

اثر تیمار پس از برداشت گاما آمینوبوتیریک اسید بر عمر گلجای و فعالیت آنزیم‌های

آنتی‌اکسیدانی آنتوریوم رقم سیریون در تنش سرما^۱

Effects of Postharvest γ -Aminobutyric Acid Treatment on Vase Life and Antioxidant Enzymes Activity of *Anthurium* cv. Sirion under Chilling Stress

فریما مهجوری، اصغر ابراهیم‌زاده^{*}، محمدباقر حسنیپور اقدم و محمد علی اعظمی موالو^۲

چکیده

نگهداری گل بریدنی آنتوریوم در دماهای زیر ۱۵ درجه سلسیوس سبب سرمازدگی و کوتاهی عمر گلجایی آن می‌گردد. در این پژوهش، اثر تیمار پس از برداشت گاما آمینوبوتیریک اسید (گابا) در غلظت‌های صفر (شاهد)، یک و پنج میلی‌مولار بر طول عمر گلجایی، پایداری غشا، میزان قهوه‌ای شدن اسپات و میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز و در نهایت میزان مالون‌دی‌آلدئید در گل بریدنی آنتوریوم در طول ۱۰ روز نگهداری در دماهای پنج و ۱۰ درجه سلسیوس به صورت طرح کامل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که بیشترین عمر گلجایی گل‌ها در غلظت یک میلی‌مولار گابا و در دمای ۱۰ درجه سلسیوس مشاهده شد. گل‌های بدون تیمار گابا کمترین پایداری غشا و بیشترین مقدار مالون‌دی‌آلدئید را در دماهای سرمازدگی نشان دادند. تیمار با گابای پنج میلی‌مولار، سبب افزایش میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز شد. گل‌های تیمار شده با گابای یک میلی‌مولار فعالیت بالای آنزیم کاتالاز را نشان دادند. تیمار گابا اثری بر کاهش قهوه‌ای شدن اسپات نداشت. به طور خلاصه می‌توان بیان کرد که تیمار گابا در هر دو غلظت یک و پنج میلی‌مولار به طور کارآمدی در ایجاد تحمل به تنش سرما در گل بریدنی آنتوریوم موثر بود.

واژه‌های کلیدی: آسیب سرمازدگی، عمر گلجایی، کاتالاز، گابا، مالون‌دی‌آلدئید.

مقدمه

آنتوریوم گیاهی زینتی چندساله و همیشه‌

در محصول‌های باغبانی می‌شود (۱۰). آسیب سرمازدگی در گونه‌های گیاهی حساس به سرما، در انبارهایی با دماهای بالاتر از نقطه انجماد و زیر ۱۵ درجه سلسیوس روی می‌دهد. باورهایی وجود دارد که غشاهای اولین محل آسیب دیدگی در برابر سرمازدگی بوده و در محصول‌های حساس به سرما، افزایش در اکسایش لیپیدهای غشا در دماهای سرمازدگی (صفر تا ۱۵ درجه سلسیوس) به طور چشمگیری وجود داشته و سبب کاهش درجه غیراشباع بودن اسیدهای چرب شده و منجر به تغییر فاز لیپیدهای غشا از حالت مایع کریستاله به فاز جامد ژله‌ای می‌شود. به‌طور کلی، بین نسبت اسیدهای چرب غیراشباع غشا و میزان تحمل به تنش سرمازدگی رابطه مثبتی وجود دارد (۴).

گاما آمینوبوتیریک اسید (گابا) یک اسید آمینه ۴ کربنه غیرپروتئینی است که در دامنه وسیعی از جانداران وجود دارد و برای اولین بار در سال ۱۹۴۹ در ژوخه سیب‌زمینی کشف شد و از آن زمان به بعد حضور گابا به‌طور چشمگیری در گیاهان عالی گزارش شده است. مقدارهای داخلی گابا در گیاهان در محدوده ۳۲/۵ - ۰/۳ میکرو مول بر گرم وزن تر گیاهی گزارش شده است (۸، ۱۶). گزارش‌هایی از افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز در اثر کاربرد برون‌زای گابا وجود دارد (۲۲). گابا سبب بیان ژن‌های کد کننده آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود. هم‌چنین این ترکیب سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (APX)، گلوکاتیون پراکسیداز (GPX)، گلوکاتیون S ترانسفراز (GST)، منو دهیدروآسکوربات ردوکتاز (MDHAR) و دهیدروآسکوربات ردوکتاز (DHAR) می‌شود و منجر به کاهش یافتن گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شود (۲۳). در یک پژوهش، Wang و همکاران (۲۲) گزارش کردند که کاهش تنش سرما در میوه‌های موز تیمار شده با گابا به‌دلیل افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. هم‌چنین Song و همکاران گزارش کردند که تیمار گابا سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنزیم‌های کاتاز و سوپراکسید دیسموتاز زیر تنش اکسایشی می‌شود (۲۱). تیمار گابا سبب تأخیر در کاهش مقادیر آدنوزین دی فسفات (ADP) و آدنوزین تری فسفات (ATP) و افزایش آدنوزین منو فسفات (AMP) شد و به این صورت سبب نگهد

کیفی به طور روزانه و نمونه‌برداری ویژگی‌های کمی و ویژگی پایداری غشا در روزهای صفر (اولین روز خروج از انبار)، ۷، ۱۴ و ۲۱ نمونه‌برداری انجام گردید.

عمر گلجای

عمر گلجای گل‌ها از زمان برداشت آن‌ها تا زمانی که اسپات درخشندگی خود را از دست داد و لکه‌های سیاه روی آن نمایان شد و پژمرده گردید، مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۳).

پایداری غشا

شاخص پایداری غشا با استفاده از روش Promyou و همکاران (۱۳) اندازه‌گیری شد:

ده عدد دیسک به ضخامت ۲ میلی‌متر و قطر ۱۵ میلی‌متر از نمونه اسپات توسط چوب‌پنبه سوراخ کن جدا شد و سپس با آب مقطر شسته و با فیلتر کاغذی خشک شد. سپس با ۳۰ میلی‌لیتر مانتول ۰/۴ مولار در فالکن‌های ۵۰ میلی‌لیتری در دمای ۲۴ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت روی شیکر انکوباتور (۱۰۰ rpm) انکوبه شد. سپس با یک EC سنج میزان هدایت الکتریکی اولیه (C_1) اندازه‌گیری گردید. پس از قرارگیری نمونه‌ها در اتوکلاو 121°C به مدت یک ساعت، هدایت الکتریکی ثانویه (C_2) اندازه‌گیری گردید. شاخص پایداری غشا با استفاده از فرمول زیر محاسبه و به صورت درصد بیان شد.

$$\text{رابطه ۱: } \left[1 - \frac{C_1}{C_2}\right] \times 100 = \text{شاخص پایداری غشا}$$

اندازه‌گیری شاخص مالون‌دی‌آلدئید

برای اندازه‌گیری میزان پراکسیداسیون لیپیدها، غلظت نشانگر زیستی مالون‌دی‌آلدئید با روش Hodges و همکاران (۷) مشخص شد. در این روش از تیو باربیتوریک اسید (TBA) ۵٪ و تری‌کلرواستیک اسید (TCA) ۲۰٪ استفاده شد. میزان جذب در طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UNICO-2100 اندازه

رابطه ۲:

عدد در مقیاس سرمازدگی × تعداد گل‌ها در این درجه از سرمازدگی اند / تعداد کل گل‌ها در هر گروه = شاخص سرمازدگی

واکاوی آماری

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح به طور کامل تصادفی اجرا شد. برای ویژگی‌های ریخت‌شناسی، تیمار دما در دو سطح (پنج و ۱۰ درجه سلسیوس) و گابا در سه سطح (صفر، یک و پنج میلی‌مولار) با سه تکرار و فاکتور زمان در چهار سطح (روز اول خروج از انبار، ۷ روز پس از خروج از انبار، ۱۴ روز پس از خروج از انبار و ۲۱ روز پس از خروج از انبار) برای بررسی ویژگی‌های زیست‌شیمیایی انجام گردید. واکاوی و بررسی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (9) انجام گرفت. مقایسه میانگین ترکیب تیماری به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2010 رسم گردید.

نتایج و بحث

عمر گلجای

نتیجه‌های به دست آمده نشان داد که اثرهای اصلی دما و گابا روی ویژگی عمر گلجایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عمر گلجای مربوط به دمای ۱۰ درجه سلسیوس و کمترین عمر گلجای مربوط به دمای پنج درجه سلسیوس بود (شکل ۲). گل‌های آنتوریوم تیمار شده با غلظت یک میلی‌مولار گابا عمر گلجای بیشتری نسبت به تیمار پنج میلی‌مولار و شاهد داشتند (شکل ۱). در پژوهش Wang و همکاران (۲۲) مشخص شد که کاربرد گابا نقش مهمی در کاهش اثرهای سرمازدگی و افزایش ماندگاری میوه‌های موز داشت که این امر به دلیل انباشت پروتئین و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بود. همچنین بررسی فرآیند پیری در گل‌های آنتوریوم نشان داد، گل‌هایی که در شرایط تنش سرما بودند فرآیند پیری در آن‌ها سریع‌تر رخ داد که پژوهشگران این نتیجه را به دلیل فعالیت آنزیم‌های فسفولیپاز D و لیپوکسیژناز دانستند. به طوری که تیمار گابا با کاهش فعالیت این دو آنزیم سبب افزایش مقاومت گل‌ها به تنش سرما شد (۲۰). سلیمانی اقدم در سال ۱۳۹۴ اثر تیمار گابا روی گل‌های آنتوریوم را در زمان نگهداری در انبار با دمای ۴ درجه سلسیوس (به مدت ۲۱ روز) بررسی کرد و نشان داد، بیشترین عمر گلجای مربوط به گل‌های تیمار شده با گابای یک میلی‌مولار در مرحله قبل از برداشت و نیز تیمار شده با گابای پنج میلی‌مولار در مرحله پس از برداشت بود (۱). نتیجه‌های پژوهش اخیر با یافته‌های این پژوهشگران همخوانی داشت.

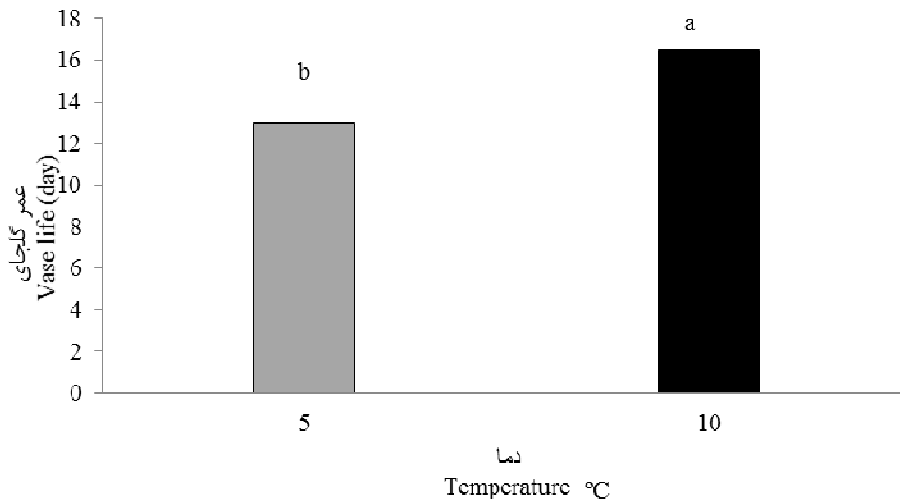


Fig. 2. Means comparisons for the effect of temperature treatment on the vase life of *Anthurium andraeanum* cv. Sirion. Different letters on the column are significantly different based on Duncan's multiple range test ($P \leq 0.01$).

شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمار دما بر عمر گلجای در گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون. میانگین‌هایی که با حرف‌های مختلف در هر ستون نشان داده شده‌اند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر تفاوت آماری معنی دار دارند ($P \leq 0.01$).

پایداری غشا

نتیجه‌های به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش زمان نمونه‌برداری، دما و گابا روی ویژگی پایداری غشا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتیجه‌های این مطالعه نشان داد که کمترین میزان پایداری غشا در گل‌های شاهد و دمای پنج درجه سلسیوس در نمونه‌برداری چهارم (روز بیست و یکم بعد از خروج از انبار) بود (جدول ۱). به عبارت دیگر، گل‌های بدون تیمار گابا که در دمای پنج درجه سلسیوس بودند با گذشت زمان نشت الکترولیت بیشتری داشتند و این نشان دهنده بهم ریختگی ساختار غشا در این نمونه‌ها بود. غشای یاخته از ساختارهای اولیه یاخته می‌باشد که از تنش سرمازدگی اثر می‌پذیرد. تغییر حالت غشای یاخته از حالت مایع کریستالی به ساختار ژله‌ای جامد که در دماهای پائین رخ می‌دهد سبب کاهش کنترل غشای یاخته در عبور ماده‌ها می‌شود. در دماهایی که سرمازدگی رخ می‌دهد، اکسایش اسیدهای چرب غشا، افزایش اشباع شدن این اسیدهای چرب، آسیب فسفولیپیدها و گالاکتولیپیدها و افزایش نسبت استرول به فسفولیپیدها منجر به کاهش سیالیت غشا و عملکرد آن می‌شود (۱۷، ۱۸). اگر بافت، اندام و یا کل گیاه به مدت بسیار طولانی در معرض دماهای آسیب‌رسان باشند، غشای یاخته دچار مشکل شده و نشت آب میان بافتی، یون‌ها و متابولیت‌ها رخ می‌دهد که

جدول ۱- برهمکنش دما، غلظت گابا و زمان نمونه برداری بر شاخص پایداری غشا (درصد) گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون.
Table 1. Interaction of temperature, GABA concentration and sampling time on membrane stability index (%) of *Anthurium andraeanum* cv. Sirion.

غلظت گابا GABA concentration	دما Temperature	روز خروج از انبار (نمونه برداری اول) 1 st day out of storage (1 st sampling)	۷ روز پس از خروج از انبار (نمونه برداری دوم) 7 th day out of storage (2 nd sampling)	۱۴ روز پس از خروج از انبار (نمونه برداری سوم) 14 th day out of storage (3 rd sampling)	۲۱ روز پس از خروج از انبار (نمونه برداری چهارم) 21 st day out of storage (4 th sampling)
control	5	100 ^a	80.1 ^b	27.1 ^{efg}	12.5 ^h
	10	100 ^a	100 ^a	51.5 ^c	24.4 ^{fg}
1 mM	5	100 ^a	100 ^a	33.5 ^{ef}	19.5 ^{gh}
	10	100 ^a	100 ^a	77.9 ^b	33.5 ^e
5 mM	5	100 ^a	100 ^a	43.8 ^d	28.9 ^{ef}
	10	100 ^a	100 ^a	82.0 ^b	42.8 ^d

Means with the same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($P \leq 0.01$).

میانگین‌های دارای حرف‌های یکسان نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد می‌باشد ($P \leq 0.01$).

مالون‌دی‌آلدئید

تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش زمان نمونه برداری، دما و گابا بر ویژگی مالون‌دی‌آلدئید در سطح احتمال ۱٪

غشایی که سیال است توانایی تنظیم نفوذپذیری را از راه اثر بر آرایش صحیح پروتئین‌های غشایی و تبادل آن دارد. افزایش سیالیت غشا سبب کاهش گرایش به تغییر فاز از حالت مایع به حالت ژله‌ای جامد شده و در نتیجه سبب بالا رفتن درجه تحمل به سرمازدگی می‌شود (۱۸). این نتیجه‌ها با یافته‌های Soleimani Aghdam و همکاران (۱۹) در آنتوریوم‌های تیمار شده با گابا همخوانی داشت.

جدول ۳- برهمکنش تیمارهای دما، گابا و زمان نمونه‌برداری بر فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز ($\text{U mg}^{-1} \text{ protein}$) در گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون.

Table 3. Interaction of temperature, sampling time and GABA treatments on SOD activity ($\text{U mg}^{-1} \text{ protein}$) of *Anthurium andraeanum* cv Sirion .

غلظت گابا GABA concentration	دما Temperature	روزخروج از انبار (نمونه‌برداری اول) 1 st day out of storage (1 st sampling)	۷ روز پس از خروج از انبار (نمونه‌برداری دوم) 7 th day out of storage (2 nd sampling)	۱۴ روز پس از خروج از انبار (نمونه‌برداری سوم) 14 th day out of storage (3 rd sampling)	۲۱ روز پس از خروج از انبار (نمونه‌برداری چهارم) 21 st day out of storage (4 th sampling)
control	5	2.23 ^e	1.26 ^f	1.21 ^f	0.77 ^g
	10	2.74 ^{bc}	0.76 ^g	0.56 ^{ghi}	0.41 ⁱ
1 mM	5	2.60 ^{cd}	2.23 ^e	0.54 ^{ghi}	0.46 ^{hi}
	10	2.84 ^{bc}	2.14 ^e	1.38 ^f	0.77 ^g
5mM	5	3.14 ^a	2.89 ^b	0.67 ^{gh}	0.63 ^{ghi}
	10	2.39 ^{de}	2.24 ^e	1.17 ^f	0.57 ^{ghi}

سوپراکسیددیسموتاز در مراحل اولیه آزمایش بیشتر از مراحل انتهایی بود. دلیل احتمالی این امر این است که پس از شروع دوره تنش و تولید گونه‌های فعال اکسیژن گیاه با بالا بردن سیستم آنتی‌اکسیدانی برای رفع این مشکل اقدام می‌کند ولی با گذشت زمان و انباشت گونه‌های فعال اکسیژن و پایان یافتن عمر گلجای فعالیت این آنزیم کاهش می‌یابد. با توجه به نتیجه‌های به دست آمده در این پژوهش روند فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز با یافته‌های Cao و همکاران (۴) در رابطه با کاهش اثر سرمازدگی در ازگیل ژاپنی با تیمار متیل جاسمونات و Yang و همکاران (۲۳) در رابطه با کاهش سرمازدگی با تیمار گابا در میوه‌های هلو و سلیمانی اقدم و بدبدک (۱۸) در رابطه با تأثیر تیمار گرمایی در کاهش سرمازدگی ازگیل، خیار، انار و نارنگی مطابقت داشت.

فعالیت آنزیم کاتالاز

برهمکنش زمان نمونه‌برداری، دما و گابا روی فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد گل‌های تیمار شده با گابای یک میلی‌مولار در دمای ۱۰ درجه سلسیوس در هنگام دومین مرحله نمونه‌برداری، بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز را نشان دادند. همچنین کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، در گل‌های تیمار نشده با گابا (شاهد) در دمای پنج درجه سلسیوس در نمونه‌برداری سوم و چهارم و نیز گل‌های تیمار شده با گابای یک و پنج میلی‌مولار در دمای پنج درجه سلسیوس در نمونه‌برداری چهارم مشاهده شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). تنش اکسایشی ناشی از ROSهایی مانند O_2^- ، H_2O_2 و رادیکال هیدروکسیل در افزایش تنش سرمازدگی نقش دارند و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز ممکن است نقش مهمی در رفع سمیت رادیکال‌های آزاد و کاهش تنش سرمازدگی داشته باشند (۴). جلوگیری از تنش اکسایشی سبب بقای یاخته در شرایط تنش سرمازدگی می‌شود و ممکن است سازوکار اصلی مقاومت به تنش سرمازدگی باشد. در محصول‌های باغبانی، افزایش تحمل به سرمازدگی در مرحله پس از برداشت در رابطه با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گزارش شده است (۴).

جدول ۴- برهمکنش تیمارهای مختلف دما، گابا و زمان نمونه‌برداری بر فعالیت آنزیم کاتالاز ($\mu\text{mol } H_2O_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ FW}$) در گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون.

Table 4. Interaction of temperature, sampling time and GABA treatments on CAT activity ($\mu\text{mol } H$

آن کاهش فعالیت آنزیم در دمای پنج درجه سلسیوس باشد (۳). روند داده‌های حاصل از این پژوهش با نتیجه‌های Promyou و همکاران (۱۳) در آنتوریوم تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید دو میلی‌مولار به مدت ۱۵ دقیقه در انبار با دمای ۴ درجه سلسیوس و نتیجه‌های Cui و همکاران (۵) در گیاه توتون زیر تنش سرمازدگی همسو بود.



Fig 3. Comparison of spathe browning as one of the most important symptoms of chilling injury in anthurium plants treated with GABA at temperatures of 5 and 10 °C.

شکل ۳- مقایسه قهوه‌ای شدن اسپات به‌عنوان یکی از نشانه‌های مهم آسیب سرمازدگی در گیاهان آنتوریوم تیمار شده با گابا در دماهای پنج و ۱۰ درجه سلسیوس.

قهوه‌ای شدن اسپات

نتیجه‌ها نشان داد تیمار دمای پنج درجه سلسیوس در هر سه تیمار گابا دارای بیشترین میزان سرمازدگی بود و کمترین مقدار قهوه‌ای شدن در دمای ۱۰ درجه سلسیوس در هر سه تیمار گابا مشاهده شد که از نظر آماری در یک سطح قرار داشتند (شکل ۴). برهمکنش زمان و دما نشان داد تیمار دمای پنج درجه سلسیوس از روز پنجم تا بیستم و تیمار دمای ۱۰ درجه سلسیوس از روز چهاردهم تا بیستم با داشتن بیشترین میزان قهوه‌ای شدن، از نظر آماری در یک سطح قرار داشتند. کمترین مقدار قهوه‌ای شدن اسپات نیز در دمای ۱۰ درجه سلسیوس از روز اول تا پنجم مشاهده شد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد در کاهش مقدار قهوه‌ای شدن اسپات، اثر تیمار دمایی بیش از تیمار گابا بوده است. در هنگام تنش سرما، مقدار ترکیب‌های فنولی آزاد کل، روند کاهشی می‌یابد که با درجه قهوه‌ای شدن مرتبط می‌باشد. احتمال می‌رود در واکنش‌های مربوط به قهوه‌ای شدن، ترکیب‌های فنولی آزاد به‌عنوان پیش‌ماده به کار روند. فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز (PPO) فاکتور اصلی در واکنش‌های مربوط به قهوه‌ای شدن می‌باشد (۱۱، ۱۲). اگر تنش سرما سبب به وجود آمدن آسیب در غشای اندامک‌هایی مانند واکوئل‌ها شود، ترکیب‌های فنولی موجود در واکوئل‌ها، در معرض آنزیم PPO قرار می‌گیرند. یاخته‌ها ممکن است در پاسخ به تنش سرما، ترکیب‌های فنولی را در دیواره خود

برداشت گابا و نقش آن در تحریک تولید گابای درون‌زا و دیگر ترکیب‌های آنتی اکسیدانی موثر در فرآیند مقابله با پیری در گل‌ها باشد.

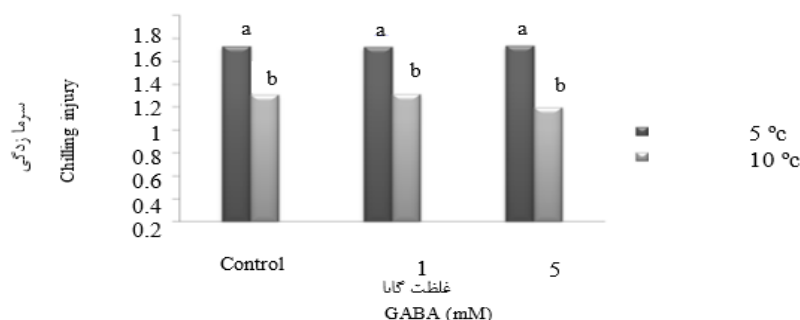


Fig. 4. Interaction of the GABA concentration and temperature on the spathe browning of *Anthurium andraeanum* cv. Sirion. Columns with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test ($P \leq 0.01$).

شکل ۴- برهمکنش غلظت‌های گابا و دما بر قهوه‌ای شدن اسپات در گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون. ستون‌های دارای حرف‌های متفاوت بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند ($P \leq 0.01$).

جدول ۵- برهمکنش دما و زمان نمونه‌برداری بر سرمازدگی گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون.

Table 5. Interaction of temperature and sampling time on the chilling injury of anthurium cut flowers 'Sirion'.

روز Day	مقایسه میانگین دما ۵ درجه سلسیوس Means comparison of 5 °c	مقایسه میانگین دما ۱۰ درجه سلسیوس Means comparison of 10 °c
1	0.7 ^h	0.33 ^j
2	0.7 ^h	0.33 ^j
3	1.07 ^e	0.33 ^j
4	1.4 ^{cd}	0.36 ^j
5	1.67 ^a	0.36 ^j
6	1.67 ^a	0

نتیجه‌گیری

در مورد ویژگی‌های ریخت‌شناسی مانند عمر گلجای، غلظت یک میلی‌مولار گابا در دمای ۱۰ درجه سلسیوس، اثر بهتری نسبت به غلظت پنج میلی‌مولار داشت. در دمای ۱۰ درجه سلسیوس میزان قهوه‌ای شدن اسپات نسبت به دمای پنج درجه سلسیوس کمتر بود و در حالت کلی اثر تیمارهای دمایی مورد استفاده بیش از تیمار غلظت‌های مختلف گابا بود. فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در نمونه‌های تیمار شده با گابا در مراحل ابتدایی آزمایش نشان داد که این تیمار در کاهش تنش ناشی از دماهای سرمازدگی موثر بود. کاهش شاخص مالون‌دی‌آلدئید و حفظ پایداری غشا نیز نشان دهنده اثر مثبت تیمار گابا در کاهش اثر منفی سرمازدگی در گل بریدنی آنتوریوم بود.

References

منابع

۱. سلیمانی اقدم، م. ۱۳۹۴. رساله دکتری تاثیر تیمار قبل و پس از برداشت گاما/ آمینو بوتیریک اسید (GABA) بر سرمازدگی پس از برداشت گل شاخه بریده آنتوریوم. دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشگاه تهران. ۹۳ ص.
2. Aebi, H. 1984. Catalase *in vitro*. Meth. Enzymol. 105: 121- 126.
3. Arabaci, G. 2011. Partial purification and some properties of catalase from dill (*Anethum graveolens* L.). J. Biol. Life Sci. 2(1):11-15.
4. Cao, S., Y. Zheng, K. Wang, P. Jin and H. Rui. 2009. Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit. Food Chem. 115:1458- 1463.
5. Cui, C., Q. Zhou, C.B. Zhang, L. J. Wang and Z.F. Tan. 2013. Effects of chilling stress on membrane lipid peroxidation and antioxidant system of *Nicotiana tabacum* L. Seedling. Afr. J. Agr. 8(47):6079- 6085.
6. Gopaulchan, D., A. M. Lennon and P. Umaharan. 2013. Identification of reference genes for expression studies using quantitative RT-PCR in spathe tissue of *Anthurium andraeanum* Hort. Sci. Hort. 153:1-7.
7. Hodges, D. M., J. M. DeLong, C. F. Forney and R. K. Prange. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. Planta, 207:604-611.
8. Kathiresan, A

19. Soleimani Aghdam, M., R. Naderi, R. A. Askari Sarcheshmeh and M. Babalar. 2015. Amelioration of postharvest chilling injury in anthurium cut flowers by γ -aminobutyric acid (GABA) treatments. Post. Biol. Technol. 110:70- 76.
20. Soleimani Aghdam, M., R. Naderi, A. Jannatizadeh, A. Askari Sarcheshmeh and M. Babalar. 2016. Enhancement of chilling tolerance of anthurium cut flowers by γ -Aminobutyric acid treatment. Sci Hort. 198:52- 60.
21. Song, H., X. Xu, H. Wang, H. Wang and Y. Tao. 2010. Exogenous γ -aminobutyric acid alleviates oxidative damage caused by aluminium and proton stresses on barley seedlings. J. Food Sci. Technol. 90:1410-1416.
22. Wang, Y., Z. Luo, X. Huang, K. Yang, S. Gao and R. Du. 2014. Effect of exogenous γ -aminobutyric acid (GABA) treatment on chilling injury and antioxidant capacity in banana peel. Sci. Hort. 168:132- 137.
23. Yang, A., S. Cao, Z. Yang, Y. Cai and Y. Zheng. 2011. γ -Aminobutyric acid treatment reduces chilling injury and activates the defense response of peach fruit. Food Chem. 129:1619- 1622.

Effects of Postharvest γ -Aminobutyric Acid Treatment on Vase Life and Antioxidant Enzymes Activity of *Anthurium* cv. Sirion under Chilling Stress

F. Mahjoory, A. Ebrahimzadeh*, M.B. Hassanpouraghdam and M.A. Aazami Mavaloo¹

Keeping anthurium cut flowers under 15°C leads to chilling damage and reduction in flower vase life. In this research, the effects of postharvest GABA treatments (0, 1 and 5 mM) on vase life, membrane stability, spathe browning, antioxidant enzymes activity (CAT, SOD), and MDA content during 10 days' storage at 5 and 10 °C were studied. The results revealed that the longest vase life was observed in 1 mM GABA in 10 °C. Untreated flowers showed the least membrane stability and the highest MDA content in chilling temperatures. SOD activity was increased using 5 mM GABA. The flowers treated with 1 mM GABA had more CAT activity. GABA treatment had no effect on spathe browning. Finally, it can be concluded that both concentrations of GABA (1 and 5 mM) were effective to induce chilling resistance in anthurium cut flowers.

Keywords: CAT, Chilling injury, GABA, MDA, Vase life.

1. Former M.Sc. Student, Assistant Professor, Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, University of Maragheh, (and Research Associate Professor, Islamic Parliament Research Center, Tehran,) and Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, University of Maragheh, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (acebrahimzadeh@gmail.com).