سرمازدگی درختان میوه: تکنیک های ارزیابی مقاومت و راهکارهای کاهش خسارت سرما

احمد ارشادی، روح الله کریمی

به ترتیب هیات علمی و دانشجوی دکتری گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

چکیده

خسارت ناشی از دمای پایین مهمترین عامل کاهش دهنده محصول درختان میوه در منطقه معتدله به شمار می رود که در برخی سال ها باعث تحمیل زیان های اقتصادی کلانی به باغداران می شود. به همین دلیل مقاومت به سرما از مهمترین معیار های ارزیابی پتانسیل کاشت گونه ها و ارقام درختان میوه و نیز کاربرد آنها در برنامه های اصلاحی می باشد. سرما علاوه بر کاهش فعالیت بیوسنتزی گیاهان، فرایند های فیزیولوژیکی را مختل کرده و ممکن است ضمن ایجاد آسیب های دایمی منجر به مرگ گیاه شود. عوامل تعیین کننده مقاومت به سرما هنوز به طور دقیق مشخص نشده اند و از طرفی روش های ارزیابی مقاومت به سرما دارای محدودیت های زیادی هستند. در درختان میوه مناطق معتدله، سرمازدگی عمدتاً در جوانه ها، گل ها و میوه های در حال رشد اتفاق می افتد و معمولا صدمات ناشی از دمای پایین در زمان شکوفایی جوانه ها به مراتب مهمتر از صدمات ناشی ار یخزدگی طی زمستان است. در این مقاله یخبندان های زمستانه و سرمای دیررس بهاره و اثر آنها بر اندام های زایشی و رویشی درختان میوه معتدله بررسی شده و همچنین مکانیسم های مولکولی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مرتبط با فرایند تطابق به سرما در برخی از درختان میوه بحث شده است. در پایان روش های کمی و کیفی ارزیابی مقاومت به سرما در درختان میوه مرور شده و راهکار های مقابله با سرمازدگی و یخزدگی در باغات میوه با تاکید بر مطالعات انجام شده در کشور بررسی شده است.

1- سرمازدگی بهاره

سرمازدگی بهاره اغلب در دماهای نزدیک به نقطه انجماد ($0\pm 5\ ^{\circ}C$) حادث شده و اگر همزمان با گلدهی یا مراحل اولیه تشکیل میوه رخ دهد باعث تحمیل خسارت جبران ناپذیری به باغداران می شود لذا سرمازدگی بهاره همیشه به عنوان یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید در درختان میوه به شمار رفته است. معمولاً جوانه های بارور خفته به دما های زیر صفر را بدون خسارت تحمل می کنند اما همزمان با گرم شدن هوا و شکست خواب، مقاومت به سرمای جوانه ها به طور معنی داری کاهش می یابد به همین خاطر کاهش ناگهانی دما در این مرحله منجر به آسیب جوانه های در حال رشد در درختان میوه می شود با این حال سرمای دیررس بهاره نیز گاهی باعث صدمه به گل ها و میوه چه ها و در نهایت کاهش محصول می شود. سرمازدگی بهاره عمدتاً روی اندام های زایشی گل اثر می گذارد. در شرایط تنش سرما تولید دانه گرده کاهش و در نتیجه درصد تشکیل میوه کم می‌شود. علائم خسارت سرمازدگی بهاره در اندام های زایشی عبارتند از پژمردگی کلاله و خامه، قهوه ای شدن کلاله و سپس خامه، سیاه شدگی تخمدان، بهم پیچیدن و نکروز شدن گل آذین ها که بد شکلی میوها در نتیجه تاثیر دمای پایین بر رشد و نمو تخمدان است. سرما زدگی بهاره تحت تاثیر عوامل مختلفی از قبیل تاریخ گلدهی است که از فاکتور های فنولوژیکی تعیین کننده در میزان مقاومت یک رقم طی مواجهه با سرمای بهاره است و در درختان خزان‌دار تحت تاثیر نیاز سرمایی و به دنبال آن نیاز گرمایی جوانه‌ها قرار می گیرد. همچنین ارقام با نیاز سرمایی پایین زودتر از زمان معمول از رکود خارج شده و لذا سرمای بهاره منجر به افت محصول در آنها می گردد (گودرزی، 1390). میزان نیاز گرمایی جوانه های گل از اهمیت بالایی در رابطه با تعیین تاریخ گلدهی و خسارت سرمازدگی بهاره به ویژه در مناطق با نوسانات شدید دمایی در اوایل بهار، برخوردار است. این موضوع در مورد درختان میوه نظیر بادام، زردآلو و هلو که نیاز سرمایی نسبتاً کمتری دارند اهمیت پیدا می کند. در برخی درختان میوه مانند انگور و بادام نیاز گرمایی ممکن است نقش تعیین کننده تری در تعیین تاریخ گلدهی نسبت به نیاز سرمایی داشته باشد. اختلاف در مقاومت به سرما میان اندام های مشابه از گونه های مختلف ممکن است ناشی از اختلاف در سرعت خروج از سازگاری باشد (استاشنوف، 1972). میزان مقاومت ارقام در مراحل مختلف رشد جوانه از حالت غنچه تا تشکیل

میوه متغیر می باشد و به عنوان یک مقایسه کلی جوانه های گل در دمای 2- تا 4- درجه سانتیگراد از بین می روند در حالیکه میوهای تازه تشکیل شده نسبت به گلها حساس تر هستند و معمولاً در دمای 0/5- درجه سانتیگراد آسیب می بینند. البته تفاوت در مقاومت به سرمای ذاتی گل های ارقام مختلف درختان میوه در یک مرحله نموی مشابه، هم گزارش شده است که این تفاوت ها در اکثر گزارش ها جزئی بوده و حداکثر یک درجه سانتیگراد است. میزان مقاومت به سرما اندام های زایشی وابسته به زمان، دما، طول روز، میزان بلوغ، محتوای آب، وضعیت تغذیه ای و سن فیزیولوژیکی گیاه می باشد (استاشنوف، 1972). شروع و سرعت کاهش روند مقاومت به سرما به ویژه در زمان فعال شدن بافت ها در اواخر فصل خواب خیلی مهم است. دمای روز های قبل از وقوع سرما اثر تعیین کننده ای در میزان آسیب وارده به بافت ها دارد. مثلا رویارویی با دمای نسبتاً پایین قبل از وقوع سرمای سخت باعث تغییر کوتاه مدت و بهبود در مقاومت به سرمای پوست سیب رقم هارالسون (هوور و ویزر، 1970) و جوانه انگور رقم کانکورد (پروبستین و همکاران، 1978) شده است. البته میزان تاثیر گذاری این پدیده وابسته به مرحله فنولوژیکی گیاه دارد و با توسعه مرحله فنولوژیکی تاثیر آن کاهش می یابد (کریمی و همکاران، 1391). الگوی تشکیل و توسعه یخ نیز در بقاء بافت ها موثر است. در هلو کاهش تدریجی دما باعث تشکیل یخ در آوند های چوبی و توسعه آن به گل و میوه می شود ولی با افت ناگهانی دما این الگو برعکس می شود. در گونه های درختان هسته دار، بافت های آوند چوبی و پوست الگوی یخ زدگی و مکانیسم مقاومت به یخ زدگی متفاوتی دارند (آشورث و همکاران، 1983). به همین درختان میوه ای که در معرض حداقل دمای مشابه ای طی شبانه روز قرار می گیرند ممکن است درجات متفاوتی از خسارت سرمازدگی را نشان دهند.

2- سرمازدگی زمستانه

این نوع سرمازدگی در زمستان و در دماهای زیر صفر درجه سانتی گراد حادث می شود. تحمل یخ زدگی فرایندی دینامیک بوده و بافت های مختلف درختان میوه خزان دار با دو مکانیسم 1. اجتناب از یخ زگی2. تحمل یخ زدگی در مقابل دمای های پایین دوام می آورند. در جوانه های انگور سازگاری به سرما با دهیدراسیون تدریجی سلول ها، تغییر ترکیبات غشاء و ایجاد ترکیبات مقاوم به انجماد همراه است. جوانه ها مقاومت حداکثری به سرما را در اواسط زمستان و همزمان با رکود عمیق کسب می کنند. مقاومت حداکثری تحت تاثیر رقم، مکان و دمای محیط قرار می گیرد که ممکن است منجر به تفاوت در سرعت سازگاری به سرما و خروج از سازگاری بین ارقام شده و شاید روی تحمل یخ زدگی آنها نیز تاثیر بگذارد (زبدل، 2007). برای مثال در مطالعه کریمی و همکاران (1391)، میزان مقاومت به سرمای زمستانه انگور رقم بیدانه سفید در یک زمان مشخص در دو منطقه همدان و ملایر با هم فرق داشت که این اختلاف از الگوی نوسانات دمایی این دو منطقه تبعیت می کرد.

روند سازگاری و میزان تحمل یخ زدگی بین گونه ها و ارقام درختان میوه متفاوت است که این امر می تواند ناشی از تفاوت های ژنتیکی مرتبط با مقاومت به سرما بین آنها است. برخی ارقام با سرعت بیشتری نسبت به دیگر ارقام به سرما مقاوم می شوند و برخی در بهار با سرعت بیشتری مقاومت خود را از دست می دهند است (کریمی و ارشادی، 1391). زمان برداشت میوه به ویژه در درختانی که میوه آنها در پاییز می رسد بر سرعت کاهش آب بافت ها و مقاومت آنها به سرمای زمستانه موثر است.گاهی ممکن است سرمازدگی پائیزه و قبل از به خواب رفتن درختان، خسارت بار باشد. بطور مثال در انار سرمای زوردرس پاییزه مخصوصا اگر همراه با ریزش باران باشد باعث ترکیدگی میوه می گردد. در مطالعه کریمی و همکاران، (1391) روی مقاومت به سرمای 10 رقم انگور، مشخص شد که در ارقام مقاوم از قبیل خلیلی، فخری و شاهانی، بیدانه قرمز و بیدانه سفید، بین سرعت سازگاری به سرما و مقاومت به سرما ارتباط معنی داری وجود دارد. این ارتباط در مطالعه قاسمی و همکاران (2012) روی مقاومت به سرمای برخی ارقام انار نیز مشاهده شد. بین دمای چند روز قبل از وقوع تنش سرما و میزان خسارت وارده به بافت های درختان ارتباط معنی داری وجود دارد و وقوع دمای 20- درجه سانتیگراد به دنبال چند روز معتدل خسارت به مراتب بیشتری در مقایسه با شرایطی دارد که دمای روزهای گذشته هم نسبتاً پایین بوده

است. این موضوع نشان‌دهنده میزان حساسیت جوانه های به نوسانات دمایی است که باید در زمان انتخاب مکان باغ باید لحاظ شود (کریمی و همکاران، 1391).

3- مکانیسم سازگاری به سرما

پاسخ های مولکولی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مشخصی طی فرایند سازگاری به سرما در گیاهان رخ می دهد. فرایند سازگاری به سرما

تحت کنترل ژن های CBF یا فاکتور های رونویسی متصل به توالی غنی از نوکلئوتید c روی DNA می باشد. در مطالعه زائو و همکاران (2006) روی دو گونه انگور وینیفرا و ریپاریا تحت تنش سرما سه ژن CBF_{1-3} شناسایی شده است که درگونه مقاوم به سرمای ریپاریا به دلیل داشتن ریگلون بزرگتر CBF، میزان القای ژن CBF_1 بیشتر از گونه حساس به سرمای وینیفرا بوده است. به نظر می رسد که القاء ژن های CBF تحت کنترل هورمون اسید آبسیزیک باشد زیرا القاء این ژن ها با تیمار خارجی اسید آبسیزیک افزایش یافته است. ژن های CBF باعث القاء کاهش محتوای جیبرلین فعال و کاهش رشد در گیاه می شود(آکارد و همکاران، 2008). در سطح فیزیولوژیکی فرایند سازگاری به سرما با کاهش محتوای آب بافت ها، تجمع تنظیم کننده های اسمزی از قبیل کربوهیدرات های محلول، آمینو اسید ها (پرولین)، تغییر در میزان تنظیم کننده های رشد شامل افزایش اسید آبسایزیک و کاهش جیبرلین و رسوب بیشتر ترکیبات فنولی از قبیل سوبرین و لیگنین در اپیدرم و فلس های جوانه همراه است. البته کاهش فتوسنتز در نتیجه افزایش آنزیم های کلروفیلاز و کاهش آنزیم های مرتبط با چرخه کلوین نظیر آنزیم روبیسکو نیز یکی مهمترین رویدادهای فیزیولوژیکی مرتبط با شروع سازگاری به سرما است. محتوای آب بافت ها به طور معکوس با تحمل به یخ زدگی در ارتباط بوده و طی فرایند سازگاری به یخ زدگی کاهش پیدا می کند. قند های محلول از غشای سلول و پروتئین ها محافظت کرده و این کار را با کاهش نشت الکترولیت ها و ترکیبات سمی که طی فرایند انجماد تولید می شوند انجام می دهند. همچنین تغییر در وضعیت آب، قند ها، سطوح و الگوهای پروتئین ها در گیاهان در حال سازگارشدن به سرما توسط اسید آبسایزیک القا می شود (ویسنی یوسکی و همکاران، 2006). ارتباط معنی داری بین غلظت کربوهیدرات های محلول و میزان مقاومت به سرما در انگور(کریمی و ارشادی، 1391)، انار(قاسمی و همکاران، 2012) و بادام (دارابی،13900) مشاهده شد و ارقام با سطوح بالای مقاومت به سرما کربوهیدرات محلول بیشتری داشتند. کربوهیدرات‌های محلول ضمن تنظیم فشار اسمزی، سبب کاهش تلفات آب و حفظ تورژسانس سلول و پایداری غشاء می‌شوند(گاستا و همکاران، 2005) این ترکیبات ممکن است در حفظ ساختار سلول از دهیدراسیون ناشی از انجماد و یا کاهش نقطه انجماد نقش داشته باشند(گاستا و همکاران، 2005). مقاومت به سرما با افزایش پرولین رابطه مستقیمی دارد و این رابطه در بسیاری از گیاهان مانند گردو (اصلانی اسلامرز، 1387)، بادام (دارابی حیدرآبادی، 1390) و انگور(کریمی و ارشاری، 1391) مشاهده شده است. نقش محافظتی پرولین و پروتئین‌های محلول محافظت گیاه در برابر تغییرات اسمزی، محافظت از غشاء سلولی و آنزیم‌های سلولی و همچنین ذخیره انرژی برای ترمیم‌های پس از تنش است (گاستا و همکاران، 2005). طی فرآیند سازگاری به سرما، پروتئین های محافظت کننده خاصی درگیاه تولید شده یا میزان آنها افزایش می یابد که نقش این پروتئین ها، حفاظت از پروتئین های درون سلولی وساختار غشاء طی چرخه انجماد- ذوب است. تولید آنزیم های آنتی اکسیدان به خصوص آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز همزمان با کاهش دما و القاء سازگاری به سرما جهت مقابله با گونه های واکنش پذیر اکسیژن نیز در گیاهان مختلف نظیر انگور و توت فرنگی مشاهده شده است. پروتئین های ضد انجماد و دهیدرین ها از جمله این پروتئین ها هستندکه در زمان سازگاری به سرما در بافت‌های گیاه تجمع یافته و از گسترش هسته های یخ در بافت های گیاه جلوگیری کرده و نیز الگوی تشکیل یخ را تغییر می دهند (آنتیکاینن و گریفیث، 1997).

4- روش های ارزیابی مقاومت به سرما در درختان میوه

ارزیابی مقاومت به سرما می تواند با بررسی میزان خسارت پس از وقوع سرمای طبیعی در باغ یا از طریق سرما دهی مصنوعی در آزمایشگاه انجام شود. روش های آزمایشگاهی برآورد خسارت و اندازه گیری بقاء بافت ها بعد از تیمار سرما ابزار سودمندی برای ارزیابی دقیق مقاومت به سرما در گیاهان هستند. یکی از معمول ترین روش ها برای ارزیابی مقاومت به سرما در گیاهان انداره گیری میزان نشت الکترولیتی بعد از اعمال سرمادهی مصنوعی است. اندازه گیری میزان نشت الکترولیتی معیار مناسبی جهت تعیین میزان خسارت وارده به غشاء سلولی است. یکی از معایب این روش عدم امکان ارزیابی مقاوت درختان بالغ به دلیل مشکلات اجرایی بوده و لذا بررسی ها محدود به قطعات برگ، جوانه، شاخه و ریشه و یا نهال های گلدانی می شود. در کنار این روش استفاده از آزمون رنگ آمیزی تترازولیوم جهت مشاهده زنده مانی بافت ها روش مکملی برای ارزیابی مقاومت به سرما است. در روش اخیر به دلیل ایجاد دامنه ای از رنگ قرمز در بافت های مختلف، امتیاز دهی دقیق نیاز به تجربه کافی دارد. بین ارزیابی خسارت یخ زدگی با دو روش مذکور همبستگی بالایی (R^2> 0.90) مشاهده شده است (کریمی و همکاران، 1391). تاکنون این دو روش به طور موفقیت امیزی برای ارزیابی مقاومت به سرما در انگور(کریمی و همکاران،1391؛ حقی، 1391)، انار (قاسمی و همکاران،2012)، بادام(دارابی، 1391) به کار رفته است. ارزیابی خسارت سرما در جوانه ها و شاخه ها با استفاده از روش قهوه ای شدن اکسیداتیو شیوه مناسبی برای تعیین درصد آسیب به بافت ها است که هم می تواند بعد از سرمای طبیعی در باغ یا بعد از سرمادهی مصنوعی در آزمایشگاه به کار رود. در این روش قطعات شاخه و جوانه 2 تا 7 روز پس از مواجهه با سرما به منظور ارزیابی درصد قهوه ای شدن بررسی می شود. ارتباط تنگاتنگی بین قهوه ای شدن بافت ها و انجماد جوانه های سوپرکولینگ شده با عدم رشد و شکوفایی آنها وجود دارد. قهوه ای شدن اکسیداتیو روش قابل اعتمادی برای ارزیابی شاخه های خسارت دیده در مزرعه قبل از هرس به شمار می رود. یکی دیگر از روش هایی که به میزان زیادی برای ارزیابی مقاومت به سرما درختان میوه به کار رفته است روش آنالیز افتراقی دما است (اصلانی اسلامرز، 1387؛ دارابی، 1391). هنگامی که آب بین سلولی و درون سلولی یخ می‌زند، از خود گرمایی آزاد می کند که این گرما در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از حسگرهای حرارتی، قابل اندازه گیری می‌باشد. اگزوترم دمای بالا مربوط به یخ زدگی آب در فضای بیرون سلولی می باشد (دمای 5- تا 15- درجه سانتیگراد) و اگزوترم دمای پایین مربوط به آب سوپرکولینگ است و در دمای 25- تا 30- درجه سانتی گراد دیده می‌شود (آشورث و همکاران، 1983). استفاده از این روش نیازمند دستگاه های دقیق وکالیبره شده است و گاهی یخ زدن آب درون سلولی منجر به ظهور یک نقطه اگزودرم قابل تشخیص نمی شود. استفاده توام از دو یا چند روش ارزیابی معمولاً به نتایج دقیق تری منجر می شود.

5- روش های مقابله با سرمازدگی

به طور کلی روش‌های مقابله با سرمازدگی به دو دسته روش‌های کوتاه مدت (فعال) و روش‌های بلند مدت(غیرفعال) تقسیم می‌شوند(پولین، 2008). روش‌های فعال معمولا نیازمند مصرف انرژی هستند و مستقیماً باعث کاهش اثرات سرما می شوند و معمولا کمی قبل از وقوع سرما یا در حین وقوع سرما به کار می روند تا جایگزین منابع انرژی طبیعی شده و حرارت از دست رفته باغ را جبران کند این روش ها شامل پلار های باغی، ماشین های مولد باد، آبیاری بارانی، ایجاد دود و .... می باشند. در مقابل روش های روش‌های بلند مدت(غیر فعال) به صورت غیر مستقیم و از طریق کاهش مواجهه باغ با سرما یا کاهش حساسیت درختان به دمای پایین به نحوی باعث کاهش خسارت سرما می شوند. انتخاب صحیح محل باغ، انتخاب ارقام و پایه های مقاوم به سرما و اعمال روش های مدیریتی از قبیل هرس تاخیری به منظور تاخیر در شکوفایی ، تغذیه و آبیاری مناسب، برداشت به موقع محصول و تنک کردن محصول و کاربر ترکیبات شیمیایی به منظور تاخیر در باز شدن جوانه ها یا تسریع کننده در القاء خواب از جمله این روش ها می باشد (زبدل و همکاران، 2007). استفاده از پایه‌های مقاوم یکی از راههای موثر برای مقابله با سرما می‌باشد. در درخت سیب استفاده از پایه‌های M_2, B_9,

MM_{104}, MM_{111} ، اوتاوا و آنتونوفکا موجب افزایش مقاومت درختان سیب به سرما می‌گردند (جلیلی مرندی، 1388). روش‌های مدیریتی مانند تغذیه، هرس و آبیاری می‌تواند در مقاومت به سرما درختان میوه نقش مهمی را ایفا کنند. برخلاف تصور عموم، تغذیه مناسب با کودهای حاوی نیتروژن و پتاسیم در اواخر تابستان و یا اوایل پاییز باعث تکمیل رشد ریشه و جبران ذخائر کربوهیدراتی از دست رفته توسط برداشت میوه شده و گیاه با شرایط فیزیولوژیکی بهتری وارد سیکل سازگاری به سرما می شود. این یافته در مطالعات انجام شده در انگور رقم بیدانه مشاهده شده است (حقی، 1391؛کریمی و ارشادی، داده های منتشر نشده). همچنین آبیاری کافی و منظم نیز می‌تواند در بهبود مقاومت به سرما کمک نماید. عواملی مانند تغذیه و آبیاری مناسب و به موقع ضمن طولانی کردن مرحله دوم رشد در اواخر تابستان و اوایل پاییز، باعث طولانی کردن مراحل تمایزیابی بافت های زایشی و به دنبال آن تاخیر در تاریخ گلدهی می شود. از طرفی تنش آبی و سوء تغذیه با تکامل سریع اما ضعیف جوانه های زایشی باعث حساس‌تر شدن جوانه ها به تنش سرمایی شده و احتمالاً از طریق کاهش نیاز گرمایی باعث شکوفایی زودتر از موعد جوانه های گل می شود. مشاهدات مزرعه ای حاکی از تاخیر یک هفته ای گلدهی در باغات بادام آبیاری شده در مقایسه با باغات دیم هستند.

با توجه به گران شدن منابع انرژی در عصر حاضر استفاده از روش های فعال مقابله با سرما مستلزم صرف هزینه های بالایی بوده و مقرون به صرفه نیست.کاربرد تنظیم کننده های رشد و یا ترکیبات شیمیایی رهیافت خوبی برای کاهش آسیب های ناشی از سرما فراهم ساخته اند. طی سال های گذشته از ترکیبات شیمیایی مختلفی برای افزایش مقاومت به سرما یا تاخیر در شکوفایی جوانه ها در درختان میوه استفاده شده است. کاربرد برگی تنظیم کننده های رشد نظیر آبسیزیک اسید در انگور(کریمی و ارشادی، داده های منتشر نشده)، جاسمونیک اسید درگلابی(سکوزاوا و همکاران، 2003)، نفتالین استیک اسید در انگور (چایانی و همکاران، 1391) اسید سالیسیلیک در انگور (طاهری، 1391) و گردو (خرمشاهی، 1391) بعضاً از طریق القاء خواب و تشکیل پریدرم، تجمع تنظیم کننده های اسمزی یا با افزایش تولید اسید آبسیزیک درونزاد باعث افزایش مقاومت به سرمای درختان می شوند. همچنین استفاده از پلی آمین ها در بادام (موسوی، 1391) و کند کننده های رشد مانند پاکلوبوترازول درکیوی(تفضلی و بیلز،1993) بادام (دارابی، 1390)و انار(قاسمی،1391) باعث توقف زودهنگام رشد در اواخر تابستان و اوایل پاییز و تجمع بیشتر کربوهیدرات ها به تبع آن بهبود مقاومت به سرما شده است. مواد تاخیرکننده شکوفایی جوانه ها مانند روغن سویا در پسته(جوانشاه، 1379) و انگور(چایانی و همکاران، 1391) با جلوگیری از خروج CO_2 وکاهش میزان تنفس در جوان ها به طور موفقیت آمیزی توانسته باعث تاخیر در باز شدن جوانه ها درگیاهان تیمار شده شوند. مواد شیمیایی بازدانده تشکیل هسته یخ باکتریایی نیز یک روش جدید برای حفاظت از یخ زدگی درختان است که تاکنون در برخی درختان نظیر بادام استفاده شده است (کتابچی و همکاران ،1385). اگر چه کاربرد مواد ترکیبات شیمیایی مفید و موثر واقع شده است ولی کاربرد این ترکیبات ضمن صرف هزینه بالا و دوام کم، بعضاً باعث بروز عوارض جانبی در گیاه نظیر کاهش رشد و شکوفایی نامنظم می شود و ممکن است در غلظت های بالا با ناهنجاری های فیزیولوژیک از قبیل سقط جنین یا تلقیح ناقص تخمک ها همراه شود. از طرفی نقش مهم برنامه های اصلاحی در جهت اصلاح ارقام و پایه‌های مقاوم به سرما به هیچ وجه قابل انکار نیست.

6- منابع

اصلانی اسلامرز، اسدالله (1387) ارزیابی نیاز سرمایی و گرمایی و مقاومت به سرما در ژنوتیپ‌ها و ارقام گردو. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

دارابی، ایوب (1390) اثر پاکلوبوترازول بر مقاومت به سرما در نهال‌های بادام رقم شاهرود 12. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه بوعلی‌سینا همدان.

جلیلی مرندی، رسول. (1388). "پرورش میوه‌های مناطق معتدله". انتشارات جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی. 362 صفحه

جوانشاه، امان الله. (1379) . "مطالعه گلدهی پسته و روش های به تاخیر اندازی آن به منظور جلوگیری از سرمایی بهاره". پایان نامه دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.

چایانی، شیما، ارشادی احمد و ساریخانی حسن (1391) تاثیر نفتالین استیک اسید و روغن سویا بر تاخیر در باز شدن جوانه های انگور رقم فخری. اولین همایش ملی انگور و کشمش دانشگاه ملایر،29 شهریور.

حقی، حدیثه.(1390)" اثر تغذیه برگی سولفات روی و پتاسیم در مقاومت به سرمای زمستانه انگور رقم بیدانه سفید" پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی. دانشگاه بوعلی‌سینا همدان

خرمشاهی لیلا (1391) اثر محلول تیوفر و سالیسیلیک اسید بر مقاومت به سرمای بهاره درختان گردو. دانشگاه پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی ، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

طاهری، سمیرا(1391). اثر سالیسیلیک اسید روی مقاومت به سرمای انگور رقم بیدانه سفید. پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی ، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

قاسمی، علی اکبر (1391). ارزیابی مقاومت به سرمای هفت رقم انار ایرانی. پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی ، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

کتابچی، ساغر. حسن زاده، نادر. محمدی، مجتبی. علی زاده، علی و سعادت، یوسفعلی." شناسایی و بررسی نوسان جمعیت باکتری های مولد هسته یخ بر روی ژنوتیپ های مختلف بادام منطقه زرقان استان فارس". مجله علوم کشاورزی. شماره اول. صفحه 198-187

کریمی روح الله و ارشادی احمد (1391) ارتباط بین کربوهیدرات های محلول و اسید آمینه پرولین با مقاومت به سرما در سه رقم تجاری انگور. اولین همایش ملی انگور و کشمش دانشگاه ملایر،29 شهریور.

کریمی روح الله، ارشادی احمد و علیرضا براتی (1391) ارزیابی مقاومت به سرمای ده رقم انگور در منطقه ملایر. اولین همایش ملی انگور و کشمش دانشگاه ملایر،29 شهریور.

گودرزی، مجید(1390) تعیین نیاز سرمایی و گرمایی برخی ارقام تجاری انگور. پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه بوعلی سینا.

موسوی، هما (1391) .اثر محلول پاشی پوتریسین و اسپرمین بر عملکرد و کیفیت میوه بادام رقم یلدا. پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه بوعلی سینا.

Achard, P., Gong, F., Cheminant, S., et al., The Cold Inducible CBF1 Factor Dependent Signaling Path way Modulates the Accumulation of the Growth Repressing DELLA Proteins via Its Effect on Gibberellin Metabolism, Plant Cell, 2008, vol. 20, pp. 2117– 2129.

Antikainen M., M. Griffith,. Antifreeze protein accumulation in freezing tolerant cereals. Physiol planta. 1997, (99):423-432.

Ashworth, E. N., D. J. Rowse and L. A. Billmyer. 1983. The Freezing of Water in Woody Tissues of Apricot an Peach and the Relationship to Freezing Injury. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(2):299-303.

Howell, G.S., and C.J. Weiser. 1970. Fluctuations in the Cold Resistance of Apple Twigs during Spring Dehardening. J. Am.Soc. Hort. Sci. 95:190-192.

Ghasemi, A. A., Ershadi, A., and Fallahi E., 2012. Evaluation of Cold Hardiness in Seven Iranian Commercial Pomegranate (Punica granatum L.) Cultivars. HortScience 47, 1821-1825.

Gusta LV, Trischuk R and Weiser CJ (2005) Plant cold acclimation: the role of abscisic acid. Journal of Plant Growth Regulation. 24: 308- 318.

Poling, E. B. (2008). Spring cold injury to winegrapes and protection strategies and methods. HortScience, 43(6), 1652-1662.

Proebsting, E.L., V. Brummund, and W.J. Clore. 1978. Critical Temperatures for Concord Grapes. Washington State University.Extension Leaflet EM 4330.

Sekozawa, Y., Sugaya, S., Gemma, H., and Iwahori, S. 2003.Cold tolerance in 'Kousui'Japanese pear and possibility for avoiding frost injury by treatment with n-Propyl Dihydrojasmonate. Hortscience. 38(2):288-292

Stushnoff, C. 1972. Breeding for Cold Hardiness. Hortscience Vol.7 (1):10-13.

Tafazoli, E.A., and Beyl, C. (1993). "Changes in endogenous abscisic acid and cold hardiness in Actinidia treated with triazol growth retardants". Jornal Plant Growth Regulation. 12:79-83.

Wisniewski, M.E., Bassett, C.L., Renaut, J., Farrell, R. Jr, Tworkoski, T., Artlip, T.S. 2006. Differential regulation of two dehydrin genes from peach (Prunus persica) by photoperiod, low temperature and water deficit. Tree Physiolgy 26: 575–584.

Xavier, M. & Ameglio, T. (2007). Variation in cold hardiness and carbohydrate concentration from dormancy induction to bud burst among provenances of three European Oak Species. Tree Physiology, 27, 817-825.

Xiao, H., Siddiqua, M., Yarook, S., Assuth, A.2006.Three grape CBF/DREB1 genes respond to low temperature,drought and abscisic acid. Plant, Cell and Environment.29, 1410–1421

Zabadal, T.J., I.E. Dami, M.C. Goffinet, T.E. Martinson, and M.L. Chien, 2007. Winter injury to grapevines and methods of protection. Mich. State Univ. Ext. Bul. 2930.