری تاریخ کاشت ۱۰ مرداد ماه و ژنوتیپ ۳-۷۰۰۹ و در سال دوم آزمایش مشاهده شد (جدول ۵). حداقل مقدار این شاخص (۲۸/۸۹ درصد) در تیمار تاریخ کاشت ۲۰ مرداد ماه و رقم ساوالان و در سال دوم کشت حاصل شد (جدول ۵).

انجماد پروتوپوسم پایین بیاید و در نهایت گیاه را در مقابل آسیب‌های ناشی از تنش سرما محافظت نمایند (Beck *et al.*, 2004). در طی یک پژوهشی مشخص گردید که تنش سرما سبب کاهش رشد رویشی در گیاه گندم گردید (Tobeh & Jamaati-e-Somarin, 2012). Jafari و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که تنش دمای پایین سبب کاهش ارتفاع بوته گیاه گوجه‌فرنگی شد. Dkhil و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند که مصرف پتاسیم سبب افزایش ارتفاع و وزن غده سیب‌زمینی گردید. Haddad و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که عنصر پتاسیم سبب افزایش وزن غده‌های سیب‌زمینی می‌شود. Manafi و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که محلول‌پاشی با ۵-آمینولولینیک اسید سبب افزایش ارتفاع گیاه سویا تحت شرایط تنش سرما گردید. Alizadeh Frutan و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کاربرد ماده ضد سرمای پاکلوبوترازول سبب افزایش ارتفاع بوته گیاه لوبیا سبز گردید. همچنین عنوان شده



شکل ۱: مقایسه میانگین تأثیر تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته ارقام سیب‌زمینی (میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند)

Figure 1: mean comparison of planting data on plant height of potato genotypes (Means with similar letters are not significantly different)

جدول ۵- اثر سال در تاریخ کاشت بر میانگین عملکرد بوته و میزان نشاسته غده ارقام سیب‌زمینی

Table 5- Effect of year and planting date on mean yield per plant and tuber starch percentage of potato genotypes

سال (Year)	ژنوتیپ (Genotype)	میانگین عملکرد هر بوته (گرم) (per plant (g))		درصد نشاسته (Starch) (percentage)	
		۱۰ مرداد August 1	۲۰ مرداد August 11	۱۰ مرداد August 1	۲۰ مرداد August 11
سال اول (First year)	901375	*864.15 b	659.12 f-i	36.92 h-k	43.11 e-h
	901475	824.53 bc	621.07 g-l	44.67 d-f	45.1 d-f
	902375	723.58 d-f	545.28 l-p	45.26 d-f	43.92 d-g
	8708-7	807.55 bc	673.69 e-g	41.81 f-j	42.4 f-i
	Agria	479.87 o-q	452.52 qr	44.21 d-g	44.17 d-g
	8709-106	479.56 o-q	431.13 qr	41.67 f-j	42.06 f-i
	Savalan	559.43 k-o	575.79 i-n	42.38 f-i	41.14 f-j
	7009-3	496.86 n-q	464.47 p-r	44.53 d-g	44.86 d-f
	905675	972.01 a	660.69 f-h	45.42 d-f	42.02 f-j
	8707-26	541.2 l-p	629.87 g-k	43.42 d-g	44.45 d-g
سال دوم (Second year)	901375	643.12 f-j	462.89 p-r	35.85 j-l	30.25 lm
	901475	1029.77 a	771.49 cd	55.92 b	57.03 b
	902375	644.02 f-j	499.79 m-q	40.45 f-j	40.96 f-j
	8708-7	581.97 h-m	484.7 o-q	30.31 lm	30.58 l-m
	Agria	587 h-l	469.6 p-r	55.2 bc	46.01 d-f
	8709-106	645.7 f-j	496.44 n-q	56.52 b	49.38 cd
	Savalan	493.08 n-q	395.81 r	38.36 g-k	28.89 m
	7009-3	749.69 c-e	568.65 j-n	67.91 a	56.43 b
	905675	694.34 d-g	571.91 j-n	32.66 k-m	36.4 i-l
	8707-26	996.23 a	697.7 d-g	30.31 lm	49.25 c-e
LSD _{0.05}		83.59		6.18	

*میانگین‌های با حروف مشابه در هر صفت اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

*Means with similar letters in each trait are not significantly different.

کیفیت غده‌های سیب‌زمینی با میزان نشاسته غده که از قند تولید شده در طول فتوسنتز ذخیره می‌شود، رابطه مستقیمی دارد. همچنین گزارش گردیده است که تاریخ کاشت و شرایط رشدی با محتوای نشاسته غده‌ها ارتباط مثبتی دارد. به طوری که در تاریخ کاشت زودتر به دلیل وجود دما و دوره نوری مناسب، رشد رویشی گیاه بهبود می‌یابد و در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد و از این طریق سبب افزایش محتوای نشاسته غده می‌شود. در صورتی که در کاشت

اثر سه‌گانه سال، ماده ضدسرما و ژنوتیپ مشخص کرد که بیشترین محتوای نشاسته غده در ترکیبات تیماری سال دوم کشت، ژنوتیپ ۳-۷۰۰۹ و در حالت‌های عدم کاربرد مواد ضدسرما (۶۲/۸۵ درصد) و استفاده از ترکیبات ضدسرما (۶۱/۵ درصد) بدست آمد (جدول ۶). کمترین میزان نشاسته غده (۲۱/۷۶ درصد) نیز از ترکیب تیماری عدم کاربرد ترکیبات ضدسرما، ژنوتیپ ۲۶-۸۷۰۷ و در سال دوم آزمایش حاصل شد (جدول ۶).

قندهای محلول (۰/۸۷۴ میلی‌مول در گرم وزن تر) در ژنوتیپ ۹۰۱۴۷۵، استفاده از ترکیبات ضدسرما و سال دوم آزمایش بدست آمد (جدول ۶). پایین‌ترین میزان این شاخص (۰/۳۶۶ میلی‌مول در گرم وزن تر) نیز متعلق به ترکیب تیماری عدم کاربرد مواد ضدسرما در ژنوتیپ ۲۶-۸۷۰۷ و سال دوم آزمایش بود (جدول ۶). گیاهان برای مقابله با گونه‌های فعال اکسیژنی ناشی از تنش اکسیداتیو دارای مکانیسم‌های دفاعی آنتی-اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی هستند که در تنظیم سطوح گونه‌های فعال اکسیژن و ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی نقش دارند (Mutlu et al., 2009). در همین زمینه، تجمع کربوهیدرات‌ها در شرایط تنش‌های محیطی یکی از بارزترین مشخصات گیاهان می‌باشد. زیرا این کربوهیدرات‌ها با فرآیندهای متابولیکی گیاه از قبیل فتوسنتز، انتقال و تنفس رابطه مستقیمی دارند. قندهای محلول از طریق تنظیم اسمزی و افزایش غلظت شیره سلولی سبب محافظت از غشاهای سلولی و پروتئین‌ها می‌شوند و از این طریق مقاومت گیاه در برابر تنش سرما را بهبود می‌بخشند (Yoon et al., 2017). هم‌چنین این ترکیبات از طریق کاهش نقاط انجماد و برهمکنش با دو لایه لیپیدی برای افزایش پایداری غشاء، محافظت در برابر سرما را فراهم می‌کنند (Dhaliwal et al., 2019). افزایش کربوهیدرات‌های محلول غده سیب‌زمینی عموماً پاسخی در مواجهه با تنش‌های محیطی می‌باشد (Zadehbagheri et al., 2012). در طی مطالعه‌ای، مشخص گردید که تنش سرمایی سبب بهبود محتوای قندهای محلول در گیاه نخود شد (Nayyar et al., 2005). Pourasadollahi و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که محلول‌پاشی ترکیبات اپی‌براسینولید، جیبرلیک اسید و استیل سالیسیلیک اسید سبب افزایش میزان قندهای محلول برگ و غده گیاه سیب‌زمینی گردید. Abedi Baba و Arabi و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که محلول‌پاشی عناصر پتاسیم و روی سبب افزایش میزان قندهای محلول در گلرنگ تحت تنش خشکی گردید.

ماده خشک و ویتامین ث

دیرهنگام، تنش سرمایی موجب آسیب به گیاهان می‌شود و از این طریق سبب کاهش رشد رویشی گیاه و کاهش فتوسنتز گیاه سیب‌زمینی می‌گردد و در نهایت منجر به تولید غده‌هایی با محتوای نشاسته کم‌تر می‌شود (Ilyas et al., 2021). Zhang و همکاران (۲۰۲۱) اظهار داشتند که میزان تجمع نشاسته در گندم تحت تأثیر دمای پایین کاهش یافت. Souza و همکاران (۲۰۰۴) در لوپیا چشم بلبلی نیز گزارش کردند که تنش آبی باعث کاهش محتوای نشاسته گردید. گزارش شده است که کاربرد ترکیبات ضداسترس در سیب‌زمینی باعث بهبود محتوای نشاسته، درصد ماده خشک و میزان پروتئین شده است (EL-Anany, 2020). Hannan و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که با افزایش مصرف پتاسیم میزان نشاسته غده سیب‌زمینی نیز افزایش می‌یابد. عنوان شده است که عنصر پتاسیم در فرآیندهای متابولیکی از قبیل انتقال مواد فتوسنتزی و قند از برگ‌ها به غده و تبدیل قند به نشاسته در سیب‌زمینی نقش مهمی دارد (Kazemi et al., 2011).

قندهای محلول غده

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از ماده ضدسرما (فریزین + پتاسیم) سبب افزایش میزان قندهای محلول غده سیب‌زمینی گردید. هم‌چنین ژنوتیپ‌های سیب-زمینی در تاریخ کاشت ۱۰ مرداد ماه نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ مرداد ماه دارای میزان قندهای محلول بیش-تری بودند. اثر متقابل تاریخ کشت، ترکیبات ضدسرما و سال نشان داد که ترکیب تیماری کاشت در ۲۰ مرداد و کاربرد ضدسرما در سال دوم دارای بیشترین محتوای قندهای محلول (۰/۶۹۱ میلی‌مول در گرم وزن تر) بود (جدول ۴). در حالی که کمترین میزان قندهای محلول (۰/۵۸۹ میلی‌مول در گرم وزن تر) را ترکیب تیماری کاشت در ۲۰ مرداد و عدم کاربرد ضدسرما در سال دوم به خود اختصاص داد (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها برای اثر سه‌گانه ترکیب تیماری سال، ترکیب ضدسرما و ژنوتیپ مشخص کرد که بالاترین محتوای

پتاسیم در گوجه‌فرنگی را گزارش دادند. Ilyas و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که کاشت زودرس سیب زمینی موجب تولید غده‌هایی با بیش‌ترین مقدار ماده خشک می‌گردد که ممکن است به دلیل شرایط بهینه دما و دوره نوری باشد. Darini و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر تاریخ کاشت و ترکیبات ضدسرما را بر روی ارقام مختلف سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند که تاریخ کاشت زود هنگام (۲۰ شهریور ماه) دارای بیش‌ترین درصد ماده خشک غده بود. هم‌چنین بیان داشتند که استفاده از ترکیبات ضدسرما سبب افزایش محتوای ماده خشک غده گردید. به طوری که بیش‌ترین ماده خشک غده در حالت محلول‌پاشی ترکیبات ضدسرما و رقم سانتا مشاهده شد. در تحقیقی مشخص گردید که کاربرد پتاسیم سبب بهبود خصوصیات کیفی غده‌های سیب‌زمینی از جمله درصد ماده خشک غده گردید (Abdul Hannan *et al.*, 2011). هم‌چنین اثرات مثبت عنصر پتاسیم بر افزایش درصد ماده خشک سیب زمینی دارد در تحقیقات دیگر نیز به اثبات رسیده است (Laboski & Kelling, 2007).

بر طبق نتایج مشاهده شده، میزان ماده خشک و ویتامین ث ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی تحت تأثیر کاربرد ترکیبات ضدسرما (فریزین توأم با پتاسیم) و نیز در تاریخ کاشت ۱۰ مرداد ماه افزایش یافتند. بیش‌ترین میزان ماده خشک (۳/۳۲ درصد) در تاریخ کاشت ۱۰ مرداد ماه و کم‌ترین محتوای آن (۳/۰۴ درصد) در تاریخ کاشت ۲۰ مرداد ماه به‌دست آمد. اثر ترکیب تیماری سه‌گانه ترکیبات ضدسرما، ژنوتیپ و سال بیانگر این بود که ترکیب تیماری کاربرد مواد ضدسرما در ژنوتیپ ۲۶-۸۷۰۷ در سال دوم کاشت دارای بالاترین میزان ویتامین ث (۲۰/۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و ماده خشک (۵/۶ درصد) بود (جدول ۶). پایین‌ترین محتوای ویتامین ث (۸/۵۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در ترکیب تیماری عدم استفاده از ترکیبات ضدسرما در ژنوتیپ ۹۰۱۳۷۵ و در سال دوم آزمایش مشاهده گردید (جدول ۶). از طرفی کم‌ترین میزان ماده خشک غده (۱/۷۸ درصد) را ترکیب تیماری محلول‌پاشی ترکیبات ضدسرما بر روی رقم ساوالان و در سال دوم کشت به خود اختصاص داد (جدول ۶).

در پژوهشی عنوان شده است که محتوای ویتامین ث سیب‌زمینی می‌تواند تحت تأثیر ژنوتیپ، تاریخ برداشت و شرایط رشد قرار گیرد (Burgos *et al.*, 2009). در این راستا، گزارش گردیده است که افزایش مقدار ویتامین ث در سیب‌زمینی باعث مقاومت گیاه در برابر تنش شوری و اسمزی می‌گردد (Upadhyaya *et al.*, 2010). Malash و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که تنش تأثیر مثبتی در افزایش مقدار ویتامین ث دارد. ایشان این موضوع را با تجمع مونوساکاریدها در میوه مرتبط دانستند. هم‌چنین Layegh و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند که به دلیل کاهش رشد و کاهش سطح برگ گیاهان گوجه‌فرنگی تحت شرایط تنش شوری، محتوای ویتامین ث بهبود یافت. Shabani و Sangtarashani (۲۰۱۳) افزایش میزان ویتامین ث تحت شرایط تنش شوری و کاربرد

جدول ۶- اثر ترکیب تیماری محلول‌پاشی ترکیبات ضدسرما در سال بر میزان قندهای محلول، نشاسته، ویتامین ث و ماده خشک غده ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی

Table 6- Combination effect of antifreeze compounds foliar application and year on soluble sugars, starch, vitamin C and tuber dry matter of potato genotypes

ترکیبات تیماری (Treatment combination)	قند محلول Soluble sugar (mM g ⁻¹ FW)	ویتامین ث Vitamin C (mg g ⁻¹ FW)	نشاسته Starch (%)	ماده خشک غده Tuber dry matter (%)
سال اول × ماده ضدسرما × ۹۰۱۳۷۵ (First year × Antifreeze × 901375)	0.63 d-f	12.08 e-g	36.41 g-k	4.25 bc
سال اول × ماده ضدسرما × ۹۰۱۴۷۵ (First year × Antifreeze × 901475)	0.647 d-f	11.21 e-l	44.91 d-g	2.61 j-p
سال اول × ماده ضدسرما × ۹۰۲۳۷۵ (First year × Antifreeze × 902375)	0.668 c-e	12.07 e-g	44.62 d-g	3.11 d-n
سال اول × ماده ضدسرما × ۸۷۰۸-۷ (First year × Antifreeze × 8708-7)	0.619 d-g	12.5 d-f	42.13 e-j	3.93 b-d
سال اول × ماده ضدسرما × آگریا (First year × Antifreeze × Agria)	0.645 d-f	10.3 e-l	44.21 d-g	3.31 d-m
سال اول × ماده ضدسرما × ۸۷۰۹-۱۰۶ (First year × Antifreeze × 8709-106)	0.617 d-g	12.55 d-f	41.89 e-j	2.66 i-o
سال اول × ساوالان × ماده ضدسرما (First year × Antifreeze × Savalan)	0.619 d-g	12.25 e-f	41.79 f-j	2.46 m-p
سال اول × ماده ضدسرما × ۷۰۰۹-۳ (First year × Antifreeze × 7009-3)	0.62 d-g	11.57 e-i	44.72 d-g	2.85 g-o
سال اول × ماده ضدسرما × ۹۰۵۶۷۵ (First year × Antifreeze × 905675)	0.685 c-e	11.42 e-j	43.75 d-h	3.35 d-l
سال اول × ماده ضدسرما × ۸۷۰۷-۲۶ (First year × Antifreeze × 8707-26)	0.76 a-d	12.39 e-f	43.85 d-h	3.56 c-h
سال اول × آب × ۹۰۱۳۷۵ (First year × Water × 901375)	0.725 a-d	11.73 e-h	43.62 d-i	3.4 c-k
سال اول × آب × ۹۰۱۴۷۵ (First year × Water × 901475)	0.635 d-f	11.19 e-l	44.86 d-g	2.51 l-p
سال اول × آب × ۹۰۲۳۷۵ (First year × Water × 902375)	0.656 c-f	12.05 e-g	44.57 d-g	3.01 e-n
سال اول × آب × ۸۷۰۸-۷ (First year × Water × 8708-7)	0.607 d-h	12.47 d-f	42.08 e-j	3.83 c-e
سال اول × آب × آگریا (First year × Water × Agria)	0.633 d-f	10.28 f-l	44.16 d-g	3.21 d-n
سال اول × آب × ۸۷۰۹-۱۰۶ (First year × Water × 8709-106)	0.605 d-h	12.53 d-f	41.84 e-j	2.56 k-p
سال اول × ساوالان × آب (First year × Water × Savalan)	0.607 d-h	12.22 e-f	41.74 f-j	2.36 n-p
سال اول × آب × ۷۰۰۹-۳ (First year × Water × 7009-3)	0.608 d-g	11.55 e-j	44.67 d-g	2.75 h-o
سال اول × آب × ۹۰۵۶۷۵ (First year × Water × 905675)	0.673 c-e	11.4 e-k	43.7 d-h	3.25 d-m
سال اول × آب × ۸۷۰۷-۲۶ (First year × Water × 8707-26)	0.739 a-d	12.27 e-f	44.02 d-g	3.43 c-j
سال دوم × ماده ضدسرما × ۹۰۱۳۷۵ (Second year × Antifreeze × 901375)	0.615 d-g	8.81 j-l	34.38 j-k	3.2 d-n
سال دوم × ماده ضدسرما × ۹۰۱۴۷۵ (Second year × Antifreeze × 901475)	0.874 a	15.15 b-d	60.71 ab	3.53 c-h
سال دوم × ماده ضدسرما × ۹۰۲۳۷۵ (Second year × Antifreeze × 902375)	0.673 c-e	12.15 e-g	44.9 d-g	3.11 d-n
سال دوم × ماده ضدسرما × ۸۷۰۸-۷ (Second year × Antifreeze × 8708-7)	0.466 g-j	9.41 g-l	31.72 k	2.96 f-n
سال دوم × ماده ضدسرما × آگریا (Second year × Antifreeze × Agria)	0.753 a-d	11.49 e-j	51.55 b-d	3.91 b-d
سال دوم × ماده ضدسرما × ۸۷۰۹-۱۰۶ (Second year × Antifreeze × 8709-106)	0.808 a-c	16.43 b	54.81 a-c	3.5 c-i
سال دوم × ساوالان × ماده ضدسرما (Second year × Antifreeze × Savalan)	0.45 h-j	8.9 i-l	30.41 kl	1.78 p
سال دوم × ماده ضدسرما × ۷۰۰۹-۳ (Second year × Antifreeze × 7009-3)	0.852 ab	15.93 b	61.5 a	3.88 b-d
سال دوم × ماده ضدسرما × ۹۰۵۶۷۵ (Second year × Antifreeze × 905675)	0.541 e-i	8.98 h-l	34.36 jk	2.66 o
سال دوم × ماده ضدسرما × ۸۷۰۷-۲۶ (Second year × Antifreeze × 8707-26)	0.501 f-j	20.2 a	28.87 kl	5.6 a
سال دوم × آب × ۹۰۱۳۷۵ (Second year × Water × 901375)	0.528 e-i	8.54 l	31.73 k	2.48 m-p
سال دوم × آب × ۹۰۱۴۷۵ (Second year × Water × 901475)	0.739 a-d	13.03 c-e	52.24 b-d	2.93 f-o
سال دوم × آب × ۹۰۲۳۷۵ (Second year × Water × 902375)	0.538 e-i	9.88 f-l	36.51 g-k	2.46 m-p
سال دوم × آب × ۸۷۰۸-۷ (Second year × Water × 8708-7)	0.423 ij	8.65 kl	29.17 kl	2.61 j-p
سال دوم × آب × آگریا (Second year × Water × Agria)	0.713 b-d	11.13 e-l	49.66 c-f	3.63 c-g
سال دوم × آب × ۸۷۰۹-۱۰۶ (Second year × Water × 8709-106)	0.74 a-d	15.34 bc	51.08 c-e	3.23 d-m
سال دوم × ساوالان × آب (Second year × Water × Savalan)	0.533 e-i	10.75 e-l	36.84 g-k	2.08 op
سال دوم × آب × ۷۰۰۹-۳ (Second year × Water × 7009-3)	0.858 ab	16.34 b	62.85 a	3.76 c-f
سال دوم × آب × ۹۰۵۶۷۵ (Second year × Water × 905675)	0.535 e-i	9.05 h-l	34.7 h-k	2.6 j-p
سال دوم × آب × ۸۷۰۷-۲۶ (Second year × Water × 8707-26)	0.366 j	17.34 b	21.76 l	4.71 b
LSD _{0.05}	0.157	2.75	9.25	0.85

*میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

*Means with similar letters in each column are not significantly different.

نتیجه‌گیری کلی

به نتایج مشاهده شده چنین استنباط می‌شود که کاربرد ترکیبات ضدسرما و تاریخ کاشت ۱۰ مرداد ماه موجب تغییراتی در صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی شدند که شرایط مناسب‌تری را برای رشد و افزایش عملکرد آن‌ها فراهم آوردند. بنابراین می‌توان تاریخ کاشت ۱۰ مرداد و محلول‌پاشی ترکیب فریزین به همراه پتاسیم را جهت حصول عملکرد مطلوب در مزارع سیب‌زمینی منطقه اردبیل توصیه کرد.

سپاسگزاری

نویسندگان از مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل (آلاروق) و کارشناسان آزمایشگاه گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر مساعدت و همکاری در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند.

کاربرد توأم ترکیبات ضدسرما فریزین و پتاسیم در مقایسه با عدم کاربرد آن‌ها سبب بهبود صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی گردید. نتایج نشان داد که استفاده همزمان از ترکیبات ضدسرما فریزین و پتاسیم وزن غده در بوته را در مقایسه با عدم مصرف آن‌ها به میزان ۲۴/۰۸ درصد افزایش داد. از طرفی تاریخ کاشت ۱۰ مرداد ماه نیز نسبت به ۲۰ مرداد ماه تأثیر مطلوب‌تری بر صفات مورد مطالعه داشت. به طوری که وزن غده در بوته در تاریخ کاشت ۱۰ مرداد ماه در مقایسه با ۲۰ مرداد ماه، ۱۲/۳۱ درصد بیشتر بود. در این تحقیق، ژنوتیپ ۹۰۱۴۷۵ دارای بیشترین وزن غده در بوته و ژنوتیپ ۸۷۰۷-۲۶ دارای حداکثر ارتفاع بوته، محتوای کلروفیل a، b، کل، ویتامین ث، قندهای محلول و ماده خشک بودند. با توجه

References

- Abbasi, G. H., Akhtar, J., Anwar-ul-Haq, M. & Ahmad, N. (2012). Screening of maize hybrids for salt tolerance at seedling stage under hydroponic condition. *Soil and Environment*, 31(1). 83-90.
- Abdul Hannan, A., Arif, M., Ranjha, A. M., Abid, A., Fan, X. H. & Li. Y. C. (2011). Using soil potassium adsorption and yield response models to determine potassium fertilizer rates for potato crop on a calcareous soil in Pakistan. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(6), 645-655. doi:10.1080/00103624.2011.550378.
- Abedi Baba-Arabi, S., Movahhedi Dehnavi, M., Yadavi, A. R. & Adhami, E. (2012). Effects of Zn and K foliar application on physiological traits and yield of spring safflower under drought stress. *Journal of Crop Production*, 4(1), 75-90. (In Farsi). doi: 20.1001.1.2008739.1390.4.1.6.8.
- Alavi Matin, S. M., Rahnama, A. & Meskarbashi, M. (2015). Effects of type and rate of potassium fertilizer on agronomic and physiological traits of two durum wheat varieties under salt stress. *Cereal Research*, 5(2), 177-187. (In Farsi). doi:20.1001.1.22520163.1394.5.2.6.9.
- Alizadeh Frutan, M., Pirdashti, H., Yaghoobian, Y. & Babaeizad, V. (2016). Effect of paclobutrazol and priformospora indica inoculation on antioxidant enzymes activity and morphological characteristics of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in chilling stress. *Journal of Plant Process and Function*, 5(15), 133-146. (In Farsi). doi:20.1001.1.23222727.1395.5.15.8.1.
- Arafa, A. A., Farouk, S. & Mohamed, H. S. (2011). Effect of potassium fertilizer, biostimulants and effective microorganisms as well as their interactions on potato growth, photosynthetic pigments and stem anatomy. *Journal of Plant Production*, 2(8), 1017-1035. doi:10.21608/jpp.2011.85634.

- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15. doi:10.1104/pp.24.1.1.
- Baghbani-Arani, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mashhadi-Akbar-Boojar, M. & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2017). Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost under deficit water stress. *Industrial Crops and Products*, 109, 346-357. doi:10.1016/j.indcrop.2017.08.049.
- Bagheri, F. & Blochi, H. (2013). Effect of planting date on some quantity and quality nine grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in Yasouj. *Journal of Crop Production and Processing*, 3(9), 29-42. (In Farsi). doi: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.3.6.
- Baninasab, B. (2009). Amelioration of chilling stress by paclobutrazol in watermelon seedlings. *Scientia Horticulturae*, 121(2), 144-148. doi:10.1016/j.scienta.2009.01.028.
- Beck, E. H., Heim, R. & Hansen, J. (2004). Plant resistance to cold stress: mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening. *Journal of Biosciences*, 29(4), 449-459. doi:10.1007/BF02712118.
- Burgos, G., Auqui, S., Amoros, W., Salas, E. & Bonierbale, M. (2009). Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(6), 533-538. doi:10.1016/j.jfca.2008.05.013.
- Chinnusamy, V., Zhu, J. & Zhu, J. K. (2007). Cold stress regulation of gene expression in plants. *Trends in Plant Science*, 12(10), 444-451. doi:10.1016/j.tplants.2007.07.002.
- Colom, M. R. & Vazzana, C. (2001). Drought stress effects on three cultivars of *Eragrostis curvula*: photosynthesis and water relations. *Plant Growth Regulation*, 34(2), 195-202. doi:10.1023/A:1013392421117
- Darini, A., Fathi, Gh., Gharineh, M. H., Alami-Saeid, Kh., Khodadadi, M. & Siadat, S. A. (2013). Effect of planting date and application of anti-freeze on tuber yield and some physiological traits of potato cultivars in autumn planting in jiroft region of Iran. *Seed and Plant Production Journal*, 29(4), 443-459. (In Farsi). doi:10.22092/sppj.2017.110524.
- Dhaliwal, A., Khondker, A., Alsop, R. & Rheinstädter, M. C. (2019). Glucose can protect membranes against dehydration damage by inducing a glassy membrane state at low hydrations. *Membranes*, 9(1), 15. doi:10.3390/membranes9010015.
- Dkhil, B. B., Denden, M. & Aboud, S. (2011). Foliar potassium fertilization and its effect on growth, yield and quality of potato grown under loan-sandy soil and semi-arid. *International Journal of Agricultural Research*, 6(7), 593-600. doi:10.3923/ijar.2011.593.600.
- Economakis, C. & Daskalaki, A. (2003). Effect of potassium nutrition on yield and quality of tomato plants grown with nutrient film technique under sodium chloride saline conditions. In *International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment*, 609, 337-339. doi:10.17660/ActaHortic.2003.609.50.
- EL-Anany, A. (2020). Stimulate the ability of potato plant to tolerance low temperature in winter plantation. *Journal of Productivity and Development*, 25(4), 425-451. doi:10.21608/jpd.2020.140227.
- El-Dissoky, R. A. & Abdel-Kadar, A. E. S. (2013). Effect of boron as a foliar application on some potatoes cultivars under Egyptian alluvial soil conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 9(5), 232-240. doi:sweri.sci.eg/detailsofresearches.php?id=686.
- Farzaneh, M., Ghanbari, M., Eftekharian Jahromi, A. & Jaavaanmardi, Sh. (2014). Effect of salicylic acid foliar application on osmolytes content and photosynthetic

- pigments of eggplant (*Solanum melongena* L.) under cold stress. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, 8(32), 75-83. (In Farsi). doi:[10.1001.1.76712423.1392.8.32.8.2](https://doi.org/10.1001.1.76712423.1392.8.32.8.2).
- Faten, S. A., Shaheen, A. M., Ahmed, A. A. & Mahmoud, A. R. (2010). Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, 6(5), 583-588.
- Fayez, K. A. & Bazaid, S. A. (2014). Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13(1), 45-55. doi:[10.1016/j.jssas.2013.01.001](https://doi.org/10.1016/j.jssas.2013.01.001).
- Fereres, E. & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 147-159. doi:[10.1093/jxb/erl165](https://doi.org/10.1093/jxb/erl165)
- Haddad, M., Bani-Hani, N. M., Al-Tabbal, J. A. & Al-Fraihat, A. H. (2016). Effect of different potassium nitrate levels on yield and quality of potato tubers. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 14(1), 101-107.
- Hagman, J. E. & Martenssen, A. (2009). Cultivation practices and potato cultivars suitable for organic potato production. *Potato Research*, 52, 319 -330.
- Hannan, A., Arif, M., Ranjha, A. M., Abid, A., Fan, X. H. & Li, Y. C. (2011). Using soil potassium adsorption and yield response models to determine potassium fertilizer rates for potato crop on a calcareous soil in Pakistan. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(6), 645-655. doi:[10.1080/00103624.2011.550378](https://doi.org/10.1080/00103624.2011.550378).
- Haverkort, A. J. & Verhagen, A. (2008). Climate change and its repercussions for the potato supply chain. *Potato Research*, 51(3), 223-237. doi:[10.1007/s11540-008-9107-0](https://doi.org/10.1007/s11540-008-9107-0)
- Ilyas, M., Ayub, G., Imran, Ali Awan, A. & Ahmad, M. (2021). Calcium and boron effect on production and quality of autumn potato crop under chilling temperature. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(4), 375-388. doi:[10.1080/00103624.2020.1854286](https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1854286).
- Jafari, S. R., Manouchehr Kalantari, Kh. & Turkzadeh, M. (2006). The evaluation of paclobutrazol effects on increase cold hardiness in tomato seedlings (*lycopersicum esculentum* L.). *Iranian Journal of Biology*. 19(3), 290-298. (In Farsi)
- Kalisz, A., Jezdinsky, A., Pokluda, R., Sękara, A., Grabowska, A. & Gil, J. (2016). Impacts of chilling on photosynthesis and chlorophyll pigment content in juvenile basil cultivars. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 57(4), 330-339. doi:[10.1007/s13580-016-0095-8](https://doi.org/10.1007/s13580-016-0095-8)
- Karimi, R. (2017). Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. *Scientia Horticulturae*, 215, 184-194. doi:[10.1016/j.scienta.2016.12.018](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.018)
- Kazemi, M., Abadi, H. & Tavakoli, H. (2011). Potato production management. *agricultural education and extension press*. 156 p.
- Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A. & Khan, N. A. (2015). Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plant Science*, 6, 462. doi:[10.3389/fpls.2015.00462](https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00462).
- Kumar, G., Verama, M. M. & Singh, J. (2004). Effect of potassium and nitrogen on yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, 17(1), 45-57.
- Laboski, C. A. & Kelling, K. A. (2007). Influence of fertilizer management and soil fertility on tuber specific gravity: a

- review. *American Journal of Potato Research*, 84(4), 283-290.
- Lawlor, D. W. & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants affected by N fertilization. *Agronomy Journal*, 73, 583-587. doi:[10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x](https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x).
- Layegh, M., Peyvast, G., Samiezadeh, H. & Khosusi, M. (2010). Effect of salinity on growth, yield and quality indices of tomato in soilless culture. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 40(4), 11-21. (In Farsi). doi:[20.1001.1.2008482.1388.40.4.2.5](https://doi.org/20.1001.1.2008482.1388.40.4.2.5).
- Li, H., Luo, W., Ji, R., Xu, Y., Xu, G., Qiu, S. & Tang, H. (2021). A comparative proteomic study of cold responses in potato leaves. *Heliyon*, 7(2), e06002. doi:[10.1016/j.heliyon.2021.e06002](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06002)
- Malash, N., Ghaibeh, A., Yeo, A., Ragab, R. & Cuartero, J. (2002). Effect of irrigation water salinity on yield and fruit quality of tomato. In *International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity*, 573, 415-423. doi:[10.17660/ActaHortic.2002.573.51](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.573.51)
- Manafi, E., Modarres-Sanavy, S. A. M., Agha Alikhani, M. & Modares Vameghi, S. M. (2014). Effect of concentration and application methods of 5-aminolevulinic acid on inducing cold resistance of Soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Crop Production*, 7(2), 157-174. (In Farsi). doi:[20.1001.1.2008739.1393.7.2.9.4](https://doi.org/20.1001.1.2008739.1393.7.2.9.4).
- McCready, R. M., Guggolz, J., Silveira, V. & Owens, H. S. (1950). Determination of starch and amylose in vegetables. *Analytical Chemistry*, 22, 1156-1158. doi:[10.1021/ac60045a016](https://doi.org/10.1021/ac60045a016)
- McCue, P., Zheng, Z., Pinkham, J. L. & Shetty, K. (2000). A model for enhanced pea seedling vigour following low pH and salicylic acid treatments. *Process Biochemistry*, 35(6), 603-613. doi:[10.1016/S0032-9592\(99\)00111-9](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(99)00111-9).
- Miura, K. & Furumoto, T. (2013). Cold signaling and cold response in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(3), 5312-5337. doi:[10.3390/ijms14035312](https://doi.org/10.3390/ijms14035312).
- Miura, K. & Tada, Y. (2014). Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Frontiers in Plant Science*, 5, 4. doi:[10.3389/fpls.2014.00004](https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00004)
- Moradi, R., Koocheki, A. & Nassiri Mahallati, M. (2014). Adaptation of maize to climate change impacts in Iran. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19(8), 1223-1238. doi:[10.1007/s11027-013-9470-2](https://doi.org/10.1007/s11027-013-9470-2)
- Mutlu, S., Atici, Ö. & Nalbantoglu, B. (2009). Effects of salicylic acid and salinity on apoplastic antioxidant enzymes in two wheat cultivars differing in salt tolerance. *Biologia Plantarum*, 53(2), 334-338. doi:[10.1007/s10535-009-0061-8](https://doi.org/10.1007/s10535-009-0061-8)
- Najafzadeh, S. & Ehsanpour, A. (2012). Effect of drought stress on some physiological parameters of two potato cultivars (Kenebec and Concord) under in vitro culture condition. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 2(1), 70-81. doi:[20.1001.1.2008790.1391.2.1.6.1](https://doi.org/20.1001.1.2008790.1391.2.1.6.1).
- Nayyar, H., Bains, T. & Kumar, S. (2005). Chilling stressed chickpea seedlings: Effect of cold acclimation, calcium and abscisic acid on cryoprotective solutes and oxidative damage. *Environmental and Experimental Botany*, 54, 275-285. doi:[10.1016/j.envexpbot.2004.09.007](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.09.007).
- Pourasadollahi, A., Siosemardeh, A., Hosseinpanahi, F. & Sohrabi, Y. (2019). Effect of spraying of growth regulators on water use efficiency, some osmolites and physiological traits of potato in drought stress conditions. *Journal of Plant Process and Function*, 9(35), 329-345. (In Farsi). doi:[20.1001.1.23222727.1399.9.35.16.7](https://doi.org/20.1001.1.23222727.1399.9.35.16.7).
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. & Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and

- tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30(2), 157-161. doi:[10.1023/A:1006386800974](https://doi.org/10.1023/A:1006386800974).
- Shabani Sangtarashani, E. & Tabatabaei, S. J. (2013). The effect of potassium concentration in nutrient solution on lycopene, vitamin c and qualitative characteristics of cherry tomato in saline conditions. *Journal of Crop Production and Processing*, 3(7), 133-143. (In Farsi). doi:[20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1](https://doi.org/20.1001.1.22518517.1392.3.7.12.1).
- Shahryari, R. & Vahid Taze-Kand, S. (2023). Effect of pretreatment of Agria potato (*Solanum tuberosum*) seedlings with potassium humate on production of seed minitubers. *Journal of Vegetables Sciences*. (In Farsi). doi:[10.22034/iuvs.2023.1999972.1279](https://doi.org/10.22034/iuvs.2023.1999972.1279).
- Slugina, M. A., Meleshin, A. A., Kochieva, E. Z. & Shchennikova, A. V. (2020). The opposite effect of low temperature on the Phola starch phosphorylase gene expression in *Solanum tuberosum* L. tubers and petota species leaves. *American Journal of Potato Research*, 97(1), 78-87. doi:[10.1007/s12230-019-09758-z](https://doi.org/10.1007/s12230-019-09758-z)
- Souza, R. P., Machado, E. C., Silva, J. A. B., Lagôa, A. M. M. A. & Silveira, J. A. G. (2004). Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 51(1), 45-56. doi:[10.1016/S0098-8472\(03\)00059-5](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(03)00059-5).
- Tadjvar, Y., Fotouhi Ghazvini, R., Hamidoghli, Y. & Hassan Sajedi, R. (2011). Physiological and biochemical responses of page mandarin on citrange rootstock to low temperature stress. *Iranian Journal of Plant Biology*, 3(9), 1-12. (In Farsi). doi:[20.1001.1.20088264.1390.3.9.2.2](https://doi.org/20.1001.1.20088264.1390.3.9.2.2).
- Takahiro, N., Shogo, T., Motoyuki, M., Shigenobu, T., Chie, M. E., Katsuichi, S., Arachichige, W. H., Akihiro, H., Yasuyuki, S. & Hiroaki, Y. (2004). The effect of harvest dates on the starch properties of various potato cultivars. *Food Chemistry*, 86, 119-125. doi:[10.1016/j.foodchem.2003.09.035](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.035).
- Tobeh, A. & Jamaati-e-Somarin, S. H. (2012). Low temperature stress effect on wheat cultivars germination. *African Journal of Microbiology Research*, 6, 1265-1269. doi:[10.5897/AJMR11.1498](https://doi.org/10.5897/AJMR11.1498)
- Upadhyaya, C. P., Akula, N., Young, K. E., Chun, S. C., Kim, D. H. & Park, S. W. (2010). Enhanced ascorbic acid accumulation in transgenic potato confers tolerance to various abiotic stresses. *Biotechnology Letters*, 32(2), 321-330. doi:[10.1007/s10529-009-0140-0](https://doi.org/10.1007/s10529-009-0140-0).
- Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q. & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(4), 7370-7390. doi:[10.3390/ijms14047370](https://doi.org/10.3390/ijms14047370).
- Yadegari, L. Z., Heidari, R. & Carapetian, J. (2007). The influence of cold acclimation on proline, malondialdehyde (MDA), total protein and pigments contents in soybean (*Glycine max*) seedlings. *Journal of Biological Sciences*, 7(8), 1436-1141. doi:[10.3923/jbs.2007.1436.1441](https://doi.org/10.3923/jbs.2007.1436.1441).
- Yoon, Y. E., Kuppusamy, S., Cho, K. M., Kim, P. J., Kwack, Y. B. & Lee, Y. B. (2017). Influence of cold stress on contents of soluble sugars, vitamin C and free amino acids including gamma-aminobutyric acid (GABA) in spinach (*Spinacia oleracea*). *Food Chemistry*, 215, 185-192. doi:[10.1016/j.foodchem.2016.07.167](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.167).
- You, L., Song, Q., Wu, Y., Li, S., Jiang, C., Chang, L., Yang, X. & Zhang, J. (2019). Accumulation of glycine betaine in transplastomic potato plants expressing choline oxidase confers improved drought tolerance. *Planta*, 249(6), 1963-1975. doi:[10.1007/s00425-019-03153-y](https://doi.org/10.1007/s00425-019-03153-y).
- Zadehbagheri, M., Kamelmanesh, M. M., Javanmardi, S. & Sharafzadeh, S. (2012). Effect of drought stress on yield and yield components, relative leaf water content,

- proline and potassium ion accumulation in different white bean genotype. *African Journal of Agriculture Research*, 7, 5661-5670. doi:[10.5897/AJAR10.901](https://doi.org/10.5897/AJAR10.901).
- Zhang, W., Zhao, Y., Li, L., Xu, X., Yang, L., Luo, Z., Wang, B., Ma, S., Fan, Y. & Huang, Z. (2021). The effects of short-term exposure to low temperatures during the booting stage on starch synthesis and yields in wheat grain. *Frontiers in Plant Science*, 12, 684784. doi:[10.3389/fpls.2021.684784](https://doi.org/10.3389/fpls.2021.684784).
- Zhang, Y., Zhang, L., Yang, N., Huth, N., Wang, E., Werf, W. V. D., Evers, J. B., Wang, Q., Zhang, D., Wang, R., Gao, H. & Anten, N. P. R. (2019). Optimized planting time windows mitigate climate risks for oats production under cool semi-arid growing conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 266, 184-197. doi:[10.1016/j.agrformet.2018.12.019](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.12.019).
- Ziachehreh, M., Tobeh, A., Hassanpanah, D., Farzaneh, S. (2023). 'Influence of Planting Date and Foliar Application of Antifreeze Compounds on Some Morpho-physiological Traits of Potato Cultivars in Ardabil Region', *Journal of Vegetables Sciences*, 7(2), pp. 136-159. (In Farsi) doi:[10.22034/iuvs.2022.1971753.1245](https://doi.org/10.22034/iuvs.2022.1971753.1245)