مجله علوم و باغبانی ایران جلد ۱۲ شماره ۱ صفحه های ٦٥ تا ٧٦ (۱۳۹۰)

رابطه برخی شاخص های فیزیولوژیکی با سرمازدگی در چند رقم بادام در مراحل نمو جوانه گل[1]

RELATIONSHIP BETWEEN PHYSIOLOGICAL INDICES AND FREEZING INJURY IN SOME ALMOND CULTIVARS AT DIFFERENT PHENOPHASES OF FLOWER BUD DEVELOPMENT

الهه خرم، ولی ربیعی، علی ایمانی و سید نجم الدین مرتضوی[2]

چکیده

خسارت سرما به جوانه های گل بادام از عوامل محدود کننده کشت و کار آن در دنیا می باشد. این پژوهش به منظور بررسی واکنش رقم های بادام 'آ۹۳'، 'بومی'، 'ربیع'، 'شاهرود۲۱'، 'مارکونا' و '۱٤٤ یزد' به خسارت سرما در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار بر اساس آزمون های آزمایشگاهی انجام گرفت. در این پژوهش رقم های انتخابی بادام 'آ۹۳'، 'بومی'، 'ربیع'، 'شاهرود۲۱'، 'مارکونا' و '۱٤٤ یزد' در سه مرحله فنولوژیکی (تورم جوانه، غنچه صورتی، شکوفایی کامل) زیر تاثیر تیمارهای سرمایی مختلف قرار گرفتند. در آزمایش درصد خسارت سرمازگی جوانه ها (میزان قهوه ای شدن بافت) و ویژگی های فیزیولوژیکی (نشت یونی، میزان پرولین و میزان کربوهیدرات های محلول) مورد ارزیابی قرار گرفتند. بررسی های آماری نشان دادند که میزان آسیب سرمایی در بادام به شدت زیر تاثیر نژادگان و مرحله فنولوژیکی می باشد. به طوری که در مرحله تورم جوانه آسیب سرمایی در دمای ۱۰- درجه سلسیوس در رقم های مورد آزمایش 'آ۹۳'، 'بومی'، 'ربیع'، 'شاهرود۲۱'، 'مارکونا' و '۱٤٤ یزد' به ترتیب ٥/٥، ۸٥/۱۷، ٦۲/۸٥، ٥٦/٤، ٦۱/۳ و ٥٦/٥۱٪ بود. همچنین در مرحله غنچه صورتی در دمای ۷- درجه سلسیوس میزان خسارت سرما برای رقم های 'آ۹۳'، 'بومی'، 'ربیع'، 'شاهرود۲۱'، 'مارکونا' و '۱٤٤ یزد' به ترتیب ٥٤/٤، ٦۹/٤، ۷٦/۱، ٦۸/۸، ۷۰، ۷٥/٥٪ مشاهده شد. در مرحله شکوفایی کامل در دمای ۳- درجه سلسیوس میزان آسیب سرمایی در رقم های 'آ۹۳'، 'بومی'، 'ربیع'، 'شاهرود۲۱'، 'مارکونا' و '۱٤٤ یزد' به ترتیب ٦٥، ٦۰، ۷۰، ۱۰۰، ۱۰۰ و ۱۰۰٪ ارزیابی شد. نتایج بررسی ویژگی های فیزیولوژیکی نشان داد که در مرحله تورم جوانه میزان نشت یونی، با درصد آسیب سرمایی در رقم های بادام رابطه مستقیم داشت، اما بین درصد آسیب سرمایی و میزان پرولین در مرحله غنچه صورتی ارتباط معنی داری بین رقم ها مشاهده نشد. میزان کربوهیدرات محلول در مرحله شکوفایی کامل در رقم های مورد آزمایش متفاوت بود به طوری که رقم های با بیشترین میزان کربوهیدرات محلول، مقاومت به سرمای بیشتری نشان دادند. در رقم 'مارکونا' با ۲٤/۲ میلی گرم بر گرم وزن تر کربوهیدرات محلول میزان آسیب سرما ٦۰٪ ولی در رقم 'ربیع' با ۲۳/۳ میلی گرم بر گرم وزن تر کربوهیدرات محلول، آسیب سرما ۱۰۰٪ مشاهده شد.

۱- تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۳

۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار (vali_rabiei@yahoo.com) گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان، استادیار بخش تحقیقات باغبانی موسسه تحقیقات اصلاح وتهیه نهال و بذر و استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان، زنجان، جمهوری اسلامی ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

واژه های کلیدی: بادام، پرولین، خسارت سرما، کربوهیدرات محلول، نشت یونی.

مقدمه

بادام با نام علمی *Prunus amygdalus* Batsch syn. *P. dulcis* (Mill) D. A.Webb متعلق به تیره وردسانان[۱] و زیر تیره آلوئیان[۲] است (۲). حساس بودن درختان بادام نسبت به سرما، پائین بودن نیاز سرمایی و همچنین طبیعت زود گل بودن آن باعث می شود اغلب از سرمای بهاری آسیب ببینند، در نتیجه گستره تولید بادام به مناطق با زمستان های به نسبت ملایم محدود می شود. عامل محدود کننده کشت بادام، واکنش به نسبت سریع جوانه ها به دمای بالا به دلیل نیاز سرمایی پائین آن می باشد. زود گل دهی باعث می شود که جوانه های گل و شکوفه ها در اواخر زمستان و اوایل بهار از یخبندان بهاری آسیب ببینند. آسیب از یخبندان، به مرحله نمو گل و نوع رقم بستگی دارد (۱). آشکارترین و معمولی ترین اثر خسارات ناشی از سرما به غشاء پلاسمایی، افزایش نشت ترکیب های شیره یاخته ای مانند پتاسیم، اسیدهای آمینه، کربوهیدرات ها و در مجموع الکترولیت های مختلف به خارج از یاخته می باشد. گزارش ها نشانگر این است که نشت شیره یاخته ای در مدت مقاوم سازی کاهش می یابد که نشانگر افزایش مقاومت به سرما می باشد (۱۲). تجمع اسید آمینه آزاد از جمله پرولین بیشتر در گیاهان زیر تنش های محیطی اتفاق می افتد و بعضی مواقع با افزایش مقاومت به سرما در گیاهان ارتباط دارد (٤، ۷، ۱۲). از نقش های فیزیولوژیکی احتمالی پرولین، می توان به عنوان عاملی در تنظیم فشار اسمزی و عامل حفاظت کننده آنزیم های سیتوپلاسمی و ساختمان غشایی نام برد (۲۰). اثر دمای پایین بر همگروه های صنوبر[۳] توسط رنایوت وهمکاران[٤] (۱۸) از طریق مطالعه میزان قندهای محلول (ساکارز، فروکتوز و گلوکوز) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که افزایش میزان قندهای محلول از مکانیزم های مقاومت به سرما می باشد. همچنین در آزمایش دیگری میزان تغییرهای متابولیکی در *Sorbus domestica* L. در شرایط درون شیشه ای[٥] و زیر تنش سرما مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که سطوح فروکتوز، گلیسرول، آنتی اکسیدانت ها (اسکروبات) و هیدروژن پروکسیداز همراه بافرآیند سازگاری[٦] و مقاومت به سرما افزایش پیدا می کند (۹). تغییر در ترکیب اسید های چرب غشاء، تغییرهای متابولیکی و تغییر در مقادیر پروتئین، فعالیت های آنزیمی و نشت الکترولیت های بین یاخته ای و آمینو اسیدها را جزء آسیب های تنش یخ زدگی گفته شده است بنابراین به نظر می رسد با اندازه گیری این ویژگی ها بتوان به معیار مناسبی جهت تعیین میزان خسارت وارده و انتخاب رقم های مقاوم دست یافت (۸).

هدف از این پژوهش بررسی و تعیین واکنش رقم های تجاری بادام دیر گل به سرما در مراحل مختلف فنولوژیکی، همچنین بررسی تغییرهای نشت یونی، میزان کربوهیدرات محلول و پرولین بر اثر تنش یخ زدگی و ارتباط آن ها با خسارت سرما در مراحل مختلف فنولوژیکی بود.

مواد و روش ها

مواد گیاهی

شاخه های با طول ۲۰-۲۵ سانتیمتر که دارای چندین جوانه و قطر یکسان بوده از ٦ رقم بادام 'آ۹۳'، 'بومی'، 'ربیع'، 'شاهرود۲۱'، 'مارکونا' و '۱٤٤ یزد' در سه مرحله مختلف فنولوژیکی (تورم جوانه، غنچه

۱- Rosaceae ۲- Prunoidae ۳- *Populus* ٤- Renaut ٥- *In vitro* ٦- Acclimation

www.SID.ir

صورتی و شکوفایی کامل) به طور تصادفی از تمام قسمت های درختان ۷ ساله (برای هر رقم۵ درخت و از هر درخت ۵ شاخه واز هر شاخه ۱۰ جوانه گل) تهیه و در داخل ظرف های ویژه به سرعت به آزمایشگاه منتقل گردید.

نحوه اعمال تیمار سرما

برای انجام آزمایش، شاخه ها به اتاقک رشد مدل (432 L;ASLAparatos Cientificos,Madrid Spain) منتقل گردید. اتاقک رشد دارای قابلیت برنامه ریزی بود به طوری که دامنه دمایی درونی آن از۲۰+ تا۳۰- درجه سلسیوس متغیر بود و پنج پروب ترموپار[1] به دیتا لاگر[2] در نزدیکی نمونه ها متصل بود. دما در اتاقک رشد روی ۵ درجه سلسیوس برای مدت ۵ دقیقه نگهداری می شد وسپس در هر ساعت به اندازه ۲ درجه سلسیوس کاهش پیدا می کرد تا به درجه مورد نظر می رسید. نمونه های مورد نظر در دمای یخ زدگی به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری می شد و سپس دما در هر ساعت به مقدار ۲ درجه سلسیوس افزایش می یافت تا به ۷ درجه سلسیوس می رسید. در مرحله تورم جوانه زیر تاثیر٤ دما (٦-، ۱۰-، ١٤- و ۱۸- درجه سلسیوس)، در مرحله غنچه صورتی زیر تاثیر۳ دما (٤-، ۷-و ۱۰- درجه سلسیوس)، در مرحله تمام گل یا شکوفایی کامل زیر تاثیر سرمایی طبیعی ۳- درجه سلسیوس قرار گرفتند. میزان آسیب سرما ٢٤ ساعت بعد از تیمار دمایی مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان آسیب سرما (قهوه ای شدن بافت) جوانه هر گلی مبنای آسیب سرما در نظر گرفته شد (۱۹). در ضمن شاهد تیمار شاخه ها در دمای طبیعی بوده به طوری که دمای آن در مرحله تورم جوانه۱- درجه سلسیوس و مرحله غنچه صورتی دمای ۷+ درجه سلسیوس بوده است.

اندازه گیری پرولین

برای اندازه گیری پرولین نمونه جوانه گل پس از تیمار های دمایی از روش نین هیدرین اسید استفاده شد(۱۱). ابتدا ۰/۱ گرم از هر نمونه جوانه گل پس از خارج کردن از یخچال توزین و به آن ها ۱۰ میلی گرم اسید سولفوسالسیلیک ۳٪ اضافه و در هاون چینی خوب سائیده و یکنواخت گردید. سپس مخلوط حاصل در درون لوله آزمایش ریخته و به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ٤۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ٤ درجه سلسیوس سانتریفوژ شد. سپس ۲ میلی لیتر معرف نین هیدرین (معرف نین هیدرین از حل کردن ۱/۲۵ گرم نین هیدرین در ۳۰ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲۰cc اسید فسفریک ٦ مولار توام با گرم کردن و بهم زدن روی هات پلت به دست آمد) و ۲ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال را به ۲ میلی لیتر عصاره صاف شده اضافه گردید. لوله های آزمایش در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت قرار داده و سپس در داخل حمام یخ گذاشته شدند. پس از سرد شدن لوله ها، به آن ها ۷ میلی لیتر تولوئن اضافه و ۳۰ ثانیه به هم زده شدند و پس از تشکیل دو فاز مجزا، قسمت رنگی برداشته شده و توسط اسپکتروفتومتر میزان جذب آن ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. آنگاه غلظت پرولین برحسب میکرومول بر گرم ماده تر محاسبه گردید (۵).

datalogger (LI-100; LI-COR,Inc., Lincoln, Neb.) -۲ Thermopar probes -۱

www.SID.ir

اندازه گیری کربوهیدرات های محلول

کربوهیدرات های محلول به روش ایریگوین و همکاران (۱۱) اندازه گیری شد. به طور خلاصه ۰/۱ میلی لیتر از عصاره الکلی (۰/۵ گرم از نمونه برگ یا جوانه گل+۱۵ میلی لیتر اتانول ۹۵٪) ۳ میلی لیتر آنترون تازه تهیه شده [۱۵۰ میلی گرم آنترون +۱۰ میلی لیتر سولفوریک اسید ۷۲٪ v/v (حجمی:حجمی)] به آن اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه روی حمام جوش قرار داده شد. سپس میزان جذب نمونه ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر(UNICAM UN/VIS spectrometer) خوانده شد. منحنی کالیبراسیون با استفاده از استاندارد گلوکز رسم و میزان قندهای محلول نمونه ها بر اساس میلی گرم در هر گرم وزن تر محاسبه گردید (۱۱).

اندازه گیری نشت یونی

نشت یونی با استفاده از روش بارانکو و همکاران (۶) اندازه گیری و درصد نشت یونی از رابطه زیر محاسبه گردید(۶) :

$$\text{درصد نشت یونی} = \frac{\text{نشت یون اولیه}}{\text{نشت یون نهایی}} \times ۱۰۰$$

تجزیه آماری

این پژوهش براساس آزمایش فاکتوریل دو فاکتوره (رقم ۶سطح: 'آ۹۳'، 'بومی'، 'ربیع'، 'شاهرود۲۱'، 'مارکونا' و '۱۴۴ یزد': مرحله فنولوژیکی ۳ سطح: تورم جوانه، غنچه صورتی و شکوفایی کامل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار (۵ شاخه) و هر مرحله فنولوژیکی در سطوح مختلف دمایی اجرا شد. بررسی های آماری توسط برنامه نرم افزار MSTATC انجام شد و میانگین ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

مرحله اول فنولوژیکی (تورم جوانه گل)

همان طور که در شکل (۱) مربوط به مقاومت به سرما در مرحله اول فنولوژیکی (تورم جوانه گل) مشاهده می شود تفاوت هایی بین رقم ها از نظر مقاومت به سرما در این مرحله فنولوژیکی در دماهای مختلف دیده می شود. به طوری که در دمای ۱۰- درجه سلسیوس در این مرحله برای مثال رقم 'شاهرود۲۱'، ۵۱/۱۳٪ آسیب دیده است در حالی که در همین مرحله رقم 'آ۹۳'، ۲۲/۱۵٪ آسیب دیده است.

نوع رقم به نظر می رسد در رابطه با آسیب سرمایی اهمیت زیادی داشته باشد. بـه طـوری کـه تفـاوت ۶ رقم بادام ('آ۹۳'، 'بومی'، 'ربیع'، 'شاهرود۲۱'، 'مارکونا' و '۱۴۴ یزد') مورد آزمون در مقابـل آسـیب سـرمایی در مرحله یکسان فنولوژیکی (تورم جوانه گل) می تواند به تفاوت در چندین عامل از جمله ساختاری، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مربوط باشد (۱۹).

www.SID.ir

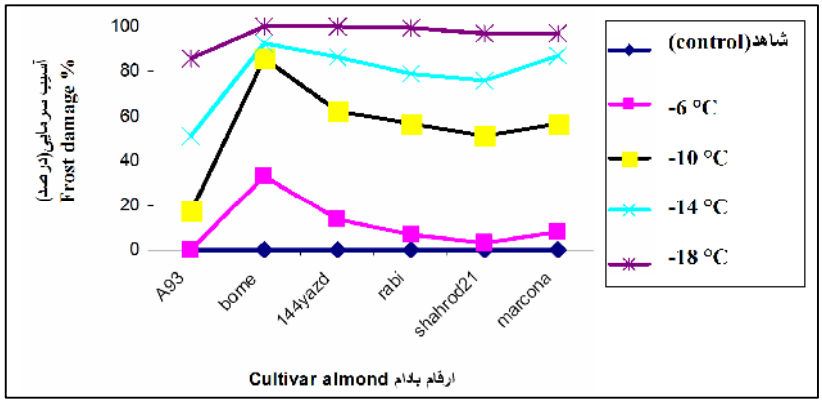

Fig. 1. Percentage of frost damage in different temperatures in bud swelling stage of almond.

شکل ۱- درصد آسیب سرمایی در دما های متفاوت در مرحله اول فنولوژیکی (تورم جوانه گل بادام).

مرحله دوم فنولوژیکی (غنچه صورتی)

رقم های بادام مورد مطالعه از نظر مقاومت به سرما در دماهای مختلف و در مرحله دوم فنولوژیکی(غنچه صورتی) (شکل۲) نیز دارای تفاوت هایی می با شند. به طوری که در دمای ۷- درجه سلسیوس در این مرحله برای مثال رقم شاهرود ۲۱، ۷۱/۱۵٪ آسیب دیده است در حالی که در همین مرحله رقم '۹۳آ، ۵۶/۴۱٪ آسیب دیده است.

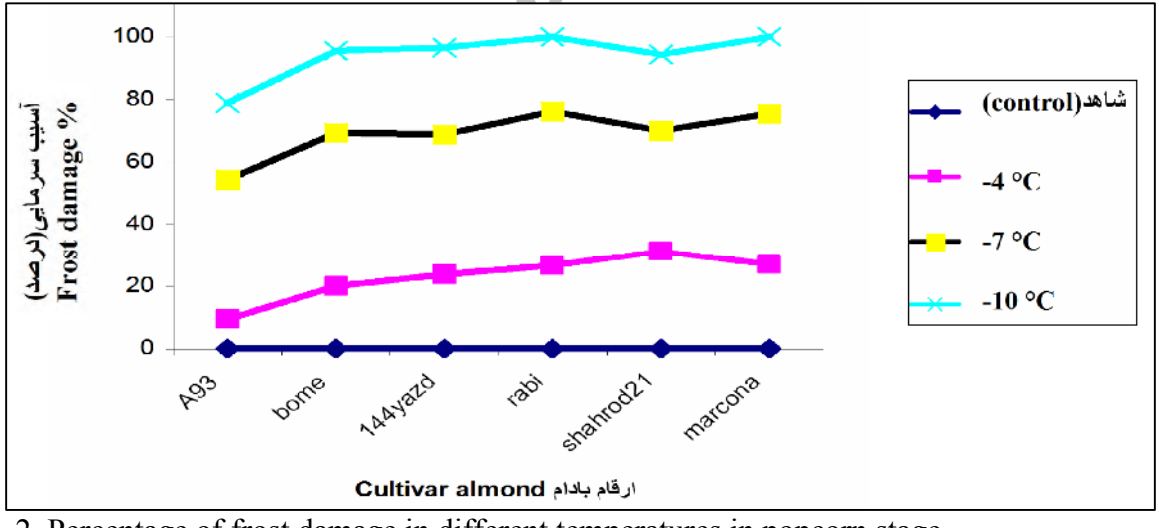

Fig. 2. Percentage of frost damage in different temperatures in popcorn stage.

شکل ۲- درصد آسیب سرمایی در دما های متفاوت در مرحله دوم فنولوژیکی گل بادام (مرحله غنچه صورتی).

همان طوری که در شکل ۲ مشخص است در این مرحله نیز تفاوت زیادی بین رقم های مختلف در مقاومت به سرمای بهاری در مراحل یکسان فنولوژیکی مشاهده می شود. این نتایج ممکن است این حقیقت را توضیح دهد که بسیاری از عامل ممکن است روی مقاومت گل یا جوانه که هنوز ناشناخته هستند یا کنترل شان مشکل است، مربوط شده باشد (۱۲).

www.SID.ir

مرحله سوم فنولوژیکی (تمام گل یا شکوفایی کامل)

میزان آسیب پذیری در مرحله تمام گل یا شکوفایی کامل با توجه به سرمای دیررس بهاری که در تاریخ ۸۷/۱۲/۲۸ با افت دمایی ۳- درجه سلسیوس وجود داشت، مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج حاصل در نمودار ۳ ارائه شده است.

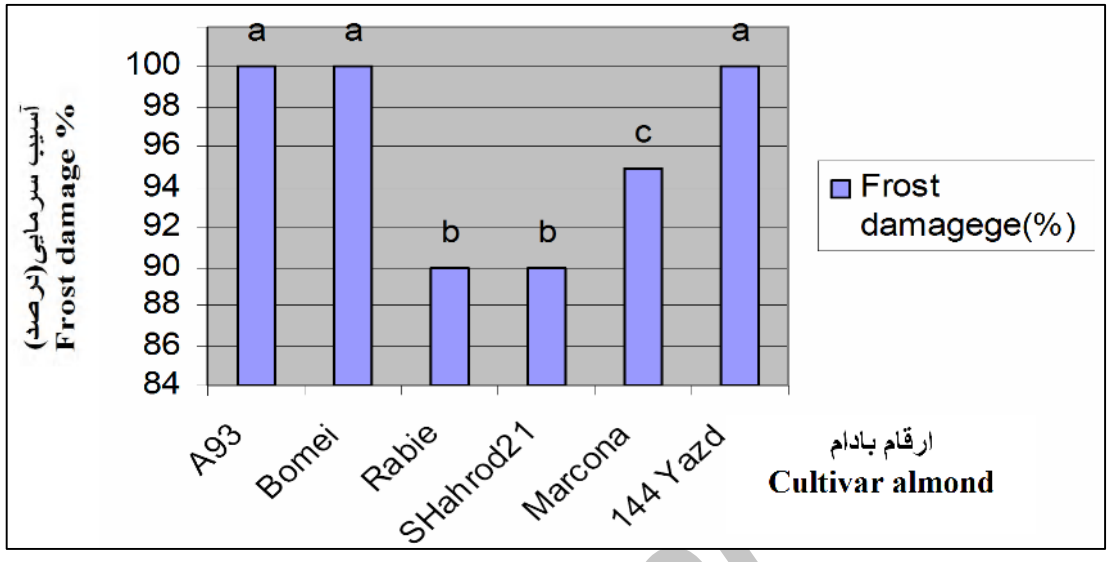

Fig. 3. Percentage of frost damage in different temperatures in full bloom stage.

شکل ۳- درصد آسیب سرمایی دردمای ۳-در مرحله سوم فنولوژیکی گل بادام (تمام گل).

با توجه به شکل های ۲،۱ و۳ به نظر می رسد مرحله فنولوژیکی در رابطه با آسیب سرمایی اهمیت زیادی داشته باشد .درختان در مرحله سوم (تمام گل) به سرما حساس تر می باشند و در دمای پایین نسبت به مراحل قبلی آسیب می بینند. میراندا و همکاران[۱] (۱۶) نتیجه گرفتند که گونه های جنس پرونوس از جمله بادام قبل از گلدهی به سرما مقاوم هستند اما در مرحله تمام گل و با پیشرفت مراحل نمو گل نسبت به مراحل قبل از گلدهی (مرحله خواب عمیق جوانه گل) حساس به سرما می باشند.

پارسه[۲] (۲۰۰۱) عنوان کرد که گل های بادام به دمای زیر صفر حساس هستند و در این دما دچار آسیب می شوند و در اثر یخ زدگی، ابتدا تخمدان در حال نمو سیاه (نکروزه) شده و فرایندهای فیزیولوژیکی آن مختل می گردد که این روند منجر به از بین رفتن گل و عدم تشکیل میوه می شود که در مرحله تمام گل همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود جوانه های گل در رقم های 'آ۹۳'، '۱٤٤ یزد' و 'بومی' به طور کامل از بین رفته اند و در سایر رقم ها هم نباید انتظار عملکرد خوبی را داشت.

سرمازدگی و میزان نشت یونی در مراحل مختلف فنولوژیکی رقم های بادام

در شکل های ٤ و٥ سرمازدگی و میزان نشت یونی در دو مرحله مختلف فنولوژیکی تورم جوانه و شکوفایی کامل نشان داده شده است. میزان نشت یون در بین رقم ها در مرحله فنولوژیکی تورم جوانه تفاوت معنی داری

۱- Miranda *etal*.
۲- Pearce

Archive of SID
www.SID.ir

مشاهده می شود به طوری که رقم 'بومی' با درصد آسیب ۳۳٪ در دمای ٦- درجه سلسیوس دارای میزان نشت یونی ۳۵/۳٪ می باشد و در دمای ١٤- درجه سلسیوس با سرمازدگی ۹۲٪ دارای میزان نشت یونی ۸۰/٤٪ و در دمای ۱۸- درجه سلسیوس با آسیب ۱۰۰٪ دارای میزان نشت یونی ۹۳/۳٪ می باشد. از طرفی شکل ٥ نشان می دهد که در این مرحله که سرمایی طبیعی وجود داشت تفاوت معنی داری بین رقم ها مشاهده نمی شود. بررسی ها نشان داده است که میزان تحمل به سرما در بین رقم های گونه های مختلف متفاوت است و مقدار نشت الکترولیتی آن ها در پاسخ به تنش یخ زدگی یکسان نیست (۱۰، ١٤، ١٥).

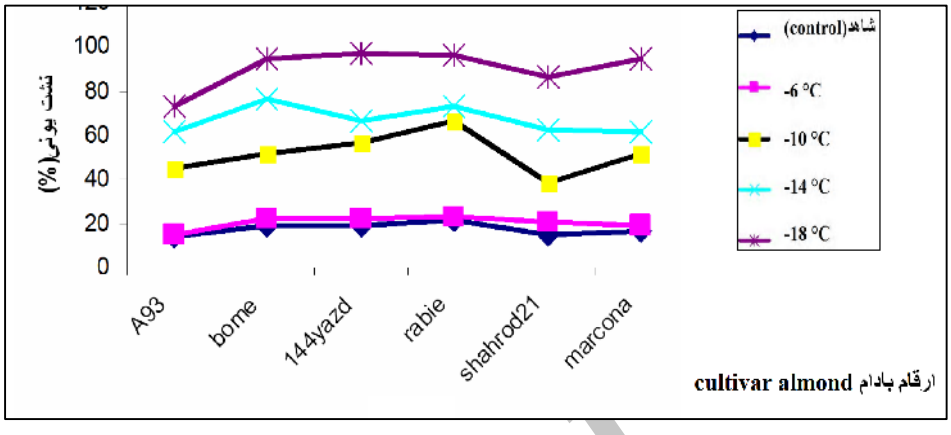

Fig. 4. Percentage of ion leakage in different temperatures in bud swelling stage of almond.

شکل ٤- درصد نشت یونی در دماهای متفاوت درمحله تورم جوانه بادام.

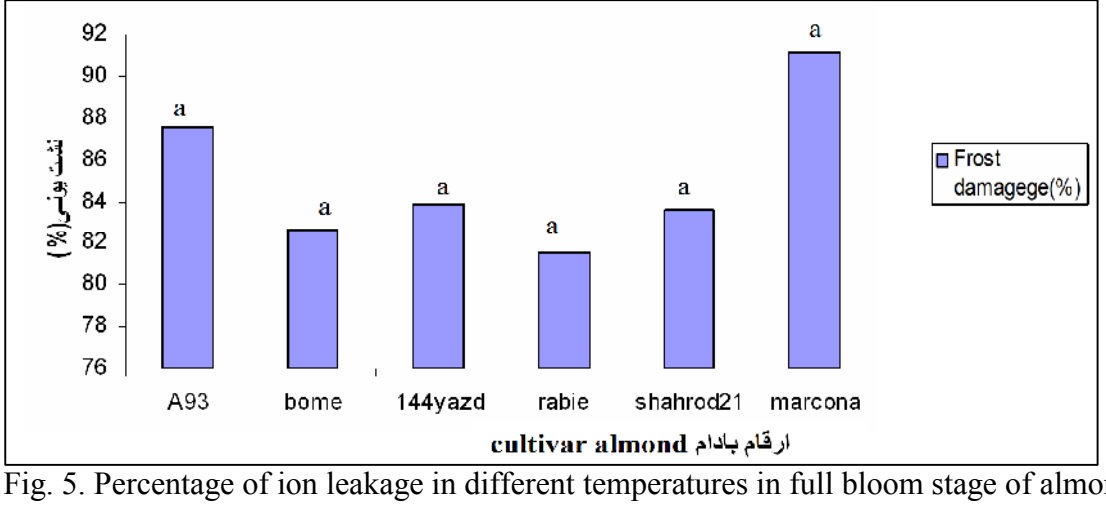

Fig. 5. Percentage of ion leakage in different temperatures in full bloom stage of almond.

شکل ٥-درصد نشت یونی در دما ی ۳- در مرحله سوم فنولوژیکی(تمام گل) بادام.

سرمازدگی و میزان پرولین درمراحل مختلف فنولوژیکی رقم های بادام

نتایج حاصل از مطالعه میزان سرمازدگی در رابطه با میزان پرولین در مراحل مختلف فنولوژیکی تورم جوانه، غنچه صورتی و شکوفایی کامل رقم های بادام در شکل های ٦، ۷ و ۸ نشان داده شده است.

www.SID.ir

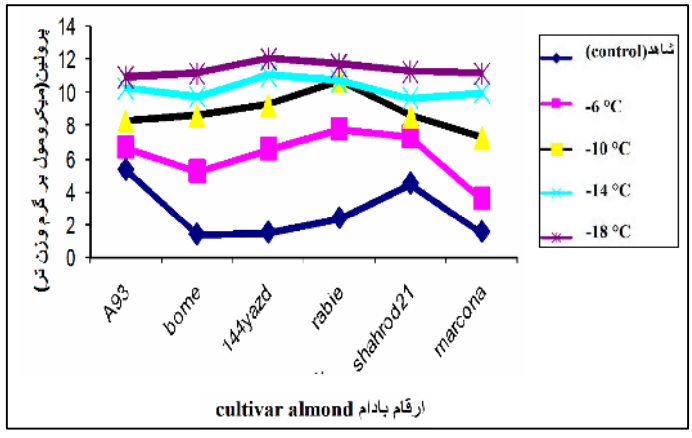

Fig. 6. Percentage of prolin in different temperatures in bud swelling stage of almond.

شکل ٦- میزان پرولین در دما های متفاوت در مرحله تورم جوانه بادام.

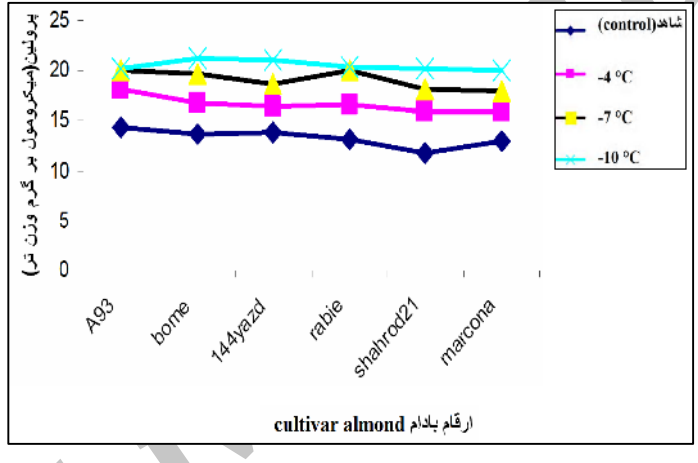

Fig. 7. Percentage of prolin in different temperatures in and popcorn stage of almond.

شکل۷- میزان پرولین در دما های متفاوت در مرحله غنچه صورتی بادام.

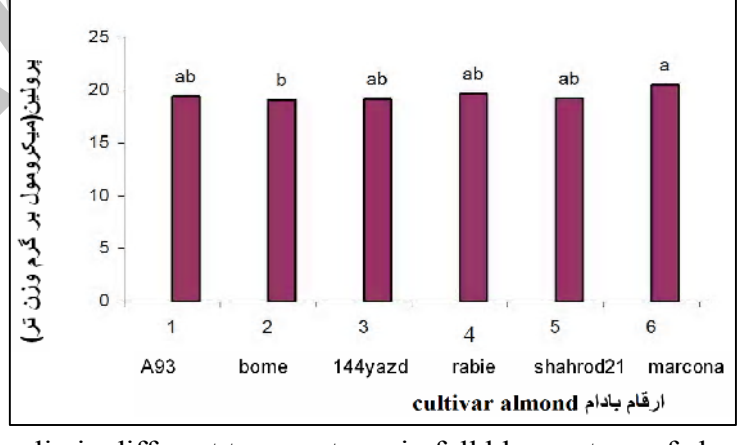

Fig. 8. Percentage of prolin in different temperatures in full bloom stage of almond.

شکل۸- میزان پرولین در دمای ۳- در مرحله سوم فنولوژیکی(تمام گل) بادام.

www.SID.ir

نتایج شکل ٦ نشان می دهد که درمرحله تورم جوانه بین رقم ها در تیمارهای دمایی مختلف تفاوت معنی داری وجود دارد. رقم ها در تیمارهای دمایی مختلف نسبت به شاهد دارای پرولین بیشتری می باشد که در دمای ٦°C- و شاهد تفاوت بین رقم ها مشهود است ولی در دمایی ١٤°C- و ١٨°C- تفاوت چندانی بین میزان پرولین در بین رقم ها مشاهده نشد. همچنین شکل ٧ نشان می دهد که درمرحله غنچه صورتی اثر نژادگان و تنش سرمایی بر میزان پرولین در سطح احتمال ١٪ معنی دار می باشد ولی برهمکنش نژادگان و تنش سرمایی بر میزان پرولین معنی دار نمی باشد. همین طور نتایج شکل ٨ نشان می دهد که در مرحله سوم فنولوژیکی(تمام گل) بین رقم ها از نظر میزان پرولین در سطح احتمال ١٪ اختلاف معنی داری وجود نداشت. بیشتر افزایش پرولین با کاهش درصد آسیب سرمایی همراه است که این رابطه به خوبی در رقم های متفاوت بادام در مرحله دوم نشان داده شده است که بین رقم ها از لحاظ میزان پرولین و درصد آسیب سرمایی تفاوت معنی داری وجود داشت. به طوری که رقم 'آ٩٣' دارای بیشترین میزان پرولین و بیشترین میزان مقاومت به سرما را دارا بود. دلایل این نوع از مقاومت هم به خاطر ایفای نقش اسمزی توسط پرولین و داشتن اثرهای مفیدی بر گیاهان زیر تنش می باشد و گزارش شده در نژادگان هایی که زیر تنش میزان پرولین آن ها افزایش یافت، مقدار نسبی آب کاهش می یابد (٤).

سرمازدگی و میزان کربوهیدرات محلول درمراحل مختلف فنولوژیکی رقم های بادام

نتایج حاصل از مطالعه میزان سرمازدگی در رابطه با میزان کربوهیدرات محلول درمراحل مختلف فنولوژیکی تورم جوانه، غنچه صورتی و شکوفایی کامل رقم های بادام در شکل های ٩، ١٠ و ١١ نشان داده شده است.

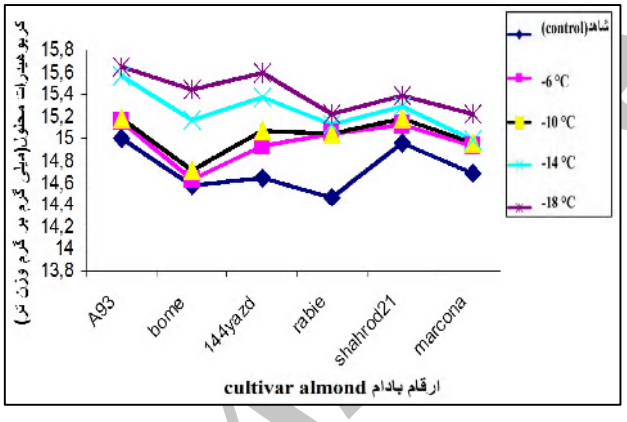

Fig. 9. Percentage of soluble carbohydrate content in different temperatures in bud swelling stage of almond.

شکل ٩- میزان کربوهیدرات محلول در دما های متفاوت در مرحله تورم جوانه بادام.

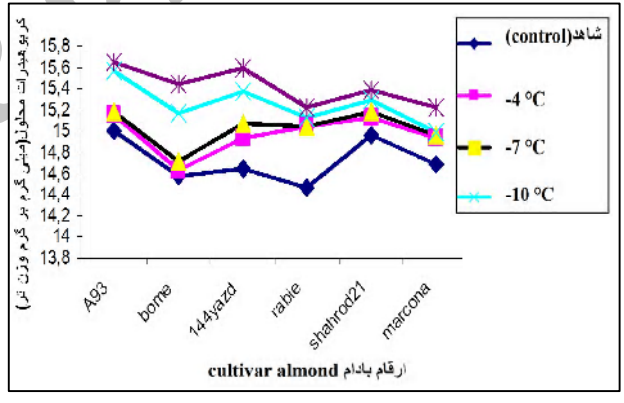

Fig. 10. Percentage of soluble carbohydrate content in different temperatures in popcorn stage of almond.

شکل١٠- میزان کربوهیدرات محلول در دما های متفاوت در مرحله غنچه صورتی بادام.

www.SID.ir

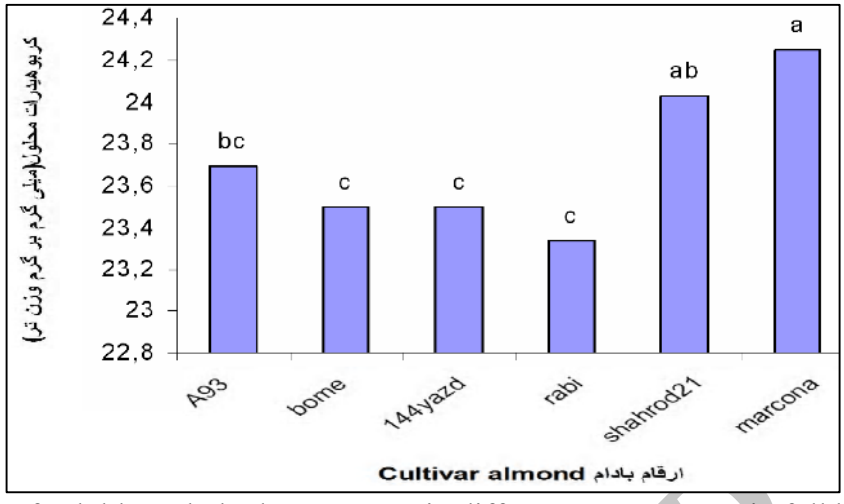

Fig. 11. Percentage of soluble carbohydrate content in different temperatures in full bloom stage of almond.

شکل ۱۱- میزان کربوهیدرات محلول در دما های متفاوت در مرحله سوم فنولوژیکی(تمام گل) بادام.

نتایج حاصل از این مرحله مشخص نمود که در مرحله اول فنولوژیکی (تورم جوانه گل) بین رقم ها از نظر میزان کربوهیدرات محلول اختلاف معنی دار وجود داشت. همچنین بین تیمارهای دمایی مختلف در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی داری مشاهده گردید ولی برهمکنش نژادگان و تیمار سرمایی معنی دار نبود (شکل۹). همچنین در مرحله غنچه صورتی نیز بین رقم ها از نظر میزان کربوهیدرات محلول اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت و بین تیمارهای دمایی مختلف در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی داری وجود دارد ولی برهمکنش نژادگان و تیمار سرمایی معنی دار نشد (شکل۱۰). ازطرفی بین رقم ها در مرحله سوم که سرمایی طبیعی وجود داشت، از نظر میزان کربوهیدرات های محلول اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. به طوری که بیشترین میزان آن مربوط به رقم 'مارکونا' و کمترین میزان آن هم مربوط به رقم 'ربیع' می باشد که البته بین رقم های 'ربیع'، '۱٤٤ یزد' و 'بومی' تفاوت معنی داری وجود نداشت و این در حالی است که بیشترین میزان آسیب سرمایی در این مرحله مربوط به رقم های 'ربیع'، '۱٤٤ یزد' و 'بومی' بود.

نتیجه گیری کلی

در حالت کلی نتایج مربوط به اندازه گیری درصد نشت یونی و درصد خسارت قابل مشاهده به دنبال تیمار دمایی مصنوعی نشان داد که میزان هدایت الکتریکی یا نشت یونی که بیانگر میزان خسارت به غشاهای یاخته بافت گیاهی می باشد، در همه رقم ها در مراحل مختلف رابطه مستقیم داشته به طوری که با افزایش میزان خسارت درصد نشت یونی هم افزایش می یابد و در بین رقم های مورد مطالعه، بیشترین نشت یونی و خسارت قابل مشاهده به دنبال تیمارهای سرمای مصنوعی و طبیعی، مربوط به رقم های 'ربیع' و '۱٤٤ یزد' و 'بومی' می باشد و رقم های 'آ۹۳'و 'شاهرود۲۱' و 'مارکونا' به تقریب کمترین میزان نشت یونی را دارا بودند. بنابراین می توان گفت که رقم های 'آ۹۳' و 'شاهرود۲۱' و 'مارکونا' مقاومت بیشتری نسبت به رقم های 'ربیع' و '۱٤٤ یزد' و 'بومی' دارا بودند. با توجه به نتایج به دست آمده و به استناد به این که بررسی های مربوط به نشت یونی به عنوان شاخص فیزیولوژیکی مهم و معتبر در گزینش رقم های مقاوم به سرما در گیاهان، توسط سایر

www.SID.ir

پژوهشگران گزارش شده است (۱۵، ۱۷). از طرفی موراتا و تاتسومی (۱۵) با بررسی نتایج آزمایش ها خود، به این نتیجه رسیدند که نشت الکترولیتی از بافت های زیر تنش یخ زدگی، فقط در برخی از گیاهان دیده می شود. آن ها همچنین بیان نموده اند که پدیده نشت الکترولیتی، یک ویژگی عمومی برای تمام گونه های حساس به یخ زدگی نیست. از پژوهش حاضر نیز نتیجه گیری می شود که رقم های بادام از آن گروه از گیاهانی هستند که میزان نشت الکترولیتی گل هایشان در پاسخ به تنش یخ زدگی افزایش می یابد. بنابراین از این طریق می توان میزان حساسیت و یا مقاومت رقم ها را به یخ زدگی ارزیابی نمود.

در رابطه با میزان پرولین و درصد آسیب سرمایی همان طور که در شکل ٦ مشاهده می گردد در مرحله غنچه صورتی تفاوت معنی داری بین رقم ها مشاهده نشد. بنابراین نمی توان با تکیه بر این عامل تفاوت بین رقم ها را از نظر میزان مقاومت به سرما در این مرحله مورد ارزیابی قرار دارد. گزارش هایی وجود دارد که پرولین به دلیل نقش آن در تنظیم اسمزی، اثرهای مفیدی را در گیاهان زیر تنش ایفا می کند (۱۳). با این حال داده های جامعی در مورد رابطه تجمع پرولین و مقاومت به تنش وجود نداشته و گزارش های متفاوتی ارائه شده است. برخی تجمع پرولین را به عنوان شاخصی جهت گزینش رقم های مقاوم به تنش معرفی کرده اند. در حالی که برخی از مشاهده ها گویای آن است که تجمع پرولین تنها بیانگر آسیب تنش است و نمی توان با تکیه بر آن در زمینه مقاومت گیاه نتیجه گیری نمود (۱۲). برخلاف ساکارز، نه سرعت تجمع پرولین و نه میزان تجمع نهایی آن رابطه خوبی با مقاومت به سرما نشان نداده، تا این که این ماده بتواند به عنوان شاخصی در میزان مقاومت به سرما دررقم های مرکبات به کار گرفته شود (۲۱). طبق نتایج به دست آمده به نظر می رسد که در بادام در مرحله غنچه صورتی هم این امر درست باشد. بنابراین تعیین رابطه بین تجمع پرولین و میزان مقاومت، تنها از طریق آزمون هر گیاه خاص حتی در حد یک رقم و بررسی روابط مربوط در آن مسیر لازم است و هنوز نمی توان نظر قطعی در مورد نقش آن ارائه کرد (۳).

در ارتباط با تغییرهای کربوهیدرات های محلول نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان کربوهیدرات محلول در بین رقم های تفاوت معنی داری دارد به طوری که رقمی که دارای بیشترین میزان کربوهیدرات محلول می باشد دارای بیشترین میزان مقاومت به سرما است. در این مرحله می توان تفاوت بین رقم ها از نظر سرمازدگی و میزان کربوهیدرات ها را به ساختار مورفولوژیکی گیاه ارتباط داد به طوری که رقم ها با از دست دادن تدریجی آب، غلظت مواد درونی را از جمله میزان کربوهیدرات محلول افزایش می دهد و به این ترتیب از آسیب حاصل از تنش سرمازدگی و یخ زدگی می کاهند.

منابع REFERENCES

۱. ایمانی، ع. ۱۳۷۹. اصلاح بادام (ترجمه)، چاپ اول، انتشارات نشر آموزش کشاورزی تهران، ۱۲۸ص.

۲. قاسمی، ا. ۱۳۸۰. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی جمع آوری، شناسایی ژنوتیپ های مختلف به در استان اصفهان، مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان، نشریه شماره ۱۲٤/٦۳، ۸۱ ص.

۳. شیرزاد، ح .۱۳۷۹. بررسی مقدماتی مقاومت به خشکی در برخی از ارقام زیتون بومی ایران، پایان نامه فوق لیسانس گروه علوم باغبانی، دانشگاه تهران. ۱۲٦ ص.

www.SID.ir

4. Aitbarka, E. and J.C. Audran. 1997. Response of changes of shoot and bud proline concentrations in response to low temperatures and correlations with freezing tolerance. J. Hort. Sci. 72:577-582.
5. Bates, L.S., R.D Walderen and I.D Taere. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39:205-207.
6. Barranco, D. and R. Natividad. 2005. Frost tolerance of eight olive cultivars. HortScince 40:558.
7. Benko, B. 1968. The content of some amino acids in young apple shoots in relation to frost resistance. Bilo. Plant (Prague).11:334-337.
8. Gusta, L.V., M. Wisniewski, N.T. Nesbitt, and K.T. Tanino. 2003. Factors to consider in artificial freeze tests. Acta Hort. 618:493-507.
9. Hausman, J.F., D. Reisen, and D. Evers. 2003. Chilling stress and physiological changes in *Sorbus domestica* grown *in vitro*: Anti oxidative systems and carbohydrate adjustment. Acta Hort. 618:245-252.
10. Hardwick, R.C. and D.J. Anderews .1980. A method of measuring differences between varieties in tolerance to suboptimal temperatures. Ann. Apple. Biol. 95:235-246.
11. Irigoyen, J.J., D.W. Emerich and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induce changes in concentration of proline and total soluble suger in nodulated alfaalfa (*Medicgo sativa*) plants. Physiol. Plant. 84:55-60.
12. Levitt, J. 1980 .Responses of Plants to Environmental Strees .Vol 2.2nd ed. Academic Press. London.
13. Li, P.H. 1991. Mefluidide-induced cold hardiness in plants. Crit. Rev. Plant Sci. 9:494-517.
14. Linden, L. 2002. Measuring cold hardiness in woody plants. PhD. Thesis, Helsinki Univ. Pub.
15. Murata, T. and Y. Tatsumi. 1979. Ion leakage in chilled plant tissues. In: Low Temperature Stress in Crop Plants, the Role of the Membrane .Academic Press., New York, U.S.A. 250 p.
16. Miranda, C., L.G. Santesteban and J.B. Royo. 2005. Variability in the relationship between frost temperature and injury level for some cultivated *Prunus* species. HortScience 4:357-361.
17. Pearce, R.S. 2001. Plant freezing and damage. Ann. Bot. 87:417-424.
18. Renaut, J., S. Lutts, and J.F. Hausman. 2004. Chill effects on poplar metabolism. Acta Hort. 630:536-541.
19. Rodrigo, J. 2000. Spring frost in deciduous fruit trees morphological damage and flower hardiness. Sci. Hort. 85:155-173.
20. Syverten, J.P. and M.L. Smith 1983. Environment stress and seasonal changes in proline concentration of citrus tree tissues and juice. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:861-866.
21. Yelenosky. G. 1979. Water-stress-induced cold hardening of young citrus trees. J. Am. Soc. Hort. Sci. 104-270-273.

Archive of SID

www.SID.ir