

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

اثر تاریخ کاشت و کاربرد آنتی فریز بر عملکرد غده و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام سیب زمینی
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 سیدعطااله سیادت^۶

- ۱- دانشجوی دکتری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز (نگارنده مسئول)
- ۲- 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 تاریخ کاشت و کاربرد آنتی فریز بر عملکرد غده و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام سیب زمینی در کشت پاییزه در منطقه جیرفت. مجله بهزراعی نهال و بذر ۲-۲۹ (۴): ۴۵۹-۴۴۳.

تنش سرما یکی از مهم ترین عوامل محیطی است که باعث کاهش عملکرد سیب زمینی در کشت پاییزه در مناطق نیمه گرمسیری ایران می شود. به منظور بررسی امکان کاهش خسارت تنش سرما آزمایشی در سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ بصورت استریپ فاکتوریل در قالب طرح بلوک های 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 آنتی فریز 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 آنتی فریز، رقم و تاریخ کاشت و اثر متقابل آن ها بر عملکرد کل، شاخص سطح برگ، میزان پرولین و درصد ماده خشک غده در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود. بیشترین ماده خشک غده (۱۸٪) مربوط به تاریخ کاشت سوم در رقم سانته و تحت تاثیر کاربرد آنتی فریز بود که نسبت به تیمار شاهد به میزان ۱۱/۲٪ افزایش نشان داد. بیشترین میزان تجمع پرولین در تاریخ کاشت سوم در رقم راموس و کاربرد آنتی فریز 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 رقم آریندا 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 آنتی فریز 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 آنتی فریز به دست 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 رقم سانته، 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 سیب زمینی در اقلیم نیمه گرمسیری جیرفت را داشت.

واژه های کلیدی: سیب زمینی، 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 و تولید 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 کشت 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 کشت ۱۴۰۶۷ هکتار 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 محدود کننده تولید سیب‌زمینی در این مناطق تنش یخبندان در اواخر دوره رشد گیاه (۷۰ تا ۱۰۰ روز بعد از کاشت) است که هر ساله حدود ۲۰-۵۰ 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 دائمی شود که در نهایت به مرگ گیاه می‌انجامد.

شیتنهلیم 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 ژنوم‌هایی که 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 رقم سیب‌زمینی در منطقه خوزستان تاریخ

اثر تاریخ کاشت و کاربرد آنتی فریز بر عملکرد غده...

شده که این پروتئین موجب افزایش تحمل به سرما در گیاه می شود (Venkatesh and Dayananda, 2008).

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

هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی روش های زراعی نظیر تاریخ کاشت و ارقام به همراه کاربرد آنتی فریز بر خسارت ناشی از تنش سرما و بررسی تغییرات ایجاد شده در صفات فیزیولوژیکی گیاه سیب زمینی می باشد.

مواد و روش ها

این پژوهش در سال های 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 به صورت استریپ فاکتوریل (ارقام و آنتی فریز در کرت های افقی و تاریخ های کاشت در کرت های عمودی) در

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

علاوه بر روش های به زراعی نظیر: تاریخ کاشت و استفاده از ارقام زودرس و مناسب استفاده از آنتی فریز یکی از جدیدترین روش های مقابله با سرمازدگی است. به دلیل جذب سریع این ماده توسط برگ ها، ساقه و ریشه در مدت کمی، گیاهان شروع به فعالیت شدید متابولیکی کرده و محتویات آمینواسیدها، پروتئین ها، کربوهیدرات ها، چربی ها، ویتامین و مواد معدنی به ویژه پروتئین های ضد یخ در پیکره گیاه افزایش می یابد.

مقدار و زمان مصرف صحیح موجب می شود که گیاه پروتئین ضد یخ (Anti freeze protein = AFP) و آمینواسیدهای ضد یخ (Amino Acid Antifreeze = AAA) تولید کرده که همین امر سبب افزایش مقاومت گیاه در برابر آسیب های ناشی از سرمازدگی و یخ زدگی می گردد (Jia and Davies, 2002).

این ترکیبات از دو طریق گیاه را در مقابل سرمازدگی تا حدودی محافظت می نماید. ابتدا از طریق کاهش نقطه انجماد در گیاه، سپس به دنبال جذب باکتری و ترکیبات معدنی همراه رستی سیانین، اگزالواستیک و اسید پیروویک، مولکول های بزرگی را تشکیل می دهند که دارای ساختار پیچیده ای هستند. ترکیب رستی سیانین حاوی مس است که واکنش های بیوشیمیایی گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد و منجر به تولید گلیکو پروتئین

اندازه‌گیری شدند. میزان پرولین بعد از وقوع سرما 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 برخوردار بود و حداقل دمای هوا در مقطع زمانی کوتاهی در دی کاهش پیدا کرد و هم‌زمان دمای سطح خاک نیز به ۴- 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 با شیب 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

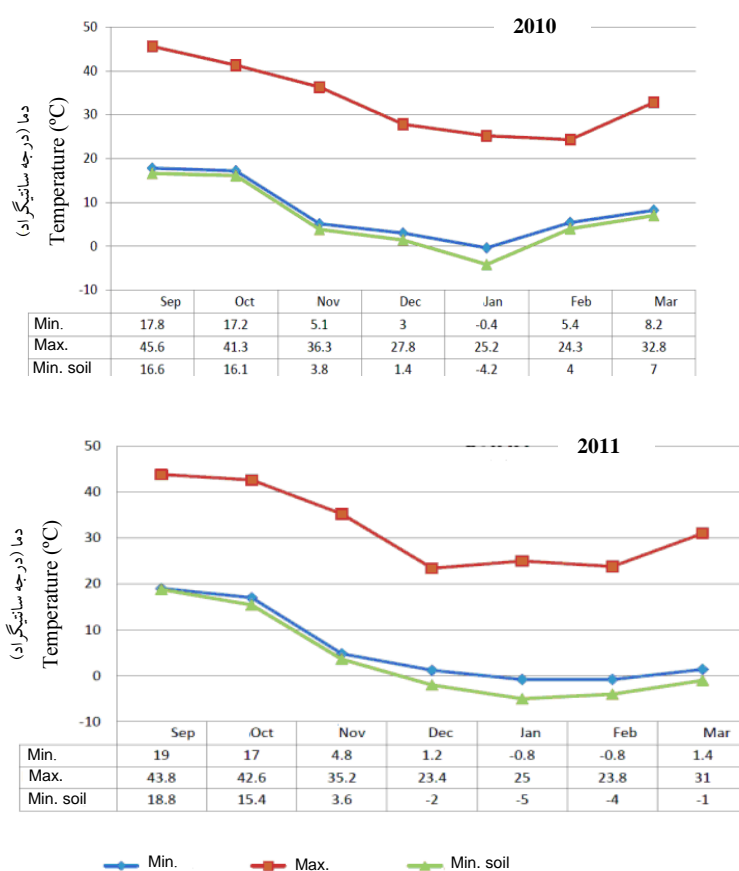
قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

عوامل آزمایشی عبارت بودند از: ارقام سیب‌زمینی (سانته، راموس، اشنیا و آریندا)، تاریخ کاشت (۲۰ شهریور، ۳۰ شهریور، ۹ مهر و ۱۹ مهر) و آنتی‌فریز (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 به صورت 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.

یادداشت برداری‌های فنولوژیکی نظیر: تاریخ جوانه‌زنی، سبز کامل، شروع غده‌زایی، گلدهی و حجیم شدن غده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیولوژیکی مورد مطالعه شامل شاخص سطح برگ، وزن تر 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

اثر تاریخ کاشت و کاربرد آنتی فریز بر عملکرد غده...



شکل ۱- دمای بیشینه و کمینه هوا و دمای کمینه سطح خاک 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

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 غیر معنی‌دار بود (جدول ۱). تاریخ کاشت نیز اثر معنی‌داری بر عملکرد کل، درصد ماده خشک غده، میزان پرولین و شاخص سطح برگ داشت.

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

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 تنش سرما قرار گرفت و منجر به کاهش شدید عملکرد شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد غده و برخی صفات فیزیولوژیکی ارقام سیب‌زمینی تحت تاثیر آنتی‌فریز و تاریخ کاشت در سال‌های ۱۳۸۹ و 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, respectively.
 ns: Not-significant.

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

پرویلین آزاد در بسیاری از گیاهان در عکس العمل به تنش های محیطی مانند تنش سرما و خشکی به مقدار زیادی افزایش می یابد و باعث تثبیت غشاء سلولی در هنگام سرما می شود (Rhodes et al., 2000). نتایج بدست آمده از این تحقیق با گزارش های فوق مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که عملکرد کل غده تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین عملکرد (۱۸/۸ تن در هکتار) در تاریخ کاشت دوم (سی ام 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. از کیل و بحرگاوا (Ezekiel and Bhargava, 1992) گزارش کردند، شاخص سطح برگ و ماده خشک تحت تاثیر تاریخ کشت قرار می گیرد. نتیجه این تحقیق با نتایج این محققین هم خوانی دارد.

مقایسه میانگین ها در تاریخ های مختلف کاشت نشان داد که بین تاریخ های مختلف کاشت از نظر انباشت پرویلین اختلاف معنی دار وجود داشت بطوریکه تاریخ کاشت اول با

رقم \times آنتی فریز بر عملکرد کل، درصد ماده خشک غده، انباشت پرویلین و شاخص سطح برگ و اثر تاریخ کاشت و ارقام نیز بر درصد ماده خشک غده، انباشت پرویلین و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۱). اثر متقابل تاریخ کاشت \times آنتی فریز بر درصد ماده خشک غده غیر معنی دار ولی بر میزان انباشت پرویلین و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. اثر متقابل سه گانه (تاریخ کاشت \times رقم \times آنتی فریز) بر عملکرد کل، درصد ماده خشک غده، انباشت پرویلین و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۱).

باتوجه به نتایج بدست آمده چنین استنباط می شود که صفات مورد بررسی در ارقام و تاریخ های مختلف کاشت تحت تاثیر تنش سرما قرار گرفت و کاربرد آنتی فریز موجب تغییراتی در صفات فیزیولوژیکی گیاه سبب زمینی شد که شرایط مناسب تری را برای رشد و افزایش عملکرد آن فراهم کرد. این تغییرات را می توان در انباشت پرویلین و افزایش شاخص سطح برگ مشاهده کرد که در افزایش عملکرد گیاه تاثیر گذار بود. برخی از پژوهشگران افزایش پرویلین در ارقام مقاوم به تنش سرما (Ronde et al., 2001) برخی به افزایش آن در ارقام حساس به تنش سرما (Porgali and Yurekli, 2005) و برخی نیز به عدم تفاوت آن اشاره کرده اند (Singh and Rai, 1981). انباشت اسید آمینه

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-freeze

		عملکرد کل (تن در هکتار)	شاخص سطح برگ Leaf area index	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter (%)	پرولین (میکروگرم/ گرم برگ تر) Proline ($\mu\text{g g}^{-1}\text{fw}$)
		Total yield (t ha^{-1})	Leaf area index	Tuber dry matter (%)	Proline ($\mu\text{g g}^{-1}\text{fw}$)
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.

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

انباشت بیشترین مقدار (۲۱۷/۳) میکروگرم برگ‌گرم برگ تر) پرولین و تاریخ کاشت دوم با انباشت (۹۱/۸) میکروگرم برگ‌گرم برگ تر) کمترین انباشت پرولین را تولید نمودند (جدول ۲). انباشت پرولین در تاریخ کاشت اول نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت شاید نشان‌دهنده قرار گرفتن 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

ایجاد می‌کند. در این رابطه طی آزمایشی در مصر عملکرد ارقام دیامانت، سپونتا، باراکا و موندیال در کشت پاییزه مورد مقایسه قرار گرفت. 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 (۳/۳۱۹ میکروگرم بر گرم برگ‌تر) بیشترین انباشت پرولین و اشنیا با (۳/۵۲ میکروگرم برگ‌تر) کمترین انباشت پرولین را داشتند. یادگاری و حیدری (Yadegari and Heidari, 2007) بیان داشتند زمانی که گیاهان سویای مورد آزمایش به‌طور تدریجی در معرض دمای پایین قرار گرفتند 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).

عملکرد کل غده تحت تاثیر تیمار آنتی‌فریز قرار گرفت، بطوریکه بیشترین عملکرد کل غده ۱۸ تن در هکتار با کاربرد آنتی‌فریز و کمترین عملکرد ۱۵/۲ تن 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،

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 ماده خشک 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 به ترتیب 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

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 بر عملکرد 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 سانتا با کاربرد آنتی‌فریز و کمترین عملکرد ۸/۹ تن در هکتار مربوط به رقم راموس بدون استفاده از آنتی‌فریز بدست آمد (جدول ۳). بیشترین میزان ماده خشک غده با کاربرد آنتی‌فریز ۱۷/۱ درصد مربوط به رقم سانتا و کمترین مقدار ماده خشک غده ۱۴/۳ درصد مربوط به رقم آریندا 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 بر گرم برگ تر مربوط به رقم اشیا 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 شاخص سطح برگ (۳/۹) مربوط به رقم آریندا با مصرف آنتی‌فریز و کمترین شاخص سطح برگ (۲) در رقم راموس بدون

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 تاثیر آنتی‌فریز قرار گرفت اما توانست فقط ۰/۳ درصد موجب افزایش ماده خشک غده شود (جدول ۲). اثر آنتی‌فریز بر انباشت پرولین برگ معنی‌دار بود بطوریکه در تیمار آنتی‌فریز انباشت پرولین ۱۹۲/۴ و در تیمار شاهد ۱۰۶/۶ میکروگرم بر گرم برگ تر بود (جدول ۲).

تاثیر کاربرد آنتی‌فریز 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

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 (μg 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
Ocena × Anti-freeze	اشنیا × آنتی فریز	19.8c	2.4ab	16.3ab	79.9de
Ocena × Control	اشنیا × شاهد	18.1c	2.4ab	16.2ab	64.6a
Arinda × Anti-freeze	اریندا × آنتی فریز	15.0d	3.0a	14.6bc	240.7b
Arinda × Control	اریندا × 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.

معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد کل از تاریخ کاشت دوم و رقم سائته 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 میکروگرم بر گرم 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 سائته 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 از بین رفتند. اما تاریخ کاشت دوم از نظر فنولوژی در مرحله حجیم شدن غده‌ها تحت تاثیر تنش سرما قرار گرفت 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 عملکرد گیاه وجود دارد.

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

مصرف آنتی‌فریز بود (جدول ۳). از نتایج فوق چنین استنباط می‌شود که کاربرد آنتی‌فریز موجب افزایش سطح برگ، 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 طوری که بیشترین عملکرد ۲۰/۲ تن در هکتار از تاریخ کاشت ۳۰ شهریور با مصرف آنتی‌فریز و کمترین عملکرد ۱۴ تن در هکتار از تاریخ 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 بر گرم برگ تر 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 بر عملکرد کل، درصد ماده خشک غده، انباشت پرولین و شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪

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 (μ g g ⁻¹ fw)
Anti-freeze × 11 Sep.	آنتی فریز × ۲۰ شهریور	16.6bc	3.2a	243.0a
Control × 11 Sep.	شاهد × ۲۰ شهریور	14.4de	2.9a	191.5bc
Anti-freeze × 21 Sep.	آنتی فریز × ۳۰ شهریور	20.2a	2.2b	120.5d
Control × 21 Sep.	شاهد × ۳۰ شهریور	17.2b	1.7bc	63.0a
Anti-freeze × 01 Oct.	آنتی فریز × ۹ مهر	15.9bcd	2.0bc	221.4ab
Control × 01 Oct.	شاهد × ۹ مهر	14a	1.6c	84.8a
Anti-freeze × 11 Oct.	آنتی فریز × 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	درصد	شاخص سطح برگ	عملکرد کل غده
		(میکروگرم/گرم برگ تر) Proline ($\mu\text{g g}^{-1}\text{fw}$)	ماده خشک غده Tuber dry matter (%)	Leaf area index	(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.

متفاوتی داشت. زیرا تاخیر در تاریخ کاشت موجب برخورد گیاه با تنش سرما در مراحل اولیه غده زایی شد و سبب بروز خسارت و کاهش شدید عملکرد گردید. (جدول میانگین های اثر متقابل سه گانه به دلیل حجم زیاد ارائه نشده است). تاخیر در کاشت سبب بروز تنش سرما در مراحل فنولوژیکی غده زایی و حجیم شدن غده و کاهش شدید عملکرد شد. با توجه به محدودیت سرمای آخر فصل استفاده از ارقام زودرس و متوسط رس ارجحیت دارد و کاربرد آنتی فریز می تواند سبب افزایش عملکرد غده شود. بنابراین استفاده از غده های بذری آماده (پیش جوانه دار) ارقام متوسط رس همراه با کاربرد آنتی فریز در محدوده زمانی دهه سوم شهریور لغایت اواسط مهر برای کشت پاییزه در مناطق گرمسیری جیرفت توصیه می شود.

پرولین و شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین ماده خشک غده (۱۸٪) مربوط به تاریخ کاشت سوم، رقم سائنه و استفاده از آنتی فریز و کمترین ماده خشک غده (۱۴/۱٪) مربوط به تاریخ کاشت دوم، رقم آریندا و بدون استفاده از آنتی فریز به دست آمد.

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

نتایج به دست آمده حاکی از آن است که تنش سرما در مراحل فنولوژیکی مختلف آثار

References

- Aggrey, B. N., Schittenhelm, S., Mix-wagner, 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* species 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. *Scientia 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*. Chapman 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.