

# اثر تیمار پس از برداشت گاما آمینوبوتیریک اسید بر عمر گلچای و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی آنتوریوم رقم سیریون در نتش سرما<sup>۱</sup>

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

فریما مهجوری، اصغر ابراهیم‌زاده\*، محمدباقر حسنپور اقدم و محمد علی اعظمی موالو<sup>۲</sup>

## چکیده

نگهداری گل بریدنی آنتوریوم در دماهای زیر ۱۵ درجه سلسیوس سبب سرمادگی و کوتاهی عمر گلچایی 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 گلچایی، پایداری غشا، میزان قهوهای شدن اسپات و میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیدیدیسموتاز و در نهایت میزان مالون دی‌آلدئید 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 گلچایی گل‌ها در غلظت یک میلی‌مولار گابا و در دمای ۱۰ درجه سلسیوس مشاهده شد. گل‌های بدون تیمار گابا کمترین پایداری غشا و بیشترین مقدار مالون دی‌آلدئید را در دماهای سرمادگی نشان دادند. تیمار با گابایی پنج میلی‌مولار، سبب افزایش میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیدیدیسموتاز شد. گل‌های تیمار شده با گابایی 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 نتش سرما در گل بریدنی آنتوریوم موثر بود.

**واژه‌های کلیدی:** آسیب سرمادگی، عمر گلچای، کاتالاز، گابا، مالون دی‌آلدئید.

## مقدمه

آنتریوم گیاهی زینتی چندساله و همیشه‌سبز و منحصر به‌فرد بوده و در گروه گل‌های لوکس طبقه‌بندی می‌شود. این گل با نام علمی *Anthurium andraeanum* cv. Sirion و نام عمومی Flamingo lily و Tail flower به تیره Araceae تعلق داشته و با نام علمی گرم‌سیری نواحی مرکزی و جنوب آمریکا، اکوادور، کلمبیا، پرو، کوبا، بربادوس و ونزوئلا است (۹). بومی مناطق گرم‌سیری نواحی مرکزی و جنوب آمریکا، اکوادور، کلمبیا، پرو، کوبا، بربادوس و ونزوئلا است (۹).

از میان گل‌های مناطق گرم‌سیری، گل آنتوریوم، پس از گل ارکیده، از نظر تجارت و ارزش اقتصادی دارای رتبه دوم است. در برخی از کشورها، آنتوریوم به عنوان گل گلستانی به فروش می‌رسد ولی در بسیاری از کشورهای دیگر، مرکز بیشتری روی صنعت گل بریدنی آنتوریوم وجود دارد (۶). همواره پیشنهاد می‌شود که بیشتر گل‌های زینتی در دماهای نزدیک صفر نگهداری شوند، اما گل‌های گرم‌سیری مانند آنتوریوم، باید در دماهای بالاتر از ۱۰ درجه سلسیوس نگهداری شوند که نشانه‌های سرمادگی در آن‌ها به صورت پژمردگی، کم‌سبزینگی و قهوهای شدن برآکته‌ها و گلبرگ‌ها است (۱۰). نابسامانی‌های یاد شده به دمای پائین و پیری مربوط می‌باشد و به عنوان شاخص سرمادگی در نظر گرفته می‌شود (۱۳). در گیاهان بومی مناطق گرم‌سیری و نیمه گرم‌سیری، آسیب سرمادگی یک نابسامانی فیزیولوژیک پیچیده است که منجر به زیان‌های فراوان اقتصادی

۱- تاریخ دریافت: ۹۸/۱/۲۵

۲- به ترتیب دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد، استادیار، دانشیار (و دانشیار پژوهشی، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی) و استادیار گروه علوم و

مهندسی باغبانی، دانشگاه مراغه، ایران.

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

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 غشاها 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).

گاما‌آمینوبوتیریک اسید (گابا) یک اسید آمینه ۴ کربنیه 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 سوپراکسیدیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز در اثر کاربرد برون‌زای گابا وجود دارد (۲۲). گابا سبب بیان ژن‌های کد کننده آنزیم‌های آنتی‌اسیدانی می‌شود. همچنین این ترکیب سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اسیدانی مانند سوپراکسیدیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (APX)، گلوتاتیون پراکسیداز (GPX)، گلوتاتیون S ترانسفراز (GST)، منو دهیدروآسکوربات ردوکتاز (MDHAR) و دهیدروآسکوربات ردوکتاز (DHAR) می‌شود و منجر به کاهش یافتن گونه‌های فعال اکسیژن (ROSS) 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 آنتی‌اسیدانی می‌باشد. همچنین Song و همکاران گزارش کردند که تیمار گابا سبب افزایش فعالیت آنتی‌اسیدانی آنزیم‌های کاتاز و سوپراکسیدیسموتاز زیر تنش اکسایشی می‌شود (۲۱). تیمار گابا سبب تأخیر در کاهش مقادیر آدنوزین دی‌فسفات (ADP) و آدنوزین تری‌فسفات (ATP) و افزایش آدنوزین منو‌فسفات (AMP) شد و به این صورت سبب نگهداری سطوح انرژی و کنترل آسیب سرمازدگی گردید (۲۳). در پژوهش دیگری مشخص شد که تیمار قبیل از برداشت با گابایی یک میلی‌مولار و پنج میلی‌مولار در کاهش قهقهه‌ای شدن اسپات و افزایش عمر گلچای گل‌های آنتوریوم در تنش سرما نقش دارد (۱، ۲۰).

با توجه به ضرورت بهره‌گیری از دماهای پائین در کنترل فعالیت ریزاندامواره‌ها که زمینه‌ساز کاهش فعالیت میکروبی و افزایش عمر انباری گیاهان است و نیز حساسیت گل آنتوریوم به دماهای پائین، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر تیمار گابا بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اسیدانی و برخی ویژگی‌های بارز فیزیولوژیک گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون در دماهای پنج و ۱۰ درجه سلسیوس انبار بوده است.

## مواد و روش‌ها

### ماده گیاهی

گل‌های بریدنی آنتوریوم سیریون از گلخانه‌های شرکت پارس فلور ورامین، ایران، تولید کننده آنتوریوم خردباری شدند. گل‌ها در ابتدای صبح و در شرایط یکواخت از نظر شکوفایی و وضعیت ظاهری (در مرحله‌ای که ۷۵ تا ۸۰٪ گل‌های حقیقی روی اسپادیکس به‌طور کامل باز شدند) برداشت شدند و در بسته‌بندی‌های مناسب همراه با ویال مخصوص دارای آب و در مدت کمتر از ۷ ساعت زیر دمای  $15 \pm 1^\circ\text{C}$  به آزمایشگاه گروه علوم باگبانی دانشگاه مراغه منتقل شدند. به‌منظور یکنواخت ساختن طول ساقه، تمام گل‌ها از ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری و در زیر آب برش داده شدند. سپس در دمای اتاق، از تیمارهای صفر (شاهد)، یک و پنج میلی‌مولار گابا با نام تجاری Aminobutyric acid - C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>NO<sub>2</sub> ساخت شرکت SIGMA به‌صورت محلول پاشی تا حد آب چک روی هر دو سطح اسپات گل استفاده شد. پس از آن، گل‌ها درون ظرف‌های مخصوص قرار داده شدند و سپس در دماهای پنج و ۱۰ درجه سلسیوس با دوره نوری ۱۲ ساعت به مدت ۱۰ روز در سردخانه با رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰٪ قرار گرفتند. پس از این مدت، تمامی گل‌ها از سردخانه خارج شده و به صورت جداگانه درون لوله‌های آزمایش حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شدند و برای جلوگیری از تبخیر مستقیم آب، سر لوله‌ها با پارافیلم مسدود شدند. برای بررسی ویژگی‌های ریخت شناسی، ۱۸ گل و زیست‌شیمیایی ۷۲ گل استفاده شد. نمونه‌برداری ویژگی‌های

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

عمر گل جائی

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

پايداري غشا

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

۱۵ میلی‌متر و قطر ۲ میلی‌متر به ضخامت ۲ میلی‌متر از نمونه اسپات توسط چوب پنبه سوراخ کن جدا شد و سپس با آب مقطر شسته و با فیلتر کاغذی خشک شد. سپس با ۳۰ میلی‌لیتر مانیتول 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 میران هدایت الکتریکی اولیه ( $C_1$ ) اندازه‌گیری گردید. پس از قرارگیری نمونه‌ها در اتوکلاو  $121^{\circ}\text{C}$  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.

$$\text{رابطه ۱:} \quad \text{شاخص پایداری غشا} = \left[ 1 - \frac{C1}{C2} \right] \times 100$$

اندازه‌گیری شاخص مالون دی‌آلدئید

برای اندازه‌گیری میزان پراکسیداسیون لیپیدها، غلظت نشانگر زیستی مالون دی‌آلدئید با روش Hedges و همکاران (۷) مشخص شد. در این روش از تیو باریوتوریک اسید (TBA) ۰.۵٪ و تری کلرواستیک اسید (TCA) ۰.۲٪ استفاده شد. میزان جذب UNICO مدل 2100- اسپکتروفوتومتر اسپتگاه ۶۰۰ نانومتر و طول موج ۵۳۲ میلی‌نامتر بر اساس MDA پرداخته شد و شاخص تأثیرگذاری میزان پراکسیداسیون مورد تأثیرگذاری قرار گرفت.

#### اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانی

برای اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز از روش Aebi (۲) استفاده شد. آمیخته واکنش دارای بافر فسفات پتاسیم (۲۰۰۰ میکرولیتر، pH=۷) بود. با افزودن ۷۵ میکرولیتر از عصاره آنزیمی، واکنش شروع شد و کاهش جذب نمونه‌ها در طول موج ۲۴۰ نانومتر در مدت یک دقیقه ثبت گردید و میزان فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس کاهش مقدار جذب نوری  $H_2O_2$  در طول موج ۲۴۰ نانومتر با اسکلتوفوتومت مدل UV1800/SHIMADZU تعیین گردید.

میزان فعالیت آنژیم سوپراکسیدیسموتاز با استفاده از روش Sen Gupta و همکاران (۱۴) اندازه‌گیری شد. در این روش آمیخته واکنش دارای ۱/۰ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۱/۵ مولار، ۰/۲ میلی‌لیتر متیونین ۰/۲ مولار، ۰/۰ میلی‌لیتر EDTA با غلظت ۳ میلی‌مولار، ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتانسیم ۱/۰ مولار، ۱ میلی‌لیتر آب مقطمر و ۰/۰۵ میلی‌لیتر آنژیم استخراجی بود. لوله‌های آزمایش بدون آنژیم سوپراکسیدیسموتاز به عنوان شاهد به کار رفت. واکنش با افزودن ۰/۰ میلی‌لیتر ریبوفلافوین ۶۰ میکرومولار و قرار دادن لوله‌های آزمایش در زیر لامپ‌های فلورسانسی ۳۰ وات، شروع شد. لوله‌های آزمایش به مدت ۱۵ دقیقه در زیر نور نگهداری و پس از پایان این زمان با خاموش کردن لامپ و قرار دادن لوله‌های آزمایش در تاریکی کامل، واکنش آنژیمی متوقف شد. از آمیخته واکنشی بدون آنژیم که به مدت ۱۵ دقیقه در نور قرار گرفته بود برای ارزیابی توان تولید آنژیم سوپراکسید- نیتروبولترازولیوم و معیار سنجش فعالیت آنژیمی استفاده شد. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۶۰ نانومتر دستگاه اسیکتروفوتومتر مدل 100-2 UNICO یادداشت برداری شد.

قهوه‌ای شدن اسپات

آسیب سرمادگی هر روز با بررسی نقاط قهوهای رنگ روی اسپات با استفاده از راهنمای زیر از ۱ تا ۵ سنجیده شد. ۱ بدون آسیب سرمادگی، ۲= آسیب بسیار خفیف (تفییر رنگ ۱ تا ۲۰٪ اسپات)، ۳= آسیب متوسط (تفییر رنگ ۲۱ تا ۵۰٪ اسپات)، ۴= آسیب شدید (تفییر رنگ ۵۱ تا ۸۰٪ اسپات) و ۵= آسیب بسیار شدید (تفییر رنگ ۸۱ تا ۱۰۰٪ اسپات). سرمادگم، بهطرو، وزنه و با استفاده از رابطه زیر تخمین زده شد (۱۳).

رابطه ۲:

عدد در مقیاس سرمایدگی  $\times$  تعداد گل‌ها در این درجه از سرمایدگی اند / تعداد کل گل‌ها در هر گروه = شاخص سرمایدگی  
**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 (صفرا، 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 (9) SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ترکیب تیماری به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار 2010 Excel رسم گردید.

## نتایج و بحث

### عمر گل‌جای

نتیجه‌های بدست آمده نشان داد که اثرهای اصلی دما و گابا روی ویژگی عمر گل‌جایی در سطح احتمال یک درصد معنی دار 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 سرمایدگی و افزایش ماندگاری میوه‌های موز داشت که این امر به دلیل انباست پروولین و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بود. همچنین بررسی فرآیند پیری در گل‌های آنتوریوم نشان داد، گل‌هایی که در شرایط تنفس سرما بودند فرآیند پیری در آن‌ها سریع‌تر رخ داد که پژوهشگران این نتیجه را به دلیل فعالیت آنزیم‌های فسفولیپاز D و لیپوکسیناز دانستند. به طوری که تیمار گابا با کاهش فعالیت این دو آنزیم سبب افزایش مقاومت گل‌ها به تنفس 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 گابایی یک میلی‌مولار در مرحله قبل از برداشت و نیز تیمار شده با گابایی پنج میلی‌مولار در مرحله پس از برداشت بود (۱). نتیجه‌های پژوهش اخیر با یافته‌های این پژوهشگران همخوانی داشت.

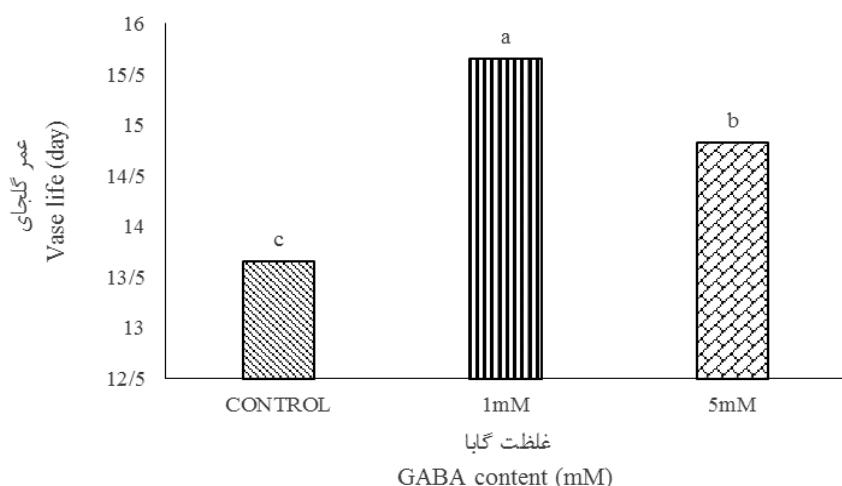


Fig. 1. Means comparison for the effect of GABA treatment on the vase life of *Anthurium andraeanum* cv. Sirion. columns with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.01$ ).

شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمار گابا بر عمر گل‌جای در گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون. میانگین‌هایی که با حروف مختلف در هر ستون نشان داده شده‌اند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر تفاوت آماری معنی دار دارند ( $P \leq 0.01$ ).

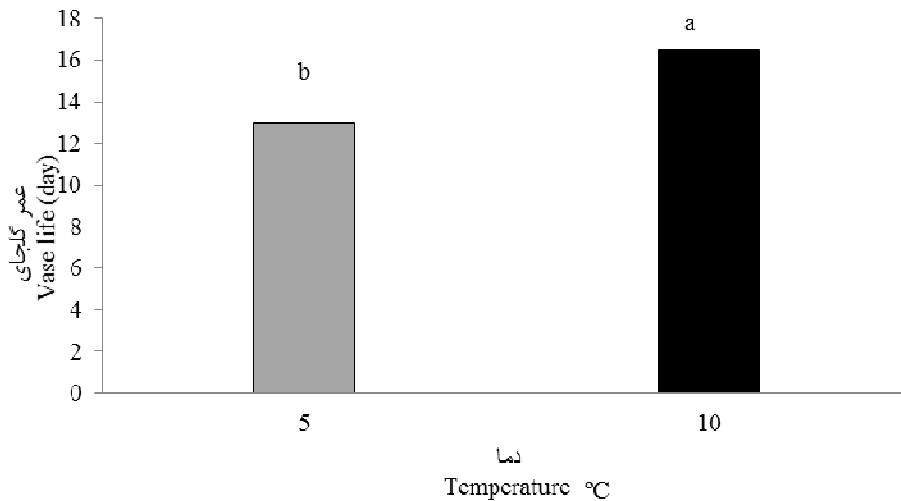


Fig. 2. Means comparisons for the effect of temperature treatment on the vase life of *Anthurium andraeanum* cv. Sirion. Different letters on the column are significantly different based on Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.01$ ).

شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمار دما بر عمر گلچای در گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون. میانگین هایی که با حروف مختلف در هر ستون نشان داده شده اند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن با یکدیگر تفاوت آماری معنی دار دارند  $(P \leq 0.01)$ .

#### پایداری غشا

نتیجه های به دست آمده از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که برهمنکش زمان نمونه برداری، دما و گابا روی ویژگی پایداری غشا در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. نتیجه های این مطالعه نشان داد که کمترین میزان پایداری غشا در گل های شاهد و دمای پنج درجه سلسیوس در نمونه برداری چهارم (روز بیست و یکم بعد از خروج از انبار) بود (جدول ۱). به عبارت دیگر، گل های بدون تیمار گابا که در دمای پنج درجه سلسیوس بودند با گذشت زمان نشت الکتروولیت بیشتری داشتند و این نشان دهنده بهم ریختگی ساختار غشا در این نمونه ها بود. غشای یاخته از ساختارهای اولیه یاخته می باشد که از تنفس سرمازدگی اثر می پذیرد. تغییر حالت غشای یاخته از حالت مایع کربستالی به ساختار ژله ای جامد که در دماهای پائین رخ می دهد سبب کاهش کنترل غشای یاخته در عبور ماده ها می شود. در دماهای که سرمازدگی رخ می دهد، اکسایش اسیدهای چرب غشا، افزایش اشباع شدن این اسیدهای چرب، آسیب فسفولیپیدها و گالاكتولیپیدها و افزایش نسبت استرول به فسفولیپیدها منجر به کاهش سیالیت غشا و عملکرد آن می شود (۱۷، ۱۸). اگر بافت، اندام و یا کل گیاه به مدت بسیار طولانی در معرض دماهای آسیب رسان باشند، غشای یاخته دچار مشکل شده و نشت آب میان بافتی، یون ها و متabolیتها رخ می دهد که می توان با اندازه گیری نشت الکتروولیت آن را تخمین زد. نشت الکتروولیت ویژگی مهمی برای تشخیص نفوذ پذیری است و به عنوان شاخصی برای یکپارچگی غشا به کار می رود (۲۳). روند داده های به دست آمده از جدول (۱) نشان داد که بیشترین مقدار نشت الکتروولیت غشا در دماهای سرمازدگی و نمونه های شاهد و مراحل پایانی آزمایش بود. نتیجه های مطالعه پیش رو با یافته های Soleimani Aghdam (۱۹) در رابطه با کاهش نشت الکتروولیتی در آنتوریوم های تیمار شده با گابا در تنفس سرمازدگی همسو بود. به دلیل عدم وجود پژوهش های دیگر در زمینه سرمازدگی گل آنتوریوم، نتیجه های این پژوهش با یافته های به دست آمده روی گیاهان حساس به سرمای دیگر مقایسه شد. در مطالعه ای دیگر Sevillano و همکاران (۱۵) گزارش کردند که سرمازدگی به عنوان یک تنفس ثانویه منجر به آسیب غشا یاخته و انباست گونه های فعال اکسیژن می شود و یکپارچگی غشا یاخته از بین می رود. همچنین Yang و همکاران (۲۳) بیان کردند که تیمار میوه های هلوا با گابا در تنفس سرما سبب بالارفتن فعالیت آنزیم های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز شده و از این راه موجب حفظ یکپارچگی یاخته در دماهای سرمازدگی می شود.

جدول ۱- برهمکنش دما، غلظت گابا و زمان نمونهبرداری 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				۲۱ روز پس از خروج از انبار(نمونهبرداری چهارم)
		۱ <sup>st</sup> day out of storage (1 <sup>st</sup> sampling)	۷ <sup>th</sup> day out of storage (2 <sup>nd</sup> sampling)	۱۴ <sup>th</sup> day out of storage (3 <sup>rd</sup> sampling)	۲۱ <sup>st</sup> day out of storage (4 <sup>th</sup> sampling)	
control	5	100 <sup>a</sup>	80.1 <sup>b</sup>	27.1 <sup>cfg</sup>	12.5 <sup>h</sup>	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. ( $P \leq 0.01$ ).
	10	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	51.5 <sup>c</sup>	24.4 <sup>fg</sup>	
1 mM	5	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	33.5 <sup>ef</sup>	19.5 <sup>gh</sup>	.
	10	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	77.9 <sup>b</sup>	33.5 <sup>e</sup>	
5 mM	5	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	43.8 <sup>d</sup>	28.9 <sup>ef</sup>	.
	10	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	82.0 <sup>b</sup>	42.8 <sup>d</sup>	

### مالون دی‌آلدئید

تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش زمان نمونهبرداری، دما و گابا بر ویژگی مالون دی‌آلدئید در سطح احتمال ۰/۱٪ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌های جدول ۲ نشان داد که بیشترین میزان مالون دی‌آلدئید مربوط به گل‌های شاهد و دمای پنج درجه سلسیوس در نمونهبرداری چهارم و در مراحل پایانی عمر گل‌جای بود. این نتیجه‌ها با یافته‌های Soleimani Aghdam (۱۹) در آنتوریوم‌های تیمار شده با گابا همخوانی دارد. فرآیند اکسید شدن لیپیدها سبب کاهش یکپارچگی غشا می‌شود که می‌تواند با شاخص تولید مالون دی‌آلدئید ارزیابی شود. مالون دی‌آلدئید فرآورده پایانی اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع غشا است و مقدار این ترکیب به عنوان نشانه‌ای برای برسی تنفس اکسایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بالا رفتن غلظت این ترکیب نشان‌دهنده آسیب‌دیدگی پایداری غشا یاخته است. نتیجه دو رخداد بالا، کاهش عملکرد غشا زنده یاخته می‌باشد (۱۸، ۱۵). به طور کلی مقدار نشت الکتروولیت و غلظت مالون دی‌آلدئید، به عنوان نشانه فیزیولوژیکی کاهش نفوذ پذیری انتخابی غشا یاخته و اکسیدشدن لیپیدها می‌باشد که بسیاری از پژوهشگران برای شناسایی پایداری غشا از آن استفاده می‌کنند.

جدول ۲- برهمکنش تیمارهای زمان نمونهبرداری، دما و گابا بر ویژگی مالون دی‌آلدئید (nmol g<sup>-1</sup> fw) در گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون.

غلظت گابا GABA concentration	دما Temperature	روز خروج از انبار				۲۱ روز پس از خروج از انبار (نمونهبرداری چهارم)
		۱ <sup>st</sup> day out of storage (1 <sup>st</sup> Sampling)	۷ <sup>th</sup> day out of storage (2 <sup>nd</sup> sampling)	۱۴ <sup>th</sup> day out of storage (3 <sup>rd</sup> sampling)	۲۱ <sup>st</sup> day out of storage (4 <sup>th</sup> sampling)	
control	5	749.1 <sup>m</sup>	969.2 <sup>f</sup>	1225 <sup>d</sup>	2113.6 <sup>a</sup>	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. ( $P \leq 0.01$ ).
	10	663.1 <sup>p</sup>	676.5 <sup>o</sup>	786.3 <sup>i</sup>	885.5 <sup>h</sup>	
1 mM	5	736.7 <sup>m</sup>	915.2 <sup>g</sup>	1054.7 <sup>e</sup>	1469.4 <sup>c</sup>	.
	10	592.8 <sup>r</sup>	597.7 <sup>r</sup>	858.7 <sup>i</sup>	893 <sup>h</sup>	
5 mM	5	636.7 <sup>q</sup>	711.7 <sup>n</sup>	841.1 <sup>j</sup>	1881.1 <sup>b</sup>	.
	10	573.2 <sup>s</sup>	593.9 <sup>r</sup>	658.7 <sup>p</sup>	825.3 <sup>k</sup>	

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 سرمآزادگی 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 سوپراکسیدیسموتاز ( $\text{U mg}^{-1}$  protein) در گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون.

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

GABA concentration	Temperature	غلظت گابا	روز خروج از انبار	روز پس از خروج از	روز پس از خروج از	روز پس از خروج از
			(نمونه‌برداری اول)	(نمونه‌برداری سوم)	(نمونه‌برداری دوم)	(نمونه‌برداری چهارم)
control	5		2.23 <sup>e</sup>	1.26 <sup>f</sup>	1.21 <sup>f</sup>	0.77 <sup>g</sup>
	10		2.74 <sup>bcd</sup>	0.76 <sup>g</sup>	0.56 <sup>ghi</sup>	0.41 <sup>i</sup>
1 mM	5		2.60 <sup>cd</sup>	2.23 <sup>e</sup>	0.54 <sup>ghi</sup>	0.46 <sup>hi</sup>
	10		2.84 <sup>bcd</sup>	2.14 <sup>e</sup>	1.38 <sup>f</sup>	0.77 <sup>g</sup>
5mM	5		3.14 <sup>a</sup>	2.89 <sup>b</sup>	0.67 <sup>gh</sup>	0.63 <sup>ghi</sup>
	10		2.39 <sup>de</sup>	2.24 <sup>e</sup>	1.17 <sup>f</sup>	0.57 <sup>ghi</sup>

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 ( $P \leq 0.01$ ).

### فعالیت آنزیم سوپراکسیدیسموتاز

برهمکنش زمان نمونه‌برداری، دما و گابا روی فعالیت آنزیم سوپراکسیدیسموتاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیدیسموتاز مربوط به گل‌های تیمار شده با گابایی پنج میلی‌مolar در دمای پنج درجه سلسیوس در نمونه‌برداری اول بود که کمترین مقدار فعالیت این آنزیم در تیمار شاهد و دمای ۱۰ درجه سلسیوس در نمونه‌برداری سوم و چهارم مشاهده شد (جدول ۳). پژوهشگران دریافتند که کاربرد گابا با افزایش ظرفیت سیستم آنتی‌اکسیدانی جاذب گونه‌های فعال اکسیژن مثل سوپراکسیدیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) کارایی آن‌ها را افزایش می‌دهد و به عنوان اولین سد دفاعی در برابر ROS‌ها بوده و اکسیژن تک اتمی ( $\cdot\text{O}_2$ ) را به  $\text{H}_2\text{O}_2$  تبدیل می‌کنند. سپس  $\text{H}_2\text{O}_2$  تولید شده توسط کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز حذف می‌شود. غلظت بالای کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز و فعالیت زیاد آن‌ها در گل‌های تیمار شده با گابا سبب کاهش انباست  $\text{H}_2\text{O}_2$  شده و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد (۲۰). افزون بر این، Cao و همکاران (۴) گزارش کردند که میزان فعالیت سوپراکسیدیسموتاز در هر دو گروه از میوه‌های ازگیل شاهد و تیمار شده با متیل جاسمونات با گذشت زمان افزایش یافت. افزایش در فعالیت سوپراکسیدیسموتاز می‌تواند توانایی بافت را در غیرفعال کردن  $\text{O}_2^-$  بالا ببرد و این در حالی است که افزایش فعالیت کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در حذف قویتر  $\text{H}_2\text{O}_2$  دخالت دارد که ممکن است در کنترل مقدار  $\text{O}_2^-$   $\text{H}_2\text{O}_2$  نیز نقش داشته باشد. فعالیت بالای آنزیم‌های سوپراکسیدیسموتاز و کاتالاز همراه با کاهش فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز (LOX) سبب کاهش میزان  $\text{H}_2\text{O}_2^-$  شده و تنفس اکسایشی را کاهش می‌دهد (۲۳). به طور خلاصه نسبت بالای اسیدهای چرب غیراشبع به اشباع، بالا بودن سطح انرژی و فعالیت پائین آنزیم‌های لیپوکسیژناز و فسفولیپاز D (PLD) و نیز فعالیت آنزیم‌های سیستم آنتی‌اکسیدانی (سوپراکسیدیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز، گلوتاتیون S ترانسферاز، آسکوربات پراکسیداز، دهیدروآسکوربات ردوکتاز و منو دهیدروآسکوربات ردوکتاز) در کاهش آسیب غشا و جلوگیری از انباست ROS‌ها سبب می‌شود تا گیاه در برابر سرمآزادگی تحمل بیشتری داشته باشد (۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان فعالیت آنزیم

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 انباست گونه‌های فعال اکسیژن و پایان یافتن عمر گلچای 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 سرمادگی در ازگیل ژاپنی با تیمار متیل جاسمونات و Yang و همکاران (۲۳) در رابطه با کاهش سرمادگی با تیمار گابا در میوه‌های هلو و سلیمانی اقدم و بدیدک (۱۸) در رابطه با تأثیر تیمار گرمایی در کاهش سرمادگی ازگیل، خیار، انار و نارنگی مطابقت داشت.

#### فعالیت آنزیم کاتالاز

برهمکنش زمان نمونه‌برداری، دما و گابا روی فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال ۱٪ معنی دار 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  $H_2O_2$ ,  $O_2^-$  و رادیکال هیدروکسیل در افزایش تنش سرمادگی نقش دارند و آنزیمهای آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز ممکن است نقش مهمی در رفع سمیت رادیکال‌های آزاد و کاهش تنش سرمادگی داشته باشند (۴). جلوگیری از تنش اکسایشی سبب بقای یاخته در شرایط تنش سرمادگی می‌شود و ممکن است سازوکار اصلی مقاومت به تنش سرمادگی باشد. در محصول‌های باغبانی، افزایش تحمل به سرمادگی 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 ( $\mu\text{mol H}_2O_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$  FW) در گل بریدنی آنتوریوم رقم سیریون.

Table 4. Interaction of temperature, sampling time and GABA treatments on CAT activity ( $\mu\text{mol H}_2O_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$  FW) of *Anthurium andraeanum* cv Sirion.

GABA concentration	Temperature	غلاظت گابا	روز خروج از انبار (نمونه‌برداری اول)	روز خروج از انبار (نمونه‌برداری سوم)	روز پس از خروج از انبار (نمونه‌برداری دوم)	روز پس از خروج از ۷ <sup>th</sup> day out of storage (2 <sup>nd</sup> sampling)	روز پس از خروج از ۱۴ <sup>th</sup> day out of storage (3 <sup>rd</sup> sampling)	روز پس از خروج از ۲۱ <sup>st</sup> day out of storage (4 <sup>th</sup> sampling)
			1 <sup>st</sup> day out of storage (1 <sup>st</sup> sampling)	7 <sup>th</sup> day out of storage	14 <sup>th</sup> day out of storage	21 <sup>st</sup> day out of storage		
Control	5		3.59 <sup>d</sup>	2.16 <sup>e</sup>	0.89 <sup>lmno</sup>	0.61 <sup>o</sup>		
	10		4.31 <sup>c</sup>	2.27 <sup>fg</sup>	1.37 <sup>hijk</sup>	1.11 <sup>ijklm</sup>		
	5	1 mM	3.17 <sup>c</sup>	2.31 <sup>fg</sup>	1.04 <sup>klmn</sup>	0.80 <sup>mno</sup>		
	10		3.31 <sup>de</sup>	8.59 <sup>a</sup>	1.63 <sup>h</sup>	1.39 <sup>hij</sup>		
	5	5 mM	4.26 <sup>c</sup>	2.5 <sup>f</sup>	1.30 <sup>hijk</sup>	0.74 <sup>no</sup>		
	10		4.49 <sup>c</sup>	7.09 <sup>b</sup>	1.48 <sup>hi</sup>	1.18 <sup>ijkl</sup>		

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 ( $P \leq 0.01$ ).

سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده طی تنش سرما را کاهش داده و نقش مهمی در مهار آن‌ها دارد (۲۳). با توجه به نتیجه‌های به دست آمده، فعالیت آنزیم کاتالاز در گل‌های تیمار شده با گابا در دماهای سرمادگی، در مقایسه با گل‌های شاهد بیشتر بود که این مورد با یافته‌های Yang و همکاران (۲۳) در میوه‌های هلو تیمار شده با گابا همسو بود. نتیجه‌های به دست آمده نشان داد که میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در مراحل ابتدایی آزمایش (نمونه‌برداری اول و دوم) بیشتر از مراحل دیگر بود که در این مراحل، واکنش گیاه به تنش سرما به صورت افزایش در فعالیت آنزیم کاتالاز نمود یافت. میزان فعالیت این آنزیم در دمای ۱۰ درجه سلسیوس بیشتر از دمای پنج درجه سلسیوس بود که احتمال می‌رود دلیل

آن کاهش فعالیت آنزیم در دمای پنج درجه سلسیوس باشد (۳). روند داده های حاصل از این پژوهش با نتیجه های Promyou و همکاران (۱۳) در آنتوریوم تیمار شده با سالیسیلیک اسید دو میلی مولار به مدت ۱۵ دقیقه در انبار با دمای ۴ درجه سلسیوس و نتیجه های Cui و همکاران (۵) در گیاه توتون زیر تنش سرمazdگی 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 قهوه ای شدن اسپات به عنوان یکی از نشانه های مهم آسیب سرمazdگی در گیاهان آنتوریوم تیمار شده با گابا در دماهای پنج و ۱۰ درجه سلسیوس.

#### قهوه ای شدن اسپات

نتیجه ها نشان داد تیمار دمای پنج درجه سلسیوس در هر سه تیمار گابا دارای بیشترین میزان سرمazdگی بود و کمترین مقدار قهوه ای شدن در دمای ۱۰ درجه سلسیوس در هر سه تیمار گابا مشاهده شد که از نظر آماری در یک سطح قرار داشتند (شکل ۴). بر همکنش 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 قهوه ای شدن، از نظر آماری در یک سطح قرار داشتند. کمترین مقدار قهوه ای شدن اسپات نیز در دمای ۱۰ درجه سلسیوس از روز اول تا پنجم مشاهده شد (جدول ۵). به نظر می رسد در کاهش مقدار قهوه ای شدن اسپات، اثر تیمار دمایی بیش از تیمار گابا بوده است. در هنگام تنش سرما، مقدار ترکیب های فنولی آزاد کل، روند کاهشی می یابد که با درجه قهوه ای شدن مرتبط می باشد. احتمال می رود در واکنش های مربوط به قهوه ای شدن، ترکیب های فنولی آزاد به عنوان پیش ماده به کار روند. فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز (PPO) فاکتور اصلی در واکنش های مربوط به قهوه ای شدن می باشد (۱۱، ۱۲). اگر تنش سرما سبب به وجود آمدن آسیب در غشای اندامک هایی مانند واکوئل ها شود، ترکیب های فنولی موجود در واکوئل ها، در معرض آنزیم PPO قرار می گیرند. یاخته ها ممکن است در پاسخ به تنش سرما، ترکیب های فنولی را در دیواره خود ذخیره کنند که به دنبال آن با آنزیم PPO که در فضای آپوپلاستی وجود دارد واکنش می دهند. افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) نیز در ارتباط با نابسامانی های ناشی از تنش هایی مانند سرمazdگی می باشد. افزایش نشانه های سرمazdگی با مقدار ترکیب های فنولی آزاد رابطه عکس و با فعالیت آنزیم های PPO و PAL رابطه مستقیم دارد (۱۲). در پژوهش دیگری گل های تیمار شده با گابایی یک و پنج میلی مولار در مراحل قبل و پس از PAL برداشت، میزان PAL بیشتر و PPO کمتری را در انبار با دمای ۴ درجه سلسیوس از خود نشان دادند و نیز میزان فنول کل در گل های تیمار شده با گابایی یک میلی مولار در مرحله قبل از برداشت، بالاتر از گل های شاهد بود (۱۹). نتیجه های پژوهش حاضر با یافته های این پژوهشگران همسو نبود. احتمال می رود این عدم هماهنگی در نتیجه ها به علت عدم اعمال تیمار قبل از

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

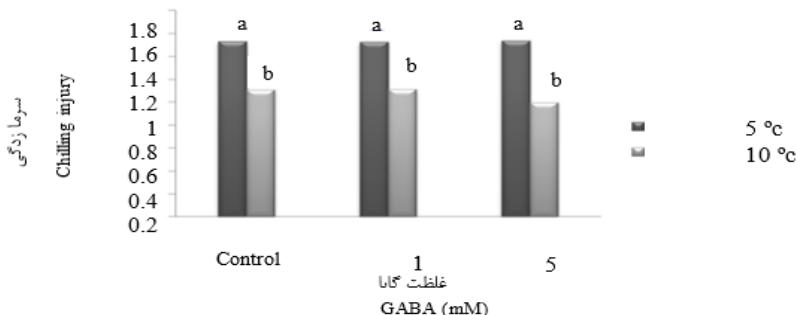


Fig. 4. Interaction of the GABA concentration and temperature on the spathe browning of *Anthurium andraeanum* cv. Sirion. Columns with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.01$ ).

شکل ۴- برهمکنش غلظت‌های گابا و دما بر قهوه‌ای شدن اسپات در گل بردینی 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 بردینی 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 <sup>h</sup>	0.33 <sup>j</sup>
2	0.7 <sup>h</sup>	0.33 <sup>j</sup>
3	1.07 <sup>e</sup>	0.33 <sup>j</sup>
4	1.4 <sup>cd</sup>	0.36 <sup>j</sup>
5	1.67 <sup>a</sup>	0.36 <sup>j</sup>
6	1.67 <sup>a</sup>	0.51 <sup>i</sup>
7	1.67 <sup>a</sup>	0.55 <sup>i</sup>
8	1.67 <sup>a</sup>	0.77 <sup>gh</sup>
9	1.67 <sup>a</sup>	0.88 <sup>fg</sup>
10	1.67 <sup>a</sup>	0.96 <sup>ef</sup>
11	1.67 <sup>a</sup>	1.29 <sup>d</sup>
12	1.67 <sup>a</sup>	1.48 <sup>bc</sup>
13	1.67 <sup>a</sup>	1.59 <sup>ab</sup>
14	1.67 <sup>a</sup>	1.63 <sup>a</sup>
15	1.67 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>
16	1.67 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>
17	1.67 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>
18	1.67 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>
19	1.67 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>
20	1.67 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>

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 ( $P \leq 0.01$ ).

## نتیجه‌گیری

در مورد ویژگی‌های ریخت‌شناسی مانند عمر گلچای، 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 سوپراکسیدیسموتاز و کاتالاز در نمونه‌های تیمار شده با گابا در مراحل ابتدایی آزمایش نشان داد که این تیمار در کاهش تنش ناشی از دماهای سرمآزادگی موثر بود. کاهش شاخص مالون‌دی‌آلدئید و حفظ پایداری غشا نیز نشان دهنده اثر مثبت تیمار گابا در کاهش اثر منفی سرمآزادگی در گل بریدنی آنتوریوم بود.

## References

## منابع

1. سلیمانی اقدم، م. ۱۳۹۴. رساله دکتری تاثیر تیمار قبل و پس از برداشت گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA) بر سرمآزادگی پس از برداشت گل شاخه بریده آنتوریوم. دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، گروه مهندسی علوم باطنی 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., P. Tung, C.C. Chinnappa and M. D. Reid. 1997.  $\gamma$ - Aminobutyric acid stimulates ethylene biosynthesis in Sunflower. Plant Physiol. 115:129- 135.
9. Lalnunmawia, F. and N. Khawlhring. 2011. Cultivation of Anthurium in Mizoram, India: present scenario and future prospect. Sci Vis. 11(4):203-207.
10. Luengwilai, K., M. Saltveit and D. M. Beckles. 2012. Metabolite content of harvested Micro-Tom tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit is altered by chilling and protective heat-shock treatments as shown by GC-MS metabolic profiling. Post. Biol. Technol. 63:116- 122.
11. Luo, Z., C. Chen and J. Xie. 2011. Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai' plum fruit. Postharvest Biol. Technol. 62:115-120.
12. Nguyen, T. B. T., S. Ketsa and W. G. Van Doorn. 2003. Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. Post. Biol. Technol. 30:187- 193.
13. Promyou, S., S. Ketsa and W. G. Van Doorn. 2012. Salicylic acid alleviates chilling injury in anthurium (*Anthurium andraeanum* L.) flowers. Post. Biol. Technol. 64:104- 110.
14. Sen Gupta, A., R. P. Webb, A. S. Holaday and R. D. Allen. 1993. Overexpression of superoxide dismutase protects plants from oxidative stress. Plant Physiol. 103:1067-1073.
15. Sevillano, L., M. T. Sanchez-Ballesta, F. Romojaro and F. B. Flores. 2009. Physiological, hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species. Postharves technologies applied to reduce its impact. J. Sci. Food Agr. 89: 555-573.
16. Shelp, B. J., R. T. Mullen and J. C. Waller. 2012. Compartmentation of GABA metabolism raises intriguing questions. Trends Plant Sci. 17:57-59.
17. Sirikesorn, L., W. Imsabai, S. Ketsa and W.G. van Doorn. 2013. Low temperature-induced water soaking of dendrobium inflorescences: relation with phospholipase D activity, thiobarbituric-acid-staining membrane degradation products, and membrane fatty acid composition. Post. Biol. Technol. 80:47-55.
18. Soleimani Aghdam, M. and S. Bodbodak. 2014. Postharvest heat treatment for mitigation of chilling injury in fruit and vegetable. Food Bioproc. 7:37- 53.

19. Soleimani Aghdam, M., R. Naderi, R. A. Askari Sarcheshmeh and M. Babalar. 2015. Amelioration of postharvest chilling injury in anthurium cut flowers by  $\gamma$ - 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  $\gamma$ -Aminobutyric acid treatment. Sci Hort. 198:52- 60.
- 21Song, H., X. Xu, H. Wang, H. Wang and Y. Tao. 2010. Exogenous  $\gamma$ -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  $\gamma$ -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.  $\gamma$ -Aminobutyric acid treatment reduces chilling injury and activates the defense response of peach fruit. Food Chem. 129:1619- 1622.

## **Effects of Postharvest $\gamma$ -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 Mavaloo<sup>1</sup>**

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).