مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۷ شماره ۱ صفحه‌های ۵۳ تا ۶۴ (۱۳۹۵)

نقش آب گرم و براسینواستروئید بر مقدار آب اکسیژنه و پراکسیداسیون چربی‌های میوه لیموترش در شرایط تنش سرما[1]

Role of Hot Water and Brassinosteroid on Hydrogen Peroxide Content and Lipid Peroxidation of Lime Fruit under Chilling Stress

سهیلا محمدرضاخانی و زهرا پاک‌کیش*[2]

چکیده

سرمازدگی پس از برداشت مرکبات یک مسأله جدی است. با توجه به اینکه آسیب‌های ناشی از سرمازدگی باعث کاهش ارزش بازارپسندی و در موردهایی سبب نابودی محصول می‌شوند و روش خاصی برای جلوگیری از آن وجود ندارد، بنابراین این آزمایش برای تعیین اثر آب گرم و براسینواستروئید بر کاهش خسارت سرمازدگی در میوه‌های لیموترش انجام شد. میوه‌ها با براسینواستروئید (۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر) و آب گرم (۴۵، ۵۵ درجه سلسیوس) تیمار و در دمای ۱±۸ درجه سلسیوس با رطوبت نسبی ۸۵٪ به مدت ۲ هفته انبار شدند. نتیجه‌ها نشان داد، میوه‌های تیمار شده با آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس و براسینواستروئید ۱ میلی‌گرم در لیتر، کمترین مقدار پراکسید هیدروژن و پراکسیداسیون چربی‌ها را داشتند. بنابراین، کاربرد تیمارهای آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس و براسینواستروئید ۱ میلی‌گرم در لیتر، سرمازدگی و پوسیدگی را در مقایسه با شاهد کاهش دادند و باعث کاهش خسارت سرمازدگی شدند.

واژه‌های کلیدی: آب گرم، براسینواستروئید، پوسیدگی، سرمازدگی.

مقدمه

سالانه مقدار زیادی از محصول‌های باغی در اثر نبود توجه صحیح به نکته‌های انبارداری از بین می‌روند، بنابراین توجه به مسئله‌های پس از برداشت ضروری می‌باشد (۲۲). سرمازدگی یکی از ویژگی‌های مهمی است که باعث کاهش کیفیت و عمر انبارداری در میوه‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری می‌شود. درحال حاضر در دنیا تیمارهای مختلفی جهت مقابله با این هدررفت‌ها استفاده می‌شود. از جمله تیمارهای رایجی که در حال حاضر مرسوم شده است، ایجاد شرایط مناسب دمایی و رطوبت نسبی در انبارداری و همچنین کاربرد ماده‌های تنظیم‌کننده رشد می‌باشد (۳۴). جابجایی و انبار کردن در دمای پایین، مهم‌ترین روش کنترل هدررفت‌های پس از برداشت است و روش‌های دیگر به‌عنوان مکمل آن به‌کار می‌روند (۴). کنترل شیمیایی هدررفت‌های پس از برداشت در محصول‌های باغبانی، یکی از مهم‌ترین مسأله‌ها در زنجیره بازاررسانی آنها می‌باشد، زیرا با کاربرد ترکیب‌های شیمیایی می‌توان تا حد زیادی از هدرفت‌های محصول‌ها جلوگیری نمود (۱). روش‌های فیزیکی و تیمارهای دمایی پس از برداشت (التیام‌دهی و تیمار آب داغ) به‌طور رایج استفاده می‌شوند و با بازدارندگی مستقیم از عامل بیماری و ایجاد واکنش‌های دفاعی به عنوان روش‌های کنترل بیماری‌های پس از برداشت شناخته شده‌اند. تیمار با گرما به روش‌های مختلفی از جمله بخار آب گرم، هوای داغ و آب گرم انجام می‌شود (۱۱). التیام‌دهی محصول در دمای ۱۵ تا ۴۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی بیشتر از ۹۵٪ توسعه پوسیدگی را به نحو

۱- تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۲

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (zpakkish@gmail.com)

مطلوبی کنترل می‌نماید (۳۲). کریباچ و همکاران (۲۰) بیان کردند که براسینواستروئید در دیواره یاخته‌ای، باعث تولید بعضی از عامل‌های نرم‌کننده می‌شود و انبساط‌پذیری دیواره را افزایش می‌دهد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در گیاهان در شرایط تنش تغییر می‌دهد. گیاهان در اثر تنش‌های محیطی گونه‌های فعال اکسیژن از جمله رادیکال‌های سوپراکسید، پراکسیدهیدروژن، رادیکال هیدروکسیل، رادیکال آلکوسیل و اکسیژن را تولید می‌کنند (۱۹). کارو و زینگ (۱۰) بیان کردند، افزایش در نشانه‌های سرمازدگی سبب تنش اکسیداتیو، تولید گونه‌های فعال اکسیژن، پراکسیده شدن و از بین بردن اسیدهای چرب غیراشباع در چربی‌های غشا می‌شود. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی اثرهای تیمار براسینواستروئید و آب گرم بر مقدار صدمه سرمازدگی، آب اکسیژنه و پراکسیداسیون چربی‌های میوه‌های لیموترش طی انبارداری در دمای پایین بود.

مواد و روش ها

میوه‌های لیمو ترش رقم محلی جیرفت (*Citrus aurantifolia* var. Jirofti) مورد استفاده در این پژوهش، از یک باغ تجاری واقع در شهرستان جیرفت در استان کرمان، در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی برداشت و سپس ۴۵۰ میوه به سرعت به آزمایشگاه بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان منتقل و میوه‌های سالم، یکنواخت و خالی از هر نوع عامل بیماری‌زا به منظور اعمال تیمارها استفاده شدند. ابتدا میوه‌ها با آب معمولی کامل شسته شدند تا تمام ماده‌های زایدی که به سطح میوه چسبیده بود از آن جدا شود. سپس با آب ۳۵ درجه سلسیوس شستشو شدند تا میوه‌ها از هر نوع عامل بیماری‌زای سطحی تمیز شوند و در نهایت میوه‌ها به طور کامل خشک و با ماده‌های شیمیایی مورد نظر تیمار و سپس گروه‌بندی شدند، به طوری که برای هر تیمار ۹۰ میوه و برای هر تکرار ۳۰ میوه در نظر گرفته شد. برای انجام تیمار، غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر براسینوستروئید و آب گرم ۴۵ و ۵۵ درجه سلسیوس به مدت ۵ دقیقه با روش غوطه‌ور کردن، استفاده شدند. بعد از تیمار، میوه‌ها از محلول خارج و در سبدهایی قرار داده شدند تا کامل خشک شوند. بعد از خشک و جذب شدن کامل ماده‌های گفته شده توسط میوه‌ها، آنها در دمای ۱±۸ درجه سلسیوس با رطوبت نسبی ۸۵٪ به مدت ۳ هفته نگهداری شدند و به فاصله هر ۷ روز یک بار، ۱۰ عدد میوه از هر تکرار از سردخانه خارج و برای بررسی ویژگی‌هایی مانند مقدار خسارت سرمازدگی، پراکسید هیدروژن، پراکسیداسیون چربی‌ها و درصد پوسیدگی ارزیابی شدند.

اندازه‌گیری خسارت سرمازدگی میوه‌ها

وجود لکه‌های قهوه‌ای رنگ به همراه فرورفتگی‌های سطح میوه به عنوان نشانه‌های سرمازدگی در نظر گرفته شدند (۲۵). خسارت سرمازدگی بدین صورت محاسبه شد:

خسارت سرمازدگی= (تعداد کل میوه – تعداد میوه سرمازده / تعداد کل میوه)×۱۰۰–۱۰۰

اندازه‌گیری مقدار پوسیدگی میوه

میوه‌های دارای همگروه‌های کپک روی سطح میوه به عنوان میوه آسیب‌دیده در نظر گرفته شدند (۳۵)، سپس درصد پوسیدگی میوه‌ها بدین صورت محاسبه شد:

درصد پوسیدگی میوه‌ها = (تعداد کل میوه –تعداد میوه پوسیده / تعداد کل میوه)×۱۰۰–۱۰۰

اندازه‌گیری پراکسیداسیون چربی‌های غشا

برای سنجش مقدار پراکسیداسیون چربی‌های غشا، غلظت مالون‌دی‌آلدئید حاصل از این واکنش به روش هیت و پاکر (۱۷) اندازه‌گیری شد. بر طبق این روش ۰/۲ گرم از پوست میوه وزن و در هاون چینی دارای ۵ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید (TCA) ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر سائیده شد. عصاره حاصل با استفاده از سانتریفیوژ (مدل NAPco2028R) به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ شد. به یک میلی‌لیتر از محلول رویی حاصل از

سانتریفیوژ، ۴ میلی‌لیتر محلول TCA ۲۰ میلی‌گرم در لیتر، که دارای ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر تیوباربیتیوریک اسید (TBA) بود، اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سلسیوس حمام آب گرم حرارت داده شد. سپس به سرعت در یخ سرد و دوباره مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ شد. شدت جذب این محلول با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد. ماده مورد نظر در این طول موج، کمپلکسی قرمز رنگ (MDA-TBA) بود. برای حذف ترکیب‌های اضافی، جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۰۰ نانومتر خوانده و از جذب نمونه در طول موج ۵۳۲ نانومتر کسر و برای محاسبه غلظت MDA از ضریب خاموشی معادل ۱۵۵ $mM^{-1}cm^{-1}$ و معادله زیر استفاده شد:

A= €BC

که در این معادله، A جذب خوانده شده، (€) ضریب خاموشی، B عرض کووت و C غلظت کمپلکس بر حسب میلی‌مولار است. نتیجه‌های حاصل از اندازه‌گیری بر حسب نانو مول بر گرم وزن تر بیان شد.

اندازه‌گیری آب اکسیژنه

سنجش پراکسید هیدروژن با استفاده از روش ویلیکوا و همکاران (۲۸) انجام شد. ۰/۱ گرم از پوست میوه با ۲ میلی‌لیتر TCA (۰/۱ میلی‌گرم در لیتر یعنی ۰/۱ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب) در حمام یخ مخلوط و در ۱۲۰۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره حاصل با ۰/۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات‌پتاسیم ۱۰ میلی‌مولار با pH=۷ و ۱ میلی‌لیتر یدید پتاسیم (KI) یک مولار مخلوط و سپس جذب هر نمونه در طول موج ۳۹۰ نانومتر خوانده شد.

تجزیه آماری

این پژوهش به‌صورت طرح کامل تصادفی با ۵ تیمار در سه تکرار (براسینوستروئید ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر) و آب گرم ۴۵ و ۵۵ درجه سلسیوس انجام شد. در این پژوهش میوه‌های شاهد با آب گرم ۲۵ درجه سلسیوس شسته و سپس با آب مقطر تیمار و در طی انبارمانی بررسی شدند. برای هر تکرار در هر زمان ۱۰ عدد میوه در نظر گرفته شد. تجزیه آماری نتیجه‌های به‌دست آمده به کمک نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

مقدار پراکسیداسیون چربی‌ها

یکی از مهم‌ترین اثرها و آسیب‌های تنش‌های سرمایی، وقوع عمل پراکسیداسیون در چربی‌های غشایی است. پراکسیداسیون چربی‌ها فرایندی است که در آن رادیکال‌های آزاد، الکترون را از چربی‌های غشای پلاسمایی دریافت می‌کنند و از این روش به یاخته آسیب می‌رسانند (۱۷). طبق نتیجه‌های به‌دست آمده، مقدار پراکسیداسیون چربی‌های میوه‌های لیموترش تیمار شده و تیمار نشده، افزایش یافت. به طوری که، بیشترین مقدار پراکسیداسیون چربی‌ها در میوه‌های شاهد، مشاهده شد (شکل ۱). میوه‌های تیمار شده با آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس و براسینواستروئید ۱ میلی‌گرم در لیتر، کمترین مقدار پراکسیداسیون چربی‌ها را داشتند (شکل ۱). در شرایط انواع تنش‌ها فرایندهای مخرب غشا فعال و منجر به پراکسیداسیون چربی‌های غشا می‌شوند. براسینواستروئیدها مقدار تجمع مالون دی آلدئید حاصل از پراکسیداسیون چربی‌های غشا را کاهش می‌دهند، براسینواستروئیدها روی ترکیب اسیدهای چرب و نفوذپذیری غشا اثر می‌گذارند و با خاصیت آنتی‌اکسیدانی که دارند، از تجمع رادیکال‌های آزاد و ترکیب‌های سمی جلوگیری می‌کنند و بدین ترتیب از پراکسیداسیون چربی‌های غشا جلوگیری می‌نمایند (۱۷). علاوه براین، براسینواستروئیدها بر ویژگی‌های الکتریکی، نفوذپذیری غشای یاخته و اندامک‌های آن، پایداری و فعالیت آنزیم‌های غشا نیز اثر می‌گذارند (۲۶). پژوهش‌ها نشان داد که کاربرد بیرونی

براسینواستروئید در شرایط تنش، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز و مقدار آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی از جمله اسکوربیک اسید، توکوفرول، کاروتنوئید را در شرایط تنش افزایش می‌دهد. افزایش در فعالیت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی یاخته توسط براسینواستروئید، باعث از بین رفتن رادیکال‌های آزاد از جمله پراکسید هیدروژن می‌شود که به دنبال این تغییر، پراکسیداسیون چربی‌ها به کمینه می‌رسد (۲۰). پژوهش‌های پیشین نشان دادند، کاربرد خارجی براسینواستروئید روی گوجه‌فرنگی (۵)، انبه (۱۲) برنج (۱۵) و فلفل (۱۸)، عمر انبارداری را افزایش می دهد، که نتیجه‌های این پژوهش را تأیید می‌نمایند. نتیجه‌های به‌دست آمده در این پژوهش، با یافته‌های پیشین روی سیب‌زمینی (۲۱) و گوجه‌فرنگی (۹) مطابقت دارد. طبق نتیجه‌های حاصل از پژوهش انجام شده، تیمار آب گرم نیز باعث کاهش پراکسیداسیون چربی‌های غشا شد (شکل ۱). تیمار آب گرم با کاهش تجمع ترکیب‌های سمی و رادیکال‌های آزاد نظیر پراکسید هیدروژن، از پراکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری می‌نماید، به‌طوری که، کاوو و زینگ (۱۰) با کاربرد تیمار آب گرم روی ازگیل، کاوی (۱۱)، لیمو، لانزا و دیمارتینو (۲۲)، پرتقال (۲۹) و مرکبات توانستند مقدار سرمازدگی و پراکسیداسیون چربی‌های غشا را به کمینه برسانند. این یافته‌ها، نتیجه‌های پژوهش صورت گرفته روی لیموترش را تأیید می‌نمایند. سایرام و سریواستاوا (۳۱) بیان کردند، پراکسید هیدروژن یک اکسیدان قوی است که با پراکسیده کردن چربی‌ها باعث ایجاد پیری در برگ‌های برنج از راه خسارت‌های اکسیداتیو می‌شود. بنابراین، تیمارهای فیزیکی و شیمیایی که مقدار ساخت پراکسید هیدروژن را در تنش سرما کاهش می‌دهند، از پراکسیده شدن چربی‌ها جلوگیری می‌نمایند. پژوهش‌های گفته شده، نتیجه‌های حاصل از لیمو ترش را تأیید می‌نمایند. براسینواستروئید موجب افزایش نفوذپذیری، پایداری و فعالیت آنزیم‌های غشا می‌شود و از پراکسیداسیون چربی‌های غشا نیز جلوگیری می‌کند (۸). کاربرد اپی‌براسینواستروئید، سبب کاهش نشت یونی و پراکسیداسیون چربی‌ها می‌شود و زیست‌پذیری یاخته را افزایش می‌دهد که به دلیل تأثیر این هورمون بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و پایداری غشای یاخته‌ای می‌باشد (۲۳).

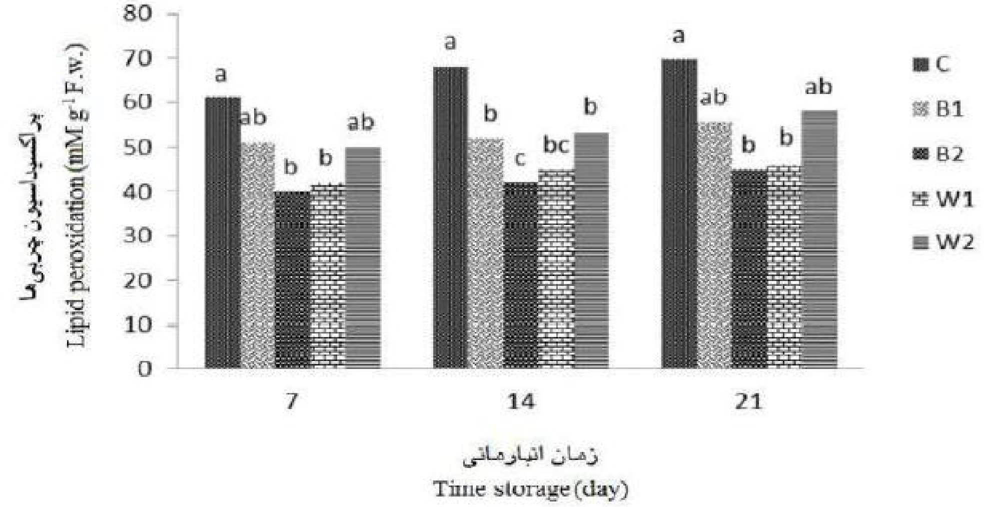

Fig. 1. Effects of hot water and brassinosteroid on lipid peroxidation of lime fruit during storage. C: control, W_1: hot water 45°C, W_2: hot water 55°C, B_1: brassinosteroid 0.5 mg l^{-1}, B_2: brassinosteroid 1 mg l^{-1}.

شکل ۱- اثر تیمار آب گرم و براسینواستروئید روی مقدار پراکسیداسیون چربی‌ها در میوه‌های لیموترش در طی انبارداری.
C: شاهد، W_1: آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس، W_2: آب گرم ۵۵ درجه سلسیوس، B_1: براسینواستروئید ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر ، B_2: براسینواستروئید ۱ میلی‌گرم در لیتر.

مقدار پراکسید هیدروژن

گیاهان در اثر تنش‌های محیطی، گونه‌های فعال اکسیژن از جمله رادیکال‌های سوپراکسید، پروکسید هیدروژن، رادیکال هیدروکسیل، رادیکال آلکوسیل و اکسیژن تولید می‌کنند. این گونه‌های فعال اکسیژن توانایی از بین بردن به تخریب همه ترکیب‌های یاخته از جمله چربی‌های غشا، پروتئین‌ها و DNA را دارند (۱۹). پروکسید هیدروژن یک اکسیدان قوی می‌باشد، که می‌تواند باعث شروع خسارت‌های اکسیداتیو در یاخته‌های برگ و منجر به کاهش استحکام یاخته‌ای و افزایش پیری شود (۳۳). با توجه به نتیجه‌های به‌دست آمده در این پژوهش، مقدار پراکسید هیدروژن در میوه‌های شاهد نسبت به میوه‌های تیمار شده با آب گرم و براسینواستروئید، افزایش معنی‌داری یافت. الگوی تغییرهای پراکسید هیدروژن در تیمار شاهد، آب گرم و براسینواستروئید مشابه می‌باشد. به عبارتی دیگر، مقدار پراکسید هیدروژن، در تمام تیمارها طی انبارداری، روند افزایشی داشت، ولی مقدار پراکسید هیدروژن در میوه‌های شاهد نسبت به میوه‌های تیمار شده با آب گرم و براسینواستروئید، افزایش معنی‌داری یافت (شکل ۲). بهنامنا و همکاران (۹) معتقد بودند، تیمار گیاه گوجه‌فرنگی با براسینواستروئید، مقدار ترکیب‌های آنتی‌اکسیداتی و پرولین را افزایش و مقدار پراکسید هیدروژن، پروکسیداز و مالون‌دی‌آلدئید را در شرایط تنش خشکی کاهش داد. در اثر کاربرد براسینواستروئید روی گوجه‌فرنگی (۵)، انبه (۱۲)، فلفل و خیار (۱۶) نشان داده شده تیمار براسینواستروئید باعث کاهش ساخت پراکسید هیدروژن و پراکسیداسیون چربی‌های غشا می‌شود. نتیجه‌های این پژوهش با پژوهش‌های انجام شده هم‌خوانی دارد. تیمار فراورده‌های برداشته شده، با آب گرم نیز با افزایش استحکام غشای یاخته، فعالیت آنتی اکسیدان‌ها و کاهش تجمع رادیکال‌های آزاد و ماده‌های سمی تولیدی در تنش سرما می‌شود و بدین ترتیب عمر انبارداری را در مرکبات افزایش می‌دهد (۲۹). انواع تنش‌ها در اعمال فیزیولوژیکی یاخته اختلال ایجاد می‌کنند. این تنش‌ها به علت تولید نوع‌های مختلف گونه‌های فعال اکسیژن در محیط یاخته، مانند آنیون سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل، منجر به خسارت اکسیداتیو در گیاهان می‌شوند. برای غیرفعال نمودن این گونه‌های سمی نیاز به سیستم آنتی‌اکسیدان خیلی مؤثر (سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی) در یاخته‌های گیاهی است (۶). گزارش‌هایی وجود دارد که براسینواستروئیدها می‌توانند در مقابله با اثرهای تنش به گیاهان کمک کنند و باعث افزایش مقاومت آنها نسبت به تنش‌ها می‌شوند (۷، ۲۶).

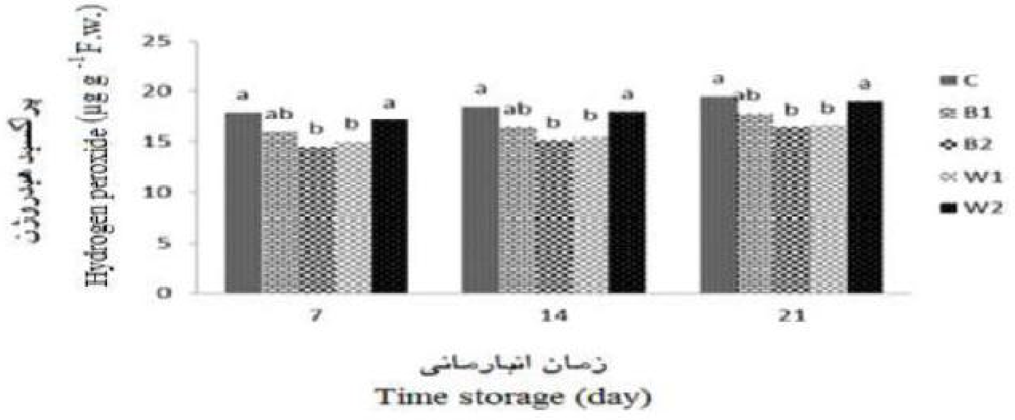

Fig. 2. Effects of hot water and brassinosteroid on hydrogen peroxide of lime fruit during storage. C: control, W_1: hot water 45°C, W_2: hot water 55°C, B_1: brassinosteroid 0.5 mg l^{-1}, B_2: brassinosteroid 1 mg l^{-1}.

شکل ۲- اثر تیمار آب گرم و براسینواستروئید روی مقدار آب اکسیژنه در میوه‌های لیموترش در طی انبارداری. C: شاهد، W_1: آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس، W_2: آب گرم ۵۵ درجه سلسیوس، B_1: براسینواستروئید ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر، B_2: براسینواستروئید ۱ میلی‌گرم در لیتر.

مقدار پوسیدگی و آسیب سرمازدگی

پژوهش‌ها نشان داده است صدمه‌های سرمایی در نتیجه تغییرهای ساختاری غشا می‌باشد که باعث نشت یونی و به هم خوردن تعادل یون‌ها در یاخته می‌شود. افزایش در نشت کلی یون‌ها به‌خصوص پتاسیم باعث ایجاد حساسیت صدمه‌های سرمایی می‌شود (۳۰). انبارمانی در دمای کم به طور کلی برای کاهش زوال در میوه‌های مرکبات استفاده شده است، اما میوه‌های مرکبات حساس به سرما شده و ممکن است توسط دمای پایین خسارت ببینند. در مرکبات در معرض دماهای کم، فرورفتگی در سطح، رسیدن غیرطبیعی، افزایش حساسیت به پوسیدگی و افزایش پیری رخ می‌دهد (۳۳). بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده در این پژوهش، در میوه‌های تیمار شده با آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس و براسینواستروئید ۱ میلی‌گرم در لیتر، کمترین مقدار سرمازدگی و پوسیدگی مشاهده شد (شکل‌های ۳ و ۴).

پوسیدگی بعد از برداشت مهم‌ترین ویژگی محدودکننده در عمر انباری محصول‌های باغبانی به‌خصوص فراورده‌های آب‌دار و تازه می‌باشد. در طی انبارداری طولانی، به دلیل تغییرهای فیزیولوژیکی که در بافت زنده فراورده انجام می‌شود، راه برای ورود عامل بیماری‌زا باز می‌شود (۱۲). برای به کمینه رساندن خسارت عامل‌های بیماری‌زا در فرآورده‌های باغبانی، کاربرد روش‌های شیمیایی مانند قارچ‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، تنظیم‌کننده‌های رشد، ضد اکسید کننده‌ها (۳۹) و چندین تیمار غیرشیمیایی شامل تیمارهای فیزیکی بر اساس دما و تابش نور فرابنفش استفاده شده است (۳۷). پژوهش‌ها نشان دادند، التیام‌دهی محصول در دمای ۱۵ تا ۴۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی بیشتر از ۹۵٪ توسعه پوسیدگی را به شکل مطلوبی کنترل می‌نماید (۳۵). التیام‌دهی میوه لیمو شیرین در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰٪ به مدت ۳ روز موجب افزایش عمر انبارمانی از راه کنترل پوسیدگی شد (۳). سازوکار عمل تیمار آب گرم در کاهش پوسیدگی، به دلیل برطرف نمودن اسپورها از زخم‌ها و نیز اثر مستقیم دمای بالا روی عامل بیماری بود که توانست مقاومت در پوست میوه‌ها را افزایش دهد (۱۰). پژوهش‌های پیشین روی میوه سیب نشان داد، تیمار آب گرم در نتیجه التیام‌دهی، تغییرهای مهمی در ساختار واکس کوتیکول ایجاد می‌نماید، به طوری که بعد از ۴ روز التیام‌دهی در دمای ۳۸ درجه سلسیوس، شکاف‌های موجود در کوتیکول ناپدید شدند، که در نتیجه ذوب شدن ذره‌های واکس روی سطح کوتیکول به درون شکاف‌ها بود. در نتیجه یک مانع فیزیکی در مقابل نفوذ بیماری‌ها ایجاد شد (۳۰). صفی زاده و راحمی (۲) نشان دادند که لیموترش به پوسیدگی کپک آبی بسیار حساس می‌باشد و تیمار آب گرم ۲۰، ۴۵ و ۵۵ درجه سلسیوس تا حدی باعث کاهش پوسیدگی میوه‌های لیموترش طی انبارمانی شده است. با توجه به یافته‌های پیشین، تیمار آب گرم میوه لیموترش در پژوهش حاضر نیز باعث کاهش خسارت پوسیدگی شد که با پژوهش‌های پیشین هم‌خوانی دارد. تیمار آب گرم، با حفظ غشای یاخته و افزایش استحکام آن از سرمازدگی و ورود عامل‌های بیماری‌زایی که باعث پوسیدگی بافت می‌شوند، جلوگیری می‌نمایند (۳۰). تیمار آب گرم تأثیر مثبتی در کاهش پوسیدگی و جلوگیری از فعالیت کپک‌های سبز و آبی در میوه‌های زیادی از جمله مرکبات داشته است. تیمار مرکبات با آب گرم ۵۶ تا ۶۰ درجه سلسیوس افزایش پوسیدگی را بعد از آلوده شدن به اسپور کپک سبز، به مقدار ۸۵ تا ۹۵٪ کاهش داد (۲۸). تیمارهای دمایی از قبیل التیام دادن با دمای ۳۶ درجه سلسیوس به مدت ۳۶ ساعت، فروبردن در آب ۵۳ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه، شستشو و برس زدن میوه‌ها با آب ۶۲ درجه سلسیوس به مدت ۳۶ ثانیه و قرار دادن میوه‌ها در دمای ۱۶ درجه سلسیوس به مدت ۷ روز سبب افزایش تحمل به سرمازدگی میوه‌های مرکبات شده است (۱۴، ۳۶). محلول‌پاشی درخت‌های پرتقال با براسینواستروئید باعث تأخیر در پیری برگ‌ها و میوه‌ها می‌شود (۳۶). تیمار گیاهانی مانند تمشک قرمز، تمشک سیاه و ذغال آخته با اپی‌براسینواستروئید عملکرد و مقاومت به سرما و بیماری‌ها را افزایش داده است (۲۷). هورمون براسینواستروئید (همانطور که پیش از این نیز اشاره شد)، باعث حفظ غشای یاخته و افزایش خاصیت

آنتی‌اکسیدانی فراورده طی اعمال تنش می‌شود. زیرا یکی از راه‌های افزایش پوسیدگی و بیماری‌های قارچی در فراورده‌های باغبانی، وجود زخم یا تخریب یاخته‌های پوست میوه می‌باشد (۱). تیمار گیاهانی مانند تمشک قرمز، تمشک سیاه و ذغال‌اخته با اپی‌براسینواستروئید عملکرد و مقاومت به سرما و بیماری‌ها را افزایش داده است (۲۷).

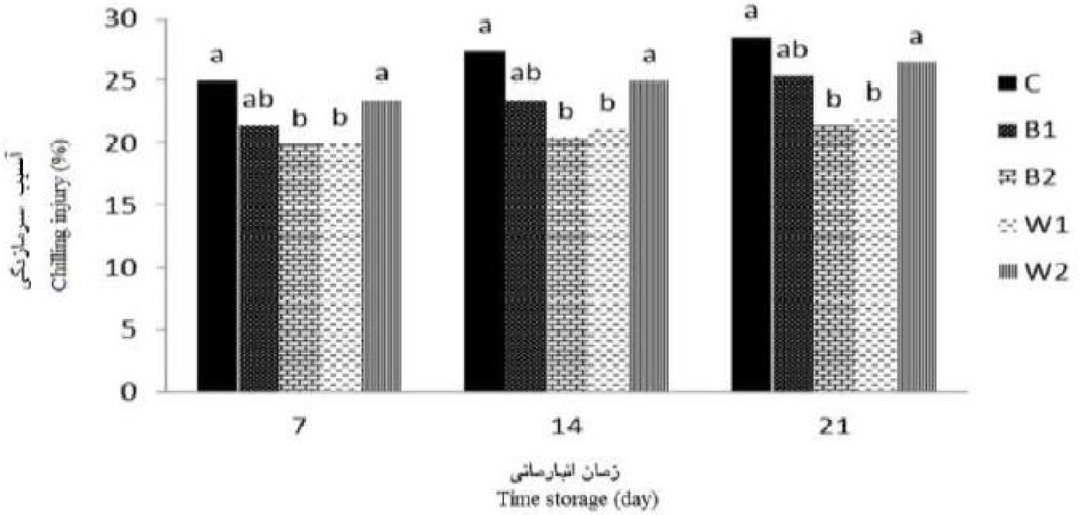

Fig. 3. Effects of hot water and brassinosteroid on chilling injury of lime fruit during storage. C: control, W_1: hot water 45°C, W_2: hot water 55°C, B_1: brassinosteroid 0.5 mg l^{-1}, B_2: brassinosteroid 1 mg l^{-1}.

شکل ۳- اثر تیمار آب گرم و براسینواستروئید روی مقدارآسیب سرمازدگی در میوه‌های لیموترش در طی انبارداری. C: شاهد، W_1: آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس، W_2: آب گرم ۵۵ درجه سلسیوس، B_1: براسینواستروئید ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر، B_2: براسینواستروئید ۱ میلی‌گرم در لیتر.

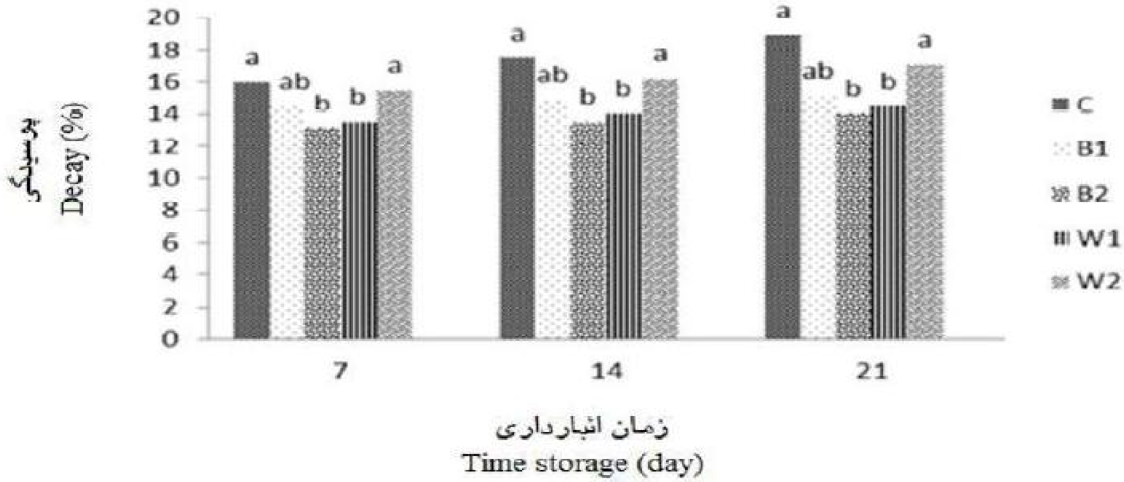

Fig. 4. Effects of hot water and brassinosteroid on decay perecentage of lime fruit during storage. C: control, W_1: hot water 45°C, W_2: hot water 55°C, B_1: brassinosteroid 0.5 mg l^{-1}, B_2: brassinosteroid 1 mg l^{-1}.

شکل ۴- اثر تیمار آب گرم و براسینواستروئید روی مقدار پوسیدگی در میوه‌های لیموترش در طی انبارداری. C: شاهد، W_1: آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس، W_2: آب گرم ۵۵ درجه سلسیوس، B_1: براسینواستروئید ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر، B_2: براسینواستروئید ۱ میلی‌گرم در لیتر.

نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر توجه بسیاری از پژوهشگرها به توانایی تیمارهای غیرشیمیایی مانند استفاده از دما (آب داغ یا هوای گرم مرطوب) در نگهداری میوه مرکبات معطوف شده است و کنترل ضایعه‌های پس از برداشت به‌وسیله تیمارهای فیزیکی همراه با تیمارهای شیمیایی صورت می‌گیرد. در این پژوهش کاربرد تیمار آب گرم و براسینواستروئید طی انبارداری میوه‌های لیموترش، باعث افزایش طول دوره نگهداری شد. آب گرم و براسینواستروئید اثر مهمی روی کاهش خسارت سرمازدگی و عمر انبارمانی میوه‌های لیموترش داشتند.

منابع

References

۱. راحمی، م. ۱۳۷۷. فیزیولوژی پس از برداشت. انتشارات دانشگاه شیراز. ۳۶۰ ص.

۲. صفی زاده، م.ر. و م. راحمی. ۱۳۸۲. اثرات ترکیب آب داغ و قارچکش ایمازالیل بر پوسیدگی بعد از برداشت میوه لیموی آب تجمعی پیچیده شده در ورقه پی وی سی. سومین کنگره علوم باغبانی ایران . دهم تا دوازدهم شهریور ماه –کرج. ۱-۱۲.

۳. محمود آبادی، ک.، م. راحمی و ض. بنی هاشمی. ۱۳۷۹. التیام دهی پس از برداشت میوه های لیمو شیرین بوسیله تیمارهای دمایی به منظور کاهش پوسیدگی ناشی از *Penicillium italicum*. بیماری‌های گیاهی. ۳۶: ۲۴۵-۲۵۹.

۴. میدانی، ج. و ا. هاشمی دزفولی. ۱۳۷۶. فیزیولوژی پس از برداشت. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. کرج. ۴۲۸ ص.

5. Aghdam, M.S., M. Asghari, B. Farmani, M. Mohayeji and H. Moradbeygi. 2012. Impact of postharvest brassinosteroids treatment on PAL activity in tomato fruit in response to chilling stress. Sci. Hortic. 144:116-120.

6. Apelbaum, A. and S.F. Yangs. 1981. Biosynthesis of stress ethylene induced by water deficit. Plant Physiol. 68:594-596.

7. Bajgaz, A. 2000. Effect of brassinosteroids on nucleic acids and protein content in cultured cells of *Chorella vulgaris*. Plant Physiol. Biochem. 38:209-215.

8. Bajguz, A. and S. Hayat. 2009. Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. Plant Physiol. Biochem. 47:1-8.

9. Behnamnia, M., K.H.M. Kalantari and F. Rezanejad. 2009. Exogenous application on of brassinosteroid alleviates drought-induced oxidative stress in *lycopersicon esculentum*. Gen. Appl. Plant Physiol. 35:22-34.

10. Cao, S.F. and Y.H. Zheng. 2008. Postharvest biology and handling of loquat fruit. Stewart Postharvest Rev. 4:1-5.

11. Covey, H.M. 1989. Heat treatment for control of postharvest disease and insect pests of fruits. HortScience 24:198-202.

12. Ding, Z., S. Tian, X. Zheng, Z. Zhou and Y. Xu. 2007. Responses of reactive oxygen metabolism and quality in mango fruit to exogenous oxalic acid or salicylic acid under chilling temperature stress. Physiol. Plantarum 130:112-121.

13. Eckert, J.W. and J.M. Ogawa. 1988. The chemical control of postharvest disease: Deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops. Annu. Rev. Phytopathol. 26:433-469.

14. Fallik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). Postharvest Biol. Technol. 32:125-134.

15. Fujii, S. and H. Saka. 2001. The promotive effect of brassinolide on lamina joint-cellelongation, germination and seedling growth under low-temperature stress in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Prod. Sci. 4:210-214.

16. Gonzalez-Aguilar, G.A., L. Gayosso, R. Cruz, R. Baez and C.Y. Wang. 2000. Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. Postharvest Biol. Technol. 18:19-26.

17. Heath, R.L. and L. Packer. 1969. Photoperoxidation in isolated chloroplast I. kinetics and stoichiometry of fatty acids peroxidation. Arch. Biochem. Biophys. 125:189-198.

18. Houimil, S.I.M., M. Denden and D. Mouhndes. 2010. Effect of 24-epibrassimoloid on growth, chlirophyll, electrolytelekge and prolin by pepper plants under NaCl-stress. J. Boil. Sci. 4:96-104.

19. Khan, M.H. and S.K. Panda. 2002. Induction of oxidative stress in roots of *Oryza sativa* L. in response to salt stress. Biol. Plantarum 45:625-627.

20. Khripach, V., V. Zhabinskii and A.D. Groot. 1998. Brassinosteroids: a New Class of Plant Hormones. Acadamic Press. United States of America. 460 p.

21. Khripach, V., V. Zhabinskii and A.D. Groot. 2000. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI entury. Annu. Bot. 86:441-447.

22. Ladaniya, M.S. 2008. Commercial fresh citrus cultivars and producing countries pp:13-65. In: S. Ladaniya. (Ed.). Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press, San Diego.

23. Lanza, G. and A.I. Dimartino. 1996. Control of green mold of oranges and lemons by curing at high temperatures. Proceeding of VIII International Citrus Congress. Sun City Resort, South Africa, 1187-1191.

24. Liu, Y., H. Jiang, Z. Zhaoand and L. An. 2011. Abscisic acid is involved in brassinosteroidsinduced chilling tolerance in the suspension cultured cells from *Chorispora bungeana*. J. Plant. Physiol. 168:853-862.

25. Nilprapruck, P., F. Authanithee and P. Keebjan. 2008. Effect of exogenous methyl-jasmonate on chilling injury and quality of pineapple. Silpakorn Univ. Sci. Technol. 2:33-42.

26. Ozdamir, F., M. Bor, T. Demiral and I. Turkan. 2004. Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, proline content and anti oxidative system of rice (*Oriza sativa* L.) under salinity stress. J. Plant Growth Regul. 42:203-211.

27. Pipattanawong, N., N. Fujishige, K. Yamane and R. Ogata. 1996. Effect of brassinosteroid on vegetative and reproductive growth in two day-neutral strawberries. HortScience 65:651-654.

28. Porat, R., A. Daus, B. Weisis, L. Choen and R. Dorby. 2002. Effect of combination hot water, sodium bicarbonate and biocontrol on postharvest decay of Citrus fruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 77:441-445.

29. Rodov, V., S. Ben-Yehoshua, R. Albagli and D.Q. Fang. 1995. Reducing chilling injury and decay of stored *Citrus* fruit by hot water dips. Postharvest Biol. Technol. 5:119-127.

30. Roy, S., W.S. Conway, A.E. Watada, C.I. Sams, E.F. Erbe and W.P. Wergin. 1994. Heat treatment affects epicuticular wax structure and postharve**st calcium uptake in 'Golden'** delicious apples. HortScience 29:1056-1058.

31. Smilanick, J.L. 2011. Integrated approaches to postharvest disease management in California *Citrus* Packing houses. Acta Hort. 905:145-148.

32. Sharples, R.O., M.S. Reid and N.A. Turner. 1979. The effect of postharvest mineral elemnt and Lecithin treatment on the storage disorders of apples. J. Hort. Sci. 54:299-304.

33. Sairam, R.K. and G.C. Srivastava. 2002. Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. Plant Sci. 162:897-904.

34. Schirra, M., G. Dhallewin, S. Ben-Yehoshua and E. Fallik. 2000. Host-pathogen interaction modulated by heat treatment. Postharvest Biol. Technol. 21:71-86.

35. Schirra, M., M. Mulas, A. Fadda and E. Cauli. 2004. Cold quarantine responses of blood oranges to postharvest hot water and hot air treatment. Postharvest Biol. Technol. 31:191-200.

36. Sugiyam, K. and S. Kuraishi. 1989. Stimulation of fruit set of morta navel orange with brassinoide. Acta Hort. 239:345-348.

37. Stevens, C., V. Khan, J.Y. Lu, C.L. Wilson, A. El-Ghaouth, E. chalutz and S. Droby. 1996. Low dose UV-C light as a new aopproach to control decay of harvested commodities. Recent Research and Development in plant pathology 1:155-169.

38. Velikova, V., I. Yordanovand A. Edreva. 2000. Oxidative stress and some antioxidant system in acid rain treated bean plants: Protective role of exogenous polyamines. Plant Sci. 151:59-66.

39. Wilson, C.L., A. Ghaouth, A. El, E. Chalutz, S. Droby, C. Stevens, J.Y. Lu, V. Khan and J. Arul. 1994. Potential of induced resistance to control postharvest disease of fruits and vegetables. Plant Dis. 78:837-844.

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 17 (1): 53-64 (2016)

Role of Hot Water and Brassinosteroid on Hydrogen Peroxide content and Lipid Peroxidation of Lime Fruit under Chilling Stress

S. Mohammadrezakhani and Z. Pakkish[*1]

Postharvest chilling of citrus is a serious problem. Although, chilling injuries decrease marketable or sometimes desolate them, there is not a suitable method for controling this case. Therefore, this experiment was done study the effect of hot water and brassinosteroid on chilling stress allevination of lime fruits, (0 (control), 0.5 and 1 mg l^{-1}) and hot water for this purpose, lime fruits were treated with brassinosteroid (20°C (control), 45 and 55°C) and stored at 8±1, 85-90% relative humidity for 3 weeks. The results showed that hot water treatment at 45°C and 1 mg l^{-1} brassinosteroid significantly, reduced hydrogen peroxide content and lipid peroxidation. Application of 1 mg l^{-1} brassinosteroid and 45°C hot water decreased chilling injuries and decay in comparison to control and ameliorated the chilling damages.

Key Words: Hot water, Brassinosteroid, Decay, Chilling.

---

1. Former M.Sc. Student and Assictant Professor of Horticultur, College of Agriculture, Shahid Bahonar of Kerman, I.R.Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (zpakkish@gmail.com)