مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۹، شماره ۴، سال ۱۳۹۲

# اثر تاریخ‌کاشت و کاربرد آنتی‌فریز بر عملکرد غده و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام سیب‌زمینی در کشت پاییزه در منطقه جیرفت

# 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

علی درینی[۱]، قدرت اله فتحی[۲]، محمدحسین قرینه[۳]، خلیل عالمی سعید[۴]، محسن خدادادی[۵] و سیدعطاالله سیادت[۶]

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز (نگارنده مسئول)
۲ و ۶- استاد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز
۳- دانشیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز
۴- استادیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز
۵- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۵**

## چکیده

**درینی، ع.، فتحی، ق.، قرینه، م. ح.، عالمی سعید، خ.، خدادادی، م. و سیادت، س. ع. ۱۳۹۲.** اثر تاریخ‌کاشت و کاربرد آنتی‌فریز بر عملکرد غده و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام سیب‌زمینی در کشت پاییزه در منطقه جیرفت. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۹ (۴):** ۴۵۹- ۴۴۳.

**تنش‌سرما یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که باعث کاهش عملکرد سیب‌زمینی در کشت پاییزه در مناطق نیمه‌گرمسیری ایران می‌شود. به‌منظور بررسی امکان کاهش خسارت تنش سرما آزمایشی در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ بصورت استریپ فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه عامل: تاریخ کاشت در چهار سطح (۲۰ شهریور، ۳۰ شهریور، ۹ مهر و ۱۹ مهر)، ارقام در چهار سطح (سانته، راموس، اوشینا و آریندا) و آنتی‌فریز طبیعی در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد) با سه تکرار در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت اجراء گردید. در طول دوره رشد برخی صفات فیزیولوژیک شامل شاخص سطح برگ، درصد ماده خشک، پرولین و عملکرد غده مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر آنتی‌فریز، رقم و تاریخ کاشت و اثرمتقابل آن‌ها بر عملکردکل، شاخص سطح‌برگ، میزان پرولین و درصد ماده‌خشک غده در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. بیشترین ماده خشک غده (۱۸٪) مربوط به تاریخ کاشت سوم در رقم سانته و تحت تاثیر کاربرد آنتی‌فریز بود که نسبت به تیمار شاهد به میزان ۱/۲٪ افزایش نشان داد. بیشترین میزان تجمع پرولین در تاریخ کاشت سوم در رقم راموس و کاربرد آنتی‌فریز مشاهده شد که نسبت به عدم مصرف آن ۱۹/۵٪ افزایش پیدا کرد. بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۴۷) مربوط به تاریخ کاشت اول و رقم‌آریندا بود که به میزان ۱۶/۷٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. بیشترین عملکرد غده (۲۶/۷ تن در هکتار) به رقم سانته تحت تاثیر کاربرد آنتی‌فریز در تاریخ کاشت دوم تعلق داشت و کمترین عملکرد غده (۶/۲ تن در هکتار) در رقم راموس در تاریخ کاشت اول و بدون استفاده از آنتی‌فریز به‌دست آمد. با توجه به نتایج فوق در تاریخ کاشت دوم امکان مواجهه با تنش سرما کاهش یافت و با کاربرد آنتی فریز و استفاده از رقم‌سانته، به عنوان سازگارترین رقم، تحمل گیاه به شرایط تنش سرما افزایش پیدا کرد. بنابراین این ترکیب تیماری بیشترین عملکرد غده و کمترین احتمال خطر مواجهه با تنش سرما در شرایط کشت پاییزه سیب‌زمینی در اقلیم نیمه‌گرمسیری جیرفت را داشت.**

**واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، تنش سرما، شاخص سطح برگ، پرولین و عملکرد غده.**

---

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: ali_dariny@yahoo.com

**مقدمه**

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به‌عنوان یکی از مهمترین محصولات غذایی است که با سطح زیر کشت حدود ۱۹ میلیون هکتار وتولید سالانه حدود ۳۳۰ میلیون تن رتبه چهارم اهمیت بعد از گندم، برنج و ذرت را در جهان به خود اختصاص داده است (Fabeiro, 2001). سطح زیر کاشت سیب‌زمینی در ایران بر اساس آخرین آمار موجود ۱۸۵۴۰۸ هکتار و تولید آن ۵۵۷۷۵۵۳ تن گزارش شده است (Anonymous, 2011).

در برخی مناطق کشور ایران امکان کاشت پاییزه سیب‌زمینی وجود دارد. شهرستان‌های جنوب استان کرمان با سطح زیر کاشت ۱۴۰۶۷هکتار و تولید ۲۹۶۶۹۰ تن مهمترین منطقه کشت پاییزه سیب‌زمینی در ایران محسوب می‌شود (Anonymous, 2011). کشت پاییزه سیب‌زمینی به دلیل تامین نیاز داخلی در فصل زمستان، کاهش واردات و تعدیل قیمت بازار سیب‌زمینی از اهمیت بالایی برخوردار است. مهمترین عامل محدودکننده تولید سیب‌زمینی در این مناطق تنش یخبندان در اواخر دوره رشد گیاه (۷۰ تا ۱۰۰ روز بعد از کاشت) است که هر ساله حدود ۵۰-۲۰ درصد خسارت به این محصول وارد می‌کند (Darabi *et al*., 2002). بنابراین بررسی روش‌هایی که باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش سرما، کاهش خسارت ناشی از تنش سرما و دستیابی عملکرد بالا در این شرایط گردد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا دمای پایین فعالیت بیوسنتزی گیاه را کاهش می‌دهد و از عملکرد طبیعی فرآیندهای فیزیولوژیکی جلوگیری می‌کند و ممکن است سبب آسیب‌های دائمی‌شود که در نهایت به مرگ گیاه می‌انجامد.

شیتنهلم و همکاران (Schittenhelm *et al*., 2006) گزارش کردند که انتخاب ارقام مناسب و تاریخ کاشت مناسب در شرایط وجود تنش سرما در اثر تغییر شرایط اقلیمی از روش‌های مؤثر به‌زراعی می‌باشد. کلمن (Coleman, 2008) اظهار داشت که ژنوم‌هایی‌که پایه ارقام موجود سیب‌زمینی را شامل می‌شوند ممکن است جهت توسعه پاسخ‌های مناسب به تنش‌های محیطی در تمامی شرایط رشد بسیار محدود باشند. بنابراین یافتن ارقام و تاریخ کاشت مناسب به منظور تولید محصول اقتصادی قبل از بروز یخبندان حائز اهمیت می‌باشد.

بررسی اثر سه تاریخ کاشت یکم، پانزدهم و سی‌ام شهریور بر عملکرد دو رقم سیب‌زمینی (کوزیما و آئولا) نشان داد بیشترین عملکرد از رقم کوزیما در تاریخ کاشت ۱۵ شهریور به دست آمد (Khavari and Moalemi, 1992). دارابی و همکاران (Darabi *et al*., 2000) گزارش کردند از بین تاریخ‌های مختلف کاشت پاییزه و ۹ رقم سیب‌زمینی در منطقه خوزستان تاریخ

کاشت اواسط مهر و ارقام آجیبا، هرتا، ایلونا و کنکورد عملکرد بیشتری را داشتند.

علاوه بر روش‌های به‌زراعی نظیر: تاریخ کاشت و استفاده از ارقام زودرس و مناسب استفاده از آنتی‌فریز یکی از جدیدترین روش‌های مقابله با سرمازدگی است. به دلیل جذب سریع این ماده توسط برگ‌ها، ساقه و ریشه در مدت کمی، گیاهان شروع به فعالیت شدید متابولیکی کرده و محتویات آمینواسیدها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، ویتامین و مواد معدنی به‌ویژه پروتئین‌های ضد یخ در پیکره گیاه افزایش می‌یابد.

مقدار و زمان مصرف صحیح موجب می‌شود که گیاه پروتئین ضدیخ (Anti freeze protein = AFP) و آمینواسیدهای ضدیخ (Amino Acid Antifreeze = AAA) تولید کرده که همین امر سبب افزایش مقاومت گیاه در برابر آسیب‌های ناشی از سرمازدگی و یخ‌زدگی می‌گردد (Jia and Davies, 2002).

این ترکیبات از دو طریق گیاه را در مقابل سرمازدگی تا حدودی محافظت می‌نماید. ابتدا از طریق کاهش نقطه انجماد در گیاه، سپس به دنبال جذب باکتری و ترکیبات معدنی همراه رستی سیانین، اگزالواستیک و اسید پیرورویک، مولکول‌های بزرگی را تشکیل می‌دهند که دارای ساختار پیچیده‌ای هستند. ترکیب رستی‌سیانین حاوی مس است که واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و منجر به تولید گلیکو پروتئین شده که این پروتئین موجب افزایش تحمل به سرما در گیاه می‌شود (Venkatesh and Dayananda, 2008).

بنابراین لازم است علاوه بر مطالعات انجام شده در زمینه استفاده از روش‌های به زراعی نظیر: ارقام و تاریخ‌های کاشت، کاربرد ترکیبات آنتی‌فریز تیوفر نیز مورد بررسی قرار گیرد. این ماده در ایران برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفته و انتظار می‌رود با کاربرد آن شدت خسارت سرمازدگی را کاهش داد. همچنین مطالعه اثر تلفیقی استفاده از روش‌های مختلف در میزان کاهش خسارت تنش سرما اهمیت زیادی دارد.

هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی روش‌های زراعی نظیر تاریخ کاشت و ارقام به همراه کاربرد آنتی‌فریز بر خسارت ناشی از تنش سرما و بررسی تغییرات ایجاد شده در صفات فیزیولوژیکی گیاه سیب‌زمینی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت واقع در جنوب استان کرمان با عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی و ارتفاع ۶۵۰ متر از سطح دریای آزاد اجرا شد.

آزمایش به‌صورت استریپ فاکتوریل (ارقام و آنتی‌فریز در کرت‌های افقی و تاریخ‌های کاشت در کرت‌های عمودی) در

قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

عوامل آزمایشی عبارت بودند از: ارقام سیب‌زمینی (سانته، راموس، اشنیا و آرینـدا)، تاریخ کاشت (۲۰ شهریور، ۳۰ شهریور، ۹ مهر و ۱۹ مهر) وآنتی‌فریز (Natural Plant Anti-freeze = NPA) یا Thiofer به میزان صفر و ۵ در هزار. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط کاشت به طول ۵ متر با فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف و ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف در نظر گرفته شد.

در این آزمایش روش کاربرد آنتی‌فریز به‌صورت پیش‌تیمار قبل از کاشت غده‌ها و قبل از وقوع سرما بر اساس پیش‌بینی هواشناسی و بر اساس دمای ثبت شده در دماسنج‌های مورد استفاده در مزرعه انجام شد. اعمال تیمارهای آنتی‌فریز به صورت محلول‌پاشی انجام شد. با توجه به مدت تاثیر آنتی‌فریز بر اساس توصیه شرکت سازنده آنتی‌فریز عملیات محلول‌پاشی تیمارهای مورد نظر تا زمان برطرف شدن سرما هر دو هفته یک‌بار انجام گردید.

یادداشت‌برداری‌های فنولوژیکی نظیر: تاریخ جوانه‌زنی، سبز کامل، شروع غده‌زایی، گلدهی و حجیم شدن غده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیولوژیک مورد مطالعه شامل شاخص‌سطح‌برگ، وزن‌تر و خشک اندام‌های هوایی، وزن تر و خشک غده در مراحل دو هفته پس از سبز شدن، شروع غده‌دهی، گلدهی، حجیم شدن غده‌ها با حذف اثر حاشیه‌ای اندازه‌گیری شدند. میزان پرولین بعد از وقوع‌سرما در همه تیمارها بر اساس روش (Bates *et al*., 1973) اندازه‌گیری شد.

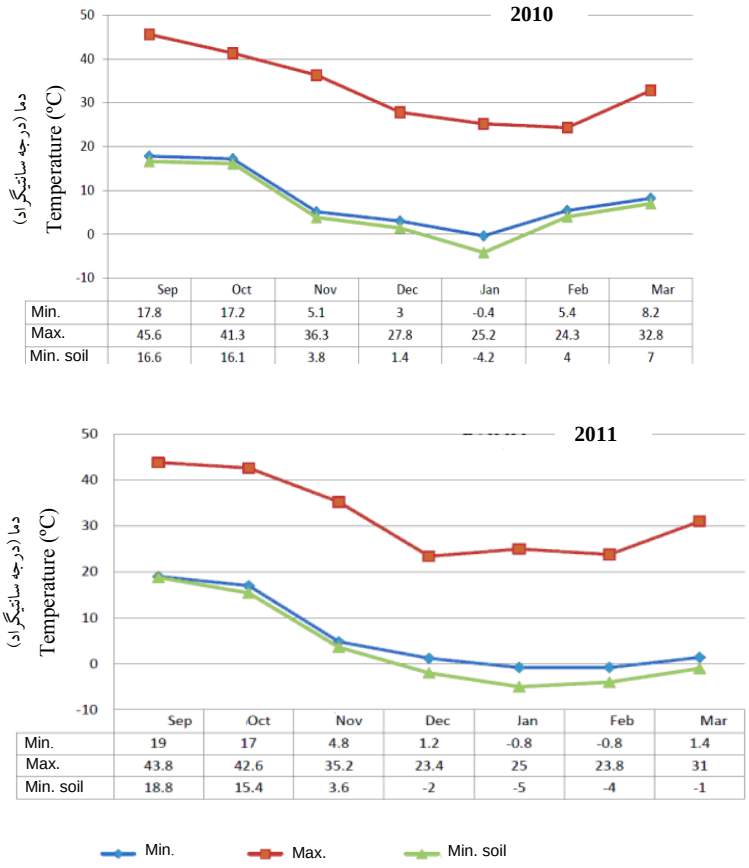
برداشت نهایی پس از حذف حاشیه از سطحی معادل ۶ مترمربع که پس از تمیز کردن غده‌ها از خاک و حذف غده‌های غیر قابل فروش (کمتر از ۳۵ میلیمتر، غده‌های بد شکل و سبز) برای باقی‌مانده غده‌ها به‌عنوان عملکرد قابل فروش تعیین شد (AL-Moshileh and Errebi, 2004)

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند.

## نتایج و بحث

در سال ۱۳۸۹ روند کاهش دما از شیب ملایم‌تری برخودار بود و حداقل دمای هوا در مقطع زمانی کوتاهی در دی کاهش پیدا کرد و هم‌زمان دمای سطح خاک نیز به ٤- درجه سانتیگراد رسید سپس افزایش تدریجی داشت (شکل ۱). در سال ۱۳۹۰ روند کاهش دما شیب تندتری داشت و در آذر حداقل دمای سطح خاک ۲- درجه سانتی‌گراد و باشیب تندتری در دی‌ماه به ۵- درجه سانتی‌گراد رسید و در بهمن نیز همچنان کاهش دما ادامه یافت و تا اسفند نیز دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد ثبت شد (شکل ۱).

دمای ارائه شده در شکل ۱ حداقل و حداکثر




شکل ۱- دمای بیشینه و کمینه هوا و دمای کمینه سطح‌خاک در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در جیرفت

Fig. 1. Minimum and maximum air temperature and minimum soil temperature for 2010 and 2011 in Jiroft in Iran

دمای هوا و حداقل دمای سطح خاک می‌باشد که در هر ماه به وقوع پیوست. اگر چه دمای زیر صفر در هر دو سال متوالی موجب سرمازدگی شد، اما در سال اول آزمایش این کاهش دما علاوه بر شیب ملایم با یک ماه تاخیر نسبت به سال دوم آزمایش اتفاق افتاد. اطلاعات این نمودار بیانگر آن است که در سال دوم آزمایش اکثر تاریخ‌های کاشت در شروع غده‌زایی و ابتدای مرحله حجیم شدن غده تحت تاثیر تنش‌سرما قرارگرفت و منجر به کاهش شدید عملکرد شد.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر سال بر عملکرد کل، میزان ماده خشک غده و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار و بر میزان پرولین غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). تاریخ کاشت نیز اثر معنی‌داری بر عملکرد کل، درصد ماده خشک غده، میزان پرولین و شاخص‌سطح برگ داشت.

اثر رقم و آنتی‌فریز بر عملکرد کل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر متقابل

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد غده و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام سیب‌زمینی تحت تاثیر آنتی‌فریز و تاریخ کاشت در سال‌های ۱۳۸۹و ۱۳۹۰

Table 1. Combined analysis of variance for total tuber yield and some physiological traits of potato cultivars as affected by anti-freeze and planting date in 2010 and 2011

| S.O.V. | منبع تغییر | درجه آزادی df | میانگین مربعات MS: عملکرد کل Total yield | درصد ماده خشک غده Tuber dry matter | پرولین Proline | شاخص سطح برگ Leaf area index |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Year (Y) | سال | 1 | 1729.61$^{**}$ | 50.52$^{**}$ | 15.47$^{ns}$ | 44.56$^{**}$ |
| Replication/Y | تکرار/ سال | 4 | 1.40$^{*}$ | 0.71 | 189.94 | 0.12 |
| Planting date (PD) | تاریخ کاشت | 3 | 145.88$^{**}$ | 3.24$^{**}$ | 129948.02** | 17.38$^{**}$ |
| Y × PD | سال × تاریخ کاشت | 3 | 28.09$^{**}$ | 0.36$^{ns}$ | 1354.54$^{**}$ | 0.35$^{**}$ |
| Y × R × PD | سال × تکرار × تاریخ کاشت | 12 | 1.18 | 0.71 | 204.54 | 0.12 |
| Cultivar (C) | رقم | 3 | 1671.17$^{**}$ | 52.24$^{**}$ | 739060.87$^{**}$ | 7.56$^{**}$ |
| Antifreeze (A) | آنتی فریز | 1 | 356.45$^{**}$ | 5.01$^{**}$ | 353487.43$^{**}$ | 1.40$^{**}$ |
| C × A | رقم × آنتی فریز | 3 | 8.71$^{**}$ | 4.58$^{**}$ | 600770.83$^{**}$ | 3.57$^{**}$ |
| Y × C | سال × رقم | 3 | 3.78$^{**}$ | 0.22$^{ns}$ | 3930.81$^{**}$ | 0.12$^{ns}$ |
| Y × A | سال × آنتی فریز | 1 | 9.81$^{**}$ | 0.14$^{ns}$ | 4206.57$^{**}$ | 0.12$^{ns}$ |
| Y × C × A | سال × رقم × آنتی فریز | 3 | 8.37$^{**}$ | 0.33$^{ns}$ | 1354.79$^{**}$ | 0.36$^{**}$ |
| Y × R × C × A | سال × تکرار × رقم × آنتی فریز | 28 | 0.66 | 0.66 | 196.46 | 0.04 |
| PD × C | تاریخ کاشت × رقم | 9 | 43.85$^{**}$ | 2.27$^{**}$ | 228007.68$^{**}$ | 1.35$^{**}$ |
| PD × A | تاریخ کاشت × آنتی فریز | 3 | 8.10$^{**}$ | 0.40$^{ns}$ | 18824.73$^{**}$ | 1.74$^{**}$ |
| PD × C × A | تاریخ کاشت × رقم × آنتی فریز | 9 | 10.17$^{**}$ | 1.85$^{**}$ | 44192.91$^{**}$ | 1.56$^{**}$ |
| Y × PD × C | سال × تاریخ کاشت × رقم | 9 | 8.71$^{**}$ | 0.19$^{ns}$ | 2834.32$^{**}$ | 0.13$^{*}$ |
| Y × PD × A | سال × تاریخ کاشت × آنتی فریز | 3 | 4.22$^{**}$ | 0.20$^{ns}$ | 2985.01$^{**}$ | 0.36$^{**}$ |
| Y × PD × C × A | سال × تاریخ کاشت × رقم × آنتی فریز | 9 | 6.31$^{**}$ | 0.26$^{ns}$ | 1043.17$^{**}$ | 0.50$^{**}$ |
| Error | خطا | 84 | 0.52 | 0.50 | 193.49 | 0.07 |
| C. V. (%) | درصد ضریب تغییرات | | 4.35 | 4.55 | 9.30 | 11.97 |

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, repectively.

ns: Not-significant.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: غیر معنی‌دار.

رقم × آنتی فریز برعملکرد کل، درصد ماده خشک غده، انباشت پرولین و شاخص سطح برگ و اثر تاریخ کاشت و ارقام نیز بر درصد ماده خشک غده، انباشت پرولین و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر متقابل تاریخ کاشت × آنتی‌فریز بر درصد ماده خشک غده غیرمعنی‌دار ولی بر میزان انباشت پرولین و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. اثر متقابل سه گانه (تاریخ کاشت × رقم × آنتی فریز) بر عملکرد کل، درصد ماده خشک غده، انباشت پرولین و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱).

باتوجه به نتایج بدست آمده چنین استنباط می‌شود که صفات مورد بررسی در ارقام و تاریخ‌های مختلف کاشت تحت تاثیر تنش سرما قرار گرفت و کاربرد آنتی‌فریز موجب تغییراتی در صفات فیزیولوژیکی گیاه سیب‌زمینی شد که شرایط مناسب‌تری را برای رشد و افزایش‌عملکرد آن فراهم کرد. این تغییرات را می‌توان در انباشت پرولین و افزایش شاخص‌سطح‌برگ مشاهده کرد که در افزایش عملکرد گیاه تاثیرگذار بود. برخی از پژوهشگران افزایش پرولین در ارقام مقاوم به تنش سرما (Ronde *et al*., 2001) برخی به افزایش آن در ارقام حساس به تنش‌سرما (Porgali and Yurekli, 2005) و برخی نیز به عدم تفاوت آن اشاره کرده‌اند (Singh and Rai, 1981). انباشت اسید آمینه پرولین آزاد در بسیاری از گیاهان در عکس‌العمل به تنش‌های محیطی مانند تنش سرما و خشکی به مقدار زیادی افزایش می‌یابد و باعث تثبیت غشاء سلولی در هنگام سرما می‌شود (Rhodes *et al*., 2000). نتایج بدست آمده از این تحقیق با گزارش‌های فوق مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که عملکرد کل غده تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین عملکرد (۱۸/۸تن در هکتار) در تاریخ کاشت دوم (سی‌ام شهریور) و کمترین عملکرد (۷/۲ تن در هکتار) از تاریخ کاشت چهارم (نوزدهم مهر) به دست آمد.

دارابی و همکاران (Darabi *et al*., 2002) گزارش کردند تاخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش عملکرد شد که نتیجه این آزمایش با نتایج تحقیقات آنها کاملاً مطابقت دارد.

درصد ماده خشک غده نیز تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۲). بطوریکه تاریخ کاشت اول بیشترین درصد ماده خشک غده و تاریخ کاشت دوم کمترین درصد ماده خشک غده را داشت. ازکیل و بحرگاوا (Ezekiel and Bhargava, 1992) گزارش کردند، شاخص سطح‌برگ و ماده خشک تحت تاثیر تاریخ کشت قرار می‌گیرد. نتیجه این تحقیق با نتایج این محققین هم‌خوانی دارد.

مقایسه میانگین‌ها در تاریخ‌های مختلف کاشت نشان داد که بین تاریخ‌های مختلف کاشت از نظر انباشت پرولین اختلاف معنی‌دار وجود داشت بطوریکه تاریخ کاشت اول با

جدول ۲- مقایسه میانگین برای عملکرد کل غده و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام سیب‌زمینی در کشت پاییزه تحت تاثیر تاریخ کاشت و آنتی فریز

Table 2. Mean comparison for total tuber yield and some physiological traits of potato cultivars in autumn planting as influenced by planting date and anti-freez

| | | عملکرد کل (تن در هکتار) Total yield ($t\ ha^{-1}$) | شاخص سطح برگ Leaf area index | درصد ماده خشک غده Tuber dry matter (%) | پرولین (میکروگرم/ گرم برگ تر) Proline ($\mu g\ g^{-1}fw$) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Planting date تاریخ کاشت** | | | |
| 11 September | ۲۰ شهریور | 15.5b | 3.1a | 15.8a | 217.3a |
| 21 September | ۳۰ شهریور | 18.8a | 2.0b | 15.2b | 91.8d |
| 01 October | ۹ مهر | 14.9c | 1.8bc | 15.6a | 153.1b |
| 11 October | ۱۹ مهر | 7.2d | 1.7c | 15.5ab | 135.8c |
| | | **Cultivar رقم** | | | |
| Sante | سانته | 23.6a | 1.9c | 16.5a | 61.9c |
| Ramose | راموس | 10.3d | 1.8d | 14.8b | 319.3a |
| Oceania | اشنیا | 18.9b | 2.4b | 16.3a | 52.3d |
| Arinda | آریندا | 13.4c | 2.6a | 14.5b | 164.5b |
| | | **Anti-freeze آنتی فریز** | | | |
| Control | شاهد | 15.2b | 2.1b | 15.3b | 106.6b |
| Anti-freeze | آنتی فریز | 18.0a | 2.2a | 15.6a | 192.4a |

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

انباشت بیشترین مقدار (۳/ ۲۱۷میکروگرم برگرم برگ تر) پرولین و تاریخ کاشت دوم با انباشت (۹۱/۸ میکروگرم بر گرم برگ تر) کمترین انباشت پرولین را تولید نمودند (جدول ۲). انباشت پرولین در تاریخ کاشت اول نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت شاید نشان‌دهنده قرارگرفتن گیاه در شرایط تنش در مدت زمان بیشتری بود و گیاه فرصت کافی برای انباشت پرولین جهت مقابله با تنش را داشت پاول و فنل (Paul and Fenell, 1985) نیز اظهار داشتند در تاریخ کاشت‌های زودتر انباشت پرولین بیشتر بود.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تاریخ‌های مختلف کاشت از نظر شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌دار وجود داشت بطوریکه تاریخ کاشت اول با ۳/۱ بیشترین شاخص سطح برگ و تاریخ کاشت چهارم با ۱/۷ کمترین شاخص سطح برگ را داشتند (جدول ۲). علت آن وقوع تنش سرما بود که گیاه به دلیل محدودیت دمایی از نظر فنولوژیکی در تاریخ کاشت

چهارم نتوانست حداکثر کانوپی را تشکیل دهد ولی در تاریخ کاشت اول فرصت بیشتری داشت تا سطح کانوپی خود را افزایش دهد. بنابراین افزایش سطح کانوپی سبب افزایش شاخص سطح برگ شد. میدمور (Midemore, 1992) نیز در تحقیق خود دریافت که تاریخ کاشت مناسب سبب افزایش سطح برگ و افزایش ماده‌خشک می‌گردد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین ارقام مختلف از نظر عملکرد کل غده اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بیشترین عملکرد ۲۳/۶ تن در هکتار مربوط به رقم سانته و کمترین عملکرد ۱۰/۳ تن در هکتار از رقم راموس به‌دست آمد (جدول ۲). ارقام اشنیا و آریندا به‌ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار گرفتند. نتایج حاصل از این آزمایش با مطالعات انجام شده توسط خاوری و معلمی (Khavari and Moalemi, 1992) و دارابی و همکاران (Darabi *et al*., 2002) هم‌خوانی دارد.

ارقام سانته و اشنیا با بیشترین درصد ماده خشک غده برتر از ارقام آریندا و راموس با کمترین درصد ماده خشک غده بودند (جدول ۲). تجمع ماده خشک در ارقام سیب‌زمینی تحت تاثیر ژنتیک رقم می‌باشد. اما شرایط محیطی نیز بر میزان ماده خشک تاثیرگذار است. بنابراین عکس‌العمل گیاه به تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش‌های دمایی بازتاب متفاوتی داشته که در تکمیل مراحل رشد و نمو ظرفیتی متفاوت ایجاد می‌کند. در این رابطه طی آزمایشی در مصر عملکرد ارقام دیامانت، سپونتا، باراکا و موندیال درکشت پاییزه مورد مقایسه قرارگرفت. نتایج نشان داد عملکرد کل و ماده خشک‌غده تحت تاثیر رقم و تنش‌های محیطی بود و حداکثر عملکرد و ماده خشک‌غده از رقم سپونتا حاصل شد (Nashar *et al*., 1997).

مقایسه میانگین‌ها برای ارقام نشان داد که رقم راموس با ( ۳۱۹/۳ میکروگرم برگرم برگ‌تر) بیشترین انباشت پرولین و اشنیا با (۵۲/۳ میکروگرم برگرم برگ‌تر) کمترین انباشت پرولین را داشتند. یادگاری و حیدری (Yadegari and Heidari, 2007) بیان داشتند زمانی که گیاهان سویای مورد آزمایش به‌طورتدریجی در معرض دمای‌پایین قرارگرفتند محتوای پرولین آن‌ها افزایش یافت و تحمل بیشتری از خود نشان دادند. گیاهان در برابر تنش با افزایش سطح پرولین و القای فعالیت آنزیم‌های ضد اکسیداسیون از جمله پراکسیداز تا حدودی باعث تثبیت غشاء در هنگام سرما می‌شوند (Gayosa *et al*., 2004).

عملکردکل غده تحت تاثیر تیمار آنتی‌فریز قرار گرفت، بطوریکه بیشترین عملکرد کل غده ۱۸ تن در هکتار با کاربرد آنتی‌فریز و کمترین عملکرد ۱۵/۲تن در هکتار مربوط تیمار شاهد بود (جدول ۲). دلیل آن احتمالاً جذب سریع این ماده توسط برگ‌ها و ساقه‌ها است که گیاه شروع به فعالیت شدید متابولیکی کرده و محتویات آمینواسیدها، پروتئین‌ها،

کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، ویتامین و مواد معدنی به ویژه پروتئین‌های ضد یخ در پیکره خود را افزایش می‌دهد. مقدار و زمان مصرف صحیح موجب می‌شود که گیاه پروتئین ضد یخ و آمینواسیدهای ضد یخ تولید کرده که همین امر علاوه بر رشد و توسعه اندام‌های گیاه سبب افزایش مقاومت گیاه در برابر آسیب‌های ناشی از سرمازدگی شده و موجب افزایش عملکرد می‌شود (Jia and Davies, 2002). بنابراین بر اساس شرایط این آزمایش کاربرد آنتی‌فریز ۱۵/۶ درصد عملکرد کل غده را افزایش داد (جدول ۲).

درصد ماده خشک غده نیز تحت تاثیرآنتی‌فریز قرار گرفت اما توانست فقط ۰/۳ درصد موجب افزایش ماده خشک غده شود (جدول ۲). اثر آنتی‌فریز بر انباشت‌پرولین برگ معنی‌دار بود بطوریکه در تیمار آنتی‌فریز انباشت پرولین۱۹۲/۴ و در تیمار شاهد ۱۰۶/۶ میکروگرم برگرم برگ‌تر بود (جدول ۲).

تاثیر کاربرد آنتی فریز بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود و به مقدار ۰/۱ شاخص سطح برگ را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۲). برگ‌ها به عنوان اندام فتوسنتز کننده نقش مهمی در تولید ماده خشک و در نهایت عملکرد اقتصادی گیاه بر عهده دارند. در مطالعات میدمور (Midemore, 1992) و کلمن (Coleman, 2008) به این نکته اشاره شده است که ارتباط نزدیکی بین شاخص سطح برگ با عملکرد نهایی و تولید ماده خشک وجود دارد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نیز با آزمایش‌های این محققان مطابقت دارد.

اثر متقابل آنتی‌فریز × رقم برعملکرد کل، درصد ماده خشک غده، انباشت پرولین برگ و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد کل غده ۲۵/۵ تن در هکتار از رقم سانته با کاربرد آنتی‌فریز و کمترین عملکرد۸/۹ تن در هکتار مربوط به رقم راموس بدون استفاده از آنتی‌فریز بدست آمد (جدول ۳). بیشترین میزان ماده خشک غده با کاربرد آنتی فریز ۱۷/۱ درصد مربوط به رقم سانته و کمترین مقدار ماده خشک غده ۱۴/۳درصد مربوط به رقم‌آرینداا بدون مصرف آنتی‌فریز بود (جدول ۳).

بیشترین انباشت پرولین ۵۲۹/۵ میکروگرم بر گرم برگ تر در رقم راموس با مصرف آنتی‌فریز و کمترین انباشت پرولین ۵۷/۹ میکروگرم برگرم برگ‌تر مربوط به رقم اشنیا بدون مصرف آنتی‌فریز مشاهده شد (جدول ۳). تایلور (Taylor, 2006) بیان داشت وقتی که گیاه سیب‌زمینی در شرایط تنش سرما قرار گیرد محتوای پرولین آن افزایش می‌یابد که این افزایش در ارقام مختلف متفاوت می‌باشد. نتایج این مطالعه با نتایج تایلور (Taylor, 2006) هم‌خوانی دارد.

بیشترین شاخص‌سطح‌برگ (۳/۹) مربوط به رقم آرینداا با مصرف آنتی‌فریز وکمترین شاخص‌سطح برگ (۲) در رقم راموس بدون

جدول ۳- اثر متقابل رقم × آنتی فریز بر عملکرد غده و برخی صفات فیزیولوژیکی سیب زمینی

Table 3. Cultivar × anti-freeze interaction effect on total tuber yield and some physiological traits of potato

| Cultivar × Anti-freeze | رقم × آنتی فریز | عملکرد کل غده (تن در هکتار) Total tuber yield ($t\ ha^{-1}$) | شاخص سطح برگ Leaf area index | درصد ماده خشک غده Tuber dry matter (%) | پرولین (میکروگرم بر گرم برگ تر) Proline ($\mu g\ g^{-1}fw$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Sante × Anti-freeze | سانته × آنتی فریز | 25.5a | 2.0ab | 17.1a | 69.5e |
| Sante × Control | سانته × شاهد | 21.8b | 1.7ab | 15.9abc | 64.4e |
| Ramose × Anti-freeze | راموس × آنتی فریز | 11.6a | 2.ab | 14.9bc | 529.5a |
| Ramose × Control | راموس × شاهد | 8.9f | 1.5b | 14.7bc | 109.1d |
| Ocenia × Anti-freeze | اشنیا × آنتی فریز | 19.8c | 2.4ab | 16.3ab | 79.9de |
| Ocenia × Control | اشنیا ×شاهد | 18.1c | 2.4ab | 16.2ab | 64.6a |
| Arinda × Anti-freeze | ارندا × آنتی فریز | 15.0d | 3.0a | 14.6bc | 240.7b |
| Arinda × Control | ارندا × شاهد | 12.2e | 2.2ab | 14.3e | 188.2e |

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level -using Duncan's Multiple Range Test.

مصرف آنتی‌فریز بود (جدول ۳). از نتایج فوق چنین استنباط می‌شود که کاربرد آنتی‌فریز موجب افزایش سطح‌برگ، میزان ماده خشک غده و در شرایط تنش سرما موجب انباشت پرولین و نهایتاً سبب افزایش عملکرد کل غده در سیب‌زمینی شد (Jia and Davies, 2002).

اثر متقابل آنتی‌فریز × تاریخ کاشت بر عملکرد کل غده معنی‌دار بود به طوری‌که بیشترین عملکرد ۲۰/۲ تن در هکتار از تاریخ کاشت ۳۰ شهریور با مصرف آنتی‌فریز و کمترین عملکرد ۱۴ تن در هکتار ازتاریخ کاشت ۱۰ مهر بدون مصرف آنتی‌فریز بدست آمد (جدول ۴). اثر متقابل آنتی‌فریز × تاریخ کاشت بر درصد ماده خشک غده غیر معنی‌دار و در انباشت پرولین و شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

بیشترین انباشت پرولین ۲۴۳ میکروگرم بر گرم برگ تر مربوط به تاریخ کاشت اول و کاربرد آنتی‌فریز و کمترین انباشت پرولین مربوط به تاریخ کاشت دوم بدون کاربرد آنتی‌فریز به مقدار ۶۳ میکروگرم برگرم برگ‌تر بود (جدول ۴). نتایج حاکی از آن است که درصد ماده خشک غده تحت تاثیر اثر متقابل آنتی‌فریز × تاریخ کاشت قرار نگرفت و این دو تیمار به صورت مستقل از هم عمل کردند.

اثر متقابل رقم × تاریخ کاشت نیز برعملکرد کل، درصد ماده خشک غده، انباشت پرولین و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد کل از تاریخ‌کاشت دوم و رقم سانته به‌دست آمد (جدول ۵). بیشترین درصد ماده خشک غده از تاریخ کاشت دوم و رقم آریندا به میزان ۱۷/۶ درصد و کمترین مقدار آن ۱۴/۵ درصد از تاریخ کاشت چهارم و رقم آریندا حاصل شد (جدول ۵). بیشترین انباشت اسید آمینه پرولین متعلق به تاریخ کاشت اول و رقم آریندا به میزان ۵۲۴/۳ میکروگرم بر گرم برگ تر و کمترین مقدار پرولین از تاریخ کاشت دوم و رقم آریندا به میزان ۲۹/۶ میکرو گرم برگرم برگ تر بود (جدول ۵). بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۹) در تاریخ کاشت اول و رقم آریندا و کمترین شاخص سطح برگ (۱/۴) در تاریخ کاشت چهارم و رقم سانته و راموس در تاریخ کاشت سوم و چهارم مشاهده شد (جدول ۵).

تاریخ کاشت اول به مدت زمان طولانی‌تری تحت تنش دمایی قرار گرفت و در اوایل فصل کاشت به علت بالا بودن دمای خاک برخی از غده‌های بذری قبل از سبز شدن ازبین رفتند. اما تاریخ کاشت دوم از نظرفنولوژی در مرحله حجیم شدن غده‌ها تحت تاثیر تنش سرما قرارگرفت و بیشترین درصد ماده خشک را به خود اختصاص داد. هیر و همکاران (Hare *et al.*, 1999) بیان کرد که رابطه نزدیک بین تنش و میزان انباشت پرولین و عملکردگیاه وجود دارد.

اثر متقابل سه گانه تاریخ کاشت × رقم × آنتی‌فریز بر درصد ماده‌خشک غده، انباشت

جدول ۴- اثر متقابل آنتی فریز × تاریخ کاشت بر عملکرد کل و برخی صفات فیزیولوژیکی سیب زمینی

Table 4. Anti-freeze × planting date interaction effect on total tuber yield and some physiological traits of potato

| Anti-freeze × Planting date | آنتی فریز × تاریخ کاشت | عملکرد کل غده (تن در هکتار) Total tuber yield ($t\ ha^{-1}$) | شاخص سطح برگ Leaf area index | پرولین (میکروگرم بر گرم برگ تر) Proline ($\mu\ g\ g^{-1}fw$) |
|---|---|---|---|---|
| Anti-freeze × 11 Sep. | آنتی‌فریز × ۲۰ شهریور | 16.6bc | 3.2a | 243.0a |
| Control × 11 Sep. | شاهد × ۲۰ شهریور | 14.4de | 2.9a | 191.5bc |
| Anti-freeze × 21 Sep. | آنتی‌فریز × ۳۰ شهریور | 20.2a | 2.2b | 120.5d |
| Control × 21 Sep. | شاهد × ۳۰ شهریور | 17.2b | 1.7bc | 63.0a |
| Anti-freeze × 01 Oct. | آنتی‌فریز × ۹ مهر | 15.9bcd | 2.0bc | 221.4ab |
| Control × 01 Oct. | شاهد × ۹ مهر | 14a | 1.6c | 84.8a |
| Anti-freeze × 11 Oct. | آنتی‌فریز × ۱۹ مهر | 19.1a | 1.8bc | 184.7c |
| Control × 11 Oct. | شاهد × ۱۹ مهر | 15.4cde | 1.7bc | 87.0e |

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۵- اثر متقابل رقم × تاریخ کاشت بر عملکرد کل غده و برخی صفات فیزیولوژیکی سیب زمینی

Table 5. Cultivar × planting date interaction effect on total tuber yield and some physiological traits of potato

| Cultivars × Planting date | رقم × تاریخ کاشت رقم | پرولین (میکروگرم/ گرم برگ تر) Proline ($\mu g\ g^{-1}fw$) | درصد ماده خشک غده Tuber dry matter (%) | شاخص سطح برگ Leaf area index | عملکرد کل غده (تن در هکتار) Total tuber yield ($t\ ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Sante × 11 Sep. | سانته × ۲۰ شهریور | 23.1bc | 2.3bc | 16.6ab | 72.6de |
| Ramose × 11 Sep. | راموس × ۲۰ شهریور | 8.5b | 2.5b | 15.5b-f | 225.2e |
| Oceania × 11 Sep. | اشنیا × ۲۰ شهریور | 16.8e | 3.5a | 16.0a-e | 49.8efg |
| Arinda × 11 Sep. | آریندا × ۲۰ شهریور | 13.6fg | 3.9a | 15.0c-f | 524.3a |
| Sante × 21 Sep. | سانته × ۳۰ شهریور | 26.3a | 1.7de | 15.7a-f | 67.9def |
| Ramose × 21 Sep. | راموس × ۳۰ شهریور | 9.6b | 1.7de | 14.2fg | 237.0c |
| Oceania × 21 Sep. | اشنیا × ۳۰ شهریور | 23.1bc | 2.0bcd | 16.4abc | 32.7g |
| Arinda × 21 Sep. | آریندا × ۳۰ شهریور | 16.0e | 2.4b | 14.4fg | 29.6g |
| Sante × 01 Oct. | سانته × ۹ مهر | 21.6e | 2.1bcd | 17.1a | 57.0efg |
| Ramose × 01 Oct. | راموس × ۹ مهر | 8.5b | 1.4e | 14.8defg | 409.2b |
| Oceania × 01 Oct. | اشنیا × ۹ مهر | 17.4de | 1.8cde | 16.2abcd | 87.3d |
| Arinda × 01 Oct. | آریندا × ۹ مهر | 12.2g | 2.1bcd | 14.4fg | 59.0defg |
| Sante × 11 Oct. | سانته × ۱۹ مهر | 23.6b | 1.4e | 16.7ab | 50.2efg |
| Ramose × 11 Oct. | راموس × ۱۹ مهر | 14.4f | 1.4e | 14.6efg | 409.0b |
| Oceania × 11 Oct. | اشنیا × ۱۹ مهر | 18.4d | 2.2bcd | 16.5abc | 39.3fg |
| Arinda × 11 Oct. | آریندا × ۱۹ مهر | 12.5g | 2.0bcd | 14.1g | 48.0efg |

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% level of probability- using Duncan's Multiple Range Test.

پرولین و شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین ماده خشک غده (۱۸٪) مربوط به تاریخ کاشت سوم، رقم سانته و استفاده از آنتی‌فریز و کمترین ماده‌خشک غده (۱۴/۱٪) مربوط به تاریخ کاشت دوم، رقم آرینـدا و بدون استفاده از آنتی‌فریز به دست آمد.

بیشترین انباشت پرولین (۷۴۳ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تاریخ کاشت سوم، رقم راموس و استفاده از آنتی‌فریز و کمترین انباشت پرولین (۲۳/۲ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تاریخ کاشت دوم، رقم آریندا و بدون مصرف آنتی‌فریز بود. بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۵) در تاریخ کاشت اول، رقم آرینـدا و استفاده از آنتی‌فریز و کم‌ترین شاخص سطح برگ (۱/۱) در تاریخ کاشت چهارم، رقم راموس و عدم‌کاربرد آنتی‌فریز مشاهده شد.

نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که تنش سرما در مراحل فنولوژیکی مختلف آثار متفاوتی داشت. زیرا تاخیر در تاریخ کاشت موجب برخورد گیاه با تنش سرما در مراحل اولیه غده‌زایی شد و سبب بروز خسارت و کاهش شدید عملکرد گردید. (جدول میانگین‌های اثر متقابل سه‌گانه به دلیل حجم زیاد ارائه نشده است). تاخیر در کاشت سبب بروز تنش سرما درمراحل فنولوژیکی غده‌زایی و حجیم شدن غده و کاهش شدید عملکرد شد.

با توجه به محدودیت سرمای آخر فصل استفاده از ارقام زودرس و متوسط‌رس ارجحیت دارد و کاربرد آنتی‌فریز می‌تواند سبب افزایش عملکرد غده شود. بنابراین استفاده از غده‌های بذری آماده (پیش‌جوانه دار) ارقام متوسط رس همراه با کاربرد آنتی‌فریز در محدوده زمانی دهه سوم شهریور لغایت اواسط مهر برای کشت پاییزه در مناطق گرمسیری جیرفت توصیه می‌شود.

## References

**Aggrey, B, N., Schittenhelm, S., Mix-wagnar, G., and Micheal Greff, J. 2004**.Yield and canopy development of field grown potato plant derived from synthetic seeds. Eroupen Journal of Agronomy 22: 175-184.

**Anonymous. 2011.** Agricultural products, publishing, ICT Centre, Ministry of Agriculture. Volume 1. 127 pp.

**AL-Moshileh, A. M., and Errebi, M. A. 2004.** Effect of various potassium sulfate rates on growth, yield and quality of potato grown under sandy soil and arid conditions. Pp. 24-28. In: Proceedings of IPI Regional Workshop on Potassium and Fertigation Development in West Asia and North Africa.

**Bates, L. S., Waldren, R. P., Teare, I. D. 1973**. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-208.

**Coleman, W. K. 2008**. Evaluation of wild Solanum spicies for drought resistance. 1. *Solanum gandarillasii* Cardenas. Environmental and Experimental Botany.

**Darabi, A., Hassan Abadi, H., and Khodadadi, M 2002**. Fall planting of potatoes research in Khuzestan Province: results and solutions. Pp. 233-238. In: Proceedings of 7th Iranian Crop Science Congress.

**Ezekiel, R., and Bhargava, A. C. 1992**. Nitrogen distribution within the potato plant in relation to planting date. Pp. 146-155. In: Proceedings of a workshop held in Reduit, Mauritius.

**Fabeiro, C., Martin de Santa Olalla, F., and de Juan, J. A. 2001**. Yield and size of deficit irrigated potatoes. Agricultural Water Management 48: 255-266.

**Gayosa, C., Pomar, F., Merino, F., and Bernal, M. A. 2004**. Oxidative metabolism and phenolic compounds in *Capsicum annuum* L. var. annuum infected by *Phytophthora capsici* Leon. Scienta Horticulturae 102 (1):-13.

**Hare, P. D. Cress, W. A., and van Staden, J. 1999**. Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction. Journal of Experimental Botany 50: 413-434.

**Jia, Z., and Davies P. L. 2002.** Antifreeze proteins: an unusual receptor-ligand interaction. Trends in Biochemical Sciences 27: 101-106.

**Khavari, H., and Moalemi, N. 1992**. Effect of variety and planting date on growth and yield of potato in fall planting under climatic conditions of Khuzestan Region. Pp. 33-35. In: Proceedings of Vegetable Crop Conference.

**Midemore, D. J. 1992**. Potato production in the tropics. Pp. 728-793. In: Harris, P. M. (ed.). The potato crop. Chapaman and Hall, London.

**Nashar, E. L., Abdalla, A. T., Alandeel, M. N., and Abdel- AAL, S. A. 1997**. Effect of seed tuber size of some potato cultivars on productivity of autumn plantation. Potato disease, insects, and nematodes. The Communications Unit-CIP. 111 pp.

**Paul, H. L. I., and Fenell, A. 1985**. Potato frost hardiness. Pp. 457-479. In: Paul, H. I. (ed.). Potato physiology. Academic Press Inc.

**Porgali, Z. B., and Yurekli, F. 2005**. Salt stress-induced alterations in proline accumulation, relative water content and super oxide dismutase (SOD) activity in

salt sensitive *Lycopersicon esculentum* and salt tolerant L. *pennellii*. Acta Botanica Hungarica 47(1-2): 173-182.

**Rhodes, D., Verslues, P. E., Sharp, R. E. 2000.** Role of aminoacids in abiotic stress resistance. Plant Physiology 46(2): 141-149.

**Ronde, J. A., Mescht, A., and Steyn, H. S. F. 2000**. Proline accumulation in response to drought and heat stress in cotton. African Crop Science Journal 8: 85-91.

**Schittenhelm, S., Sourell, H., Lopmeier, F. J. 2006**. Drought resistance of potato cultivars with contrasting canopy architecture. European Journal of Agronomy 24: 193-202.

**Singh, G., and Rai, V. K. 1981**. Free proline accumulation and drought resistance in *Cicer arietinum* L. Biologia Plantarum 23(2): 86-90.

**Taylor, C. B. 1996.** Proline and water deficit: ups and downs. Plant and Cell 8: 1221-1224.

**Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006**. Radiation interception and radiation used efficiency of three grain legumes under water deficit condition in a semi-arid environment. Agronomy Journal 25: 60-70.

**Venkatesh, S., and Dayananda, C. 2008**. Properties, potentials, and prospects of anti-freeze proteins. Critical Reviews in Biotechnology 28: 57-82.

**Yadegari, L. Z., Heidari, R., and 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.