مجله علمی ترویجی گل و گیاهان زینتی (۱۳۹۶)، ۲(۱): ۵۲-۷۰

رهیافت‌های مقابله با کاهش کیفیت گل‌های شاخه بریده بر اثر پیری

خرازی سیده مهدیه[1*]، باقری عبدالرضا[2]، تهرانی‌فر علی[3]

۱. گروه بیوتکنولوژی گیاهان زینتی جهاد دانشگاهی مشهد

۲. گروه بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳. گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* ma_kh230@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۰۸، تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۵/۰۹/۲۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲٤

چکیده

با وجود اینکه گل‌های شاخه بریده ارزش اقتصادی زیادی دارند، دارای قابلیت فسادپذیری بالایی هستند و معمولا عمر بسیار کوتاهی دارند. از این رو هر گونه تلاش برای طولانی کردن ماندگاری آنها با کنترل پیری با استفاده از دست‌ورزی‌های ژنتیکی و یا اعمال تیمارهای شیمیایی، می‌تواند در کاهش ضایعات پس از برداشت آنها موثر باشد. در طی فرایند پیری، میزان فتوسنتز کاهش و میزان تنفس افزایش می‌یابد. همچنین فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده نظیر پروتئازها افزایش می‌یابد. تخریب درشت مولکول‌های زیستی نظیر پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و لیپیدها نیز در طی فرایند پیری اتفاق می‌افتد. در بین تمامی عوامل تاثیرگذار بر فرایند پیری، تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و عوامل محیطی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. اتیلن به عنوان هورمون پیری در گیاهان شناخته شده است، درحالی که سیتوکنین‌ها فرایند پیری را در بسیاری از گونه‌های گیاهی به تعویق می‌اندازند. کاربرد بازدارنده‌های بیوسنتز اتیلن مانند آمینو اوکسی استیک اسید و یا بازدارنده‌های فعالیت آن مانند تیوسولفات نقره و ۱-متیل سیکلو پروپن طول عمر پس از برداشت گیاهان حساس به اتیلن را افزایش می‌دهد. خاموش نمودن ژن‌های مسیر بیوسنتز اتیلن از طریق روش‌های مهندسی ژنتیک نیز می‌تواند باعث افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده شود. عوامل محیطی مختلفی نظیر دما، نور و رطوبت نسبی بر فرایند پیری تاثیرگذار می‌باشند که در این بین، دما مهم‌ترین عامل محسوب می‌شود. در دمای پایین فعالیت‌های متابولیکی، شدت تنفس، مصرف کربوهیدرات‌ها و سایر مواد ذخیره‌ای در بافت گیاه کاهش می‌یابد. گل‌ها اتیلن کمتری تولید کرده و حساسیت به حضور اتیلن در اتمسفر محیط کاهش می‌یابد. همچنین از دست دادن آب بافت، رشد و گسترش میکرواورگانیسم‌ها با سرعت کمتری اتفاق می‌افتد. لذا توصیه می‌شود انبارداری و حمل و نقل محصولات زینتی در حداقل دمای ممکن صورت گیرد.

کلمات کلیدی: اتیلن، تنفس، دما، گل شاخه بریده، مهندسی ژنتیک.

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:41 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

مقدمه

صنعت تولید گل و گیاهان زینتی، با گردش مالی سالانه ده‌ها میلیارد دلار، صنعت رو به رشدی است که در این میان، اتحادیه اروپا، بزرگترین تولیدکننده و مصرف‌کننده محصولات زینتی در جهان می‌باشد (Chandler and Brugliera, 2011). در حال حاضر سهم ایران در تولید جهانی گل ۱/۲ درصد برآورد شده است. ولی میزان صادرات گل ایران بین ۲۰ تا ۳۰ میلیون دلار در سال برآورد می‌شود که هیچ تناسبی با ظرفیت‌های صادراتی و توانمندی‌های تولید این محصول در کشور ندارد (ادریسی، ۱۳۹۰). لذا به علت رقابت شدید در صنعت گل و گیاهان زینتی، توسعه تحقیقات در زمینه تولید محصولات جدید و همچنین بهبود کیفیت محصولات تولیدی امری ضروری است. کیفیت گیاهان زینتی گل‌دار عموما با میزان ماندگاری گل‌های آنها در نظر گرفته می‌شود که این عامل یک فاکتور بسیار مهم در آنالیز کیفی محصولات زینتی می‌باشد (Palma *et al.* 2011).

هدف از مطالعه فیزیولوژی پس از برداشت گل‌های شاخه بریده، درک روابط بیولوژیکی پیچیده در گیاه به منظور کاهش ضایعات محصولات در زنجیره تولید است. زیرا در طی دوره پس از برداشت، به علت وجود شرایط نامساعد از جمله شدت نور پایین، دمای نامناسب، رطوبت نسبی پایین، گیاه با شرایط تنش‌زا مواجه می‌شود (Wagstaff *et al.* 2010). تنش وارد شده عموما منجر به بروز تغییرات نامطلوبی در گیاه می‌گردد. از جمله این تغییرات می‌توان به پژمردگی، تغییر رنگ، ریزش بخش‌هایی از گیاه مانند گل، گلبرگ و جوانه اشاره نمود. از این رو درک روابط بیولوژیکی پیچیده گیاه همچون تنفس، تولید اتیلن، از دست دادن آب (تعرق)، تعادل هورمونی و فعالیت آنزیم‌های مرتبط با رنگ پریدگی گل و زردی برگ، جهت توسعه بخشیدن به استراتژی‌های فنی ممانعت از کاهش کیفیت ضروری است. لذا در سال‌های اخیر، مباحث مهمی از جمله اهمیت بیولوژیکی اتیلن در محصولات زینتی، مسیر سیگنال‌دهی آن در گیاه، روش‌های کاهش اثرات مخرب آن بر کیفیت محصولات زینتی بطور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است (Fischer 2012; Jiang 2012; Schaller 2012; Shibuya 2012; Fanourakis *et al.* 2013).

در واقع، وجود تفاوت بین شرایط پرورش گیاه و شرایط پس از برداشت، کیفیت محصولات برداشت شده را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. با این حال پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه ارتقاء فیزیولوژی پس از برداشت محصولات زینتی صورت گرفته است. چنین عملیاتی علاوه بر کاهش ضایعات، منجر به افزایش کیفیت محصول در طی دوره حمل و نقل، جابجایی، انبارداری و توزیع خواهد شد. با اجرای عملیات صحیح در دوره قبل از برداشت، می‌توان میزان ضایعات این محصولات را به میزان زیادی کاهش داد. در این بخش، عوامل موثر بر فرایند پیری و کاهش ماندگاری در محصولات زینتی مورد بررسی قرار گرفته است و راهکارهای مناسب جهت افزایش عمر پس از برداشت گل‌های شاخه بریده ارائه شده است.

تعریف فرایند پیری

پیری در گیاه یک فرایند تکاملی و برنامه‌ریزی شده می‌باشد که در نهایت منجر به مرگ یک اندام خاص و یا کل گیاه می‌شود. پیری آخرین مرحله تکاملی گیاه است و در بافت‌های مختلفی از جمله برگ، گلبرگ، اندام‌های زایشی (پرچم، خامه)، کلاهک ریشه، کورتکس و غیره مشاهده می‌شود. فرایند پیری شامل تغییرات ساختاری، بیوشیمیایی و مولکولی می‌باشد که تمام این تغییرات از نشانه‌های مرگ برنامه‌ریزی شده سلولی است. بطور کلی، اصطلاح پیری و مرگ سلولی برنامه‌ریزی شده هر دو دلالت بر ساز و

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

کارهایی دارند که باعث آغاز مرگ برنامه‌ریزی شده سلول‌های منفرد می‌شوند. بنابراین پیری می‌تواند به عنوان یکی از نمونه‌های مرگ سلولی تنظیم شده در نظر گرفته شود. در بین تمامی عوامل تاثیرگذار بر فرایند پیری، هورمون‌های گیاهی و عوامل محیطی نقش مهمی را ایفا می‌کنند (Paliyath *et al.* 2008). دلایل زیادی در خصوص آغاز پیری وجود دارد که از جمله آنها دخالت رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) و ایجاد تنش اکسیداتیو می‌باشد. بر این اساس، می‌توان اظهار نمود که پیری فرایندی اکسیداتیو می‌باشد که در آن ROS و سیستم آنتی‌اکسیدانی دخالت دارد (Buchanan-Wollaston 1997).

تغییرات مرتبط با پیری گل

با وجود ارزش بالای گل‌های شاخه بریده، این دسته از گیاهان دارای قابلیت فسادپذیری بالایی هستند. تنفس بالا و حساسیت به آسیب دیدگی، لزوم مراقبت‌های پس از برداشت را نشان می‌دهند. فرایند پیری گل‌ها با تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی همراه است. پژمردگی گلبرگ‌ها از رایج‌ترین علائم پیری محسوب می‌گردد. همچنین عدم باز شدن کامل گل و خم شدن گردن گل از جمله نشانه‌هایی است که در رابطه با برخی از گیاهان شاخه بریده نظیر رز مشاهده می‌گردد (Sood *et al.* 2006). از نشانه‌های متابولیکی پیری گلبرگ‌ها، کاهش میزان پروتئین آنها است. گزارش‌های متعددی در رابطه با کاهش میزان پروتئین در زمان پیری گل‌های میخک، گلایل، زنبق و آلسترومریا ارائه شده است. تجزیه پروتئین‌های بافت، نشانه‌ای از تخریب غشاء است که همزمان با پیری رخ می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهد که تیمار گل‌های زنبق با سیکلوهگزامید مانع از تجزیه پروتئین‌های گلبرگ شد و پیری آن را به تاخیر انداخت. در طی فرایند پیری، تخریب سایر درشت مولکول‌های زیستی نظیر نوکلئیک اسیدها و لیپیدها نیز اتفاق می‌افتد (Sultan & Farooq 1997).

یکی از نشانه‌های بیوشیمیایی پیری، تجمع پرولین می‌باشد. پرولین در سلول به عنوان یک ماده اسمزکننده عمل کرده و از آنزیم‌ها و برخی درشت مولکول‌ها در برابر تنش محافظت می‌کند. هنگامی‌که گیاه با تنش مواجه می‌شود، میزان پرولین سریع‌تر از سایر آمینو اسیدها افزایش می‌یابد. تجمع پرولین در مرحله پیری برگ‌ها در گیاه شیپوری گزارش شده است، درحالی‌که در رابطه با گل رز، افزایش میزان پرولین تنها در زمان پیری گلبرگ‌ها گزارش شده است (Kumar *et al.* 2008).

از علائم فیزیولوژیکی پیری، پراکسیده شدن لیپیدهای غشاء و تخریب آن، تحت تاثیر رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌باشد که در نتیجه این فرایند، میزان مالون‌دی‌آلدئید (MDA) افزایش می‌یابد (Shi *et al.* 2015). افزایش فعالیت آنزیم‌هایی نظیر لیپوکسی‌ژناز (LOX)، باعث افزایش سنتز مالون‌دی‌آلدئید در زمان پیری می‌گردد. از MDA به عنوان شاخص سن و مقاومت فیزیولوژیک استفاده می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد تولید MDA در گلبرگ داوودی، در مرحله پیری نسبت به مرحله غنچه گل بیشتر می‌باشد. همچنین در مرحله پیری، اعمال تنش‌های اکسیداتیو باعث افزایش سنتز مالون‌دی‌آلدئید در گلبرگ داوودی گردید (Chakrabarty *et al.* 2007). گزارش شده است که در بسیاری از گیاهان، کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و افزایش پراکسیده شدن لیپیدها سبب پیری برگ‌ها می‌شود (Ye *et al.* 2000). در طی فرایند پیری گلبرگ‌ها، افزایش رادیکال‌های آزاد باعث تخریب فسفولیپیدها و آزاد شدن اسیدهای چرب شده و به دنبال آن پراکسیده شدن صورت می‌گیرد که این امر باعث افزایش نفوذپذیری غشا می‌شود و در نهایت افزایش نفوذپذیری غشاء باعث از دست دادن بیشتر محتوای آب گلبرگ می‌شود. لذا اعمال تیمارهای مختلف جهت حفظ آب گلبرگ، نقش مهمی در جلوگیری از پیری آن دارد (Ezhilmathi *et al.* 2007).

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

تاثیر عوامل مختلف بر فرآیند پیری محصولات زینتی

فرآیند پیری توسط عوامل متعددی کنترل می‌شود که با دست ورزی هر کدام از این عوامل می‌توان فرایند پیری را تا حدودی کنترل نمود و از این طریق ماندگاری محصولات را افزایش داد (He *et al.* 2001). در ادامه به مهم‌ترین این عوامل اشاره شده است.

۱- ارقام و گونه‌های گیاهی

عمر پس از برداشت گل‌های شاخه بریده می‌تواند تحت تاثیر جنس، گونه و یا حتی رقم قرار گیرد. برخی از گیاهان مانند زنبق رشتی ماندگاری بسیار پایینی دارند، این در حالی است که ماندگاری بسیار بالایی در رابطه با برخی از جنس‌های ارکیده گزارش شده است. تولید گل‌های شاخه بریده با ماندگاری بالا یکی از اهداف برنامه‌های اصلاحی می‌باشد. دورگ‌گیری بین ارقام با ماندگاری بالا منجر به تولید گیاهانی می‌گردد که عمر پس از برداشت بالایی دارند. در لاین‌های اصلاح شده آلسترومریا، تفاوت بارزی از لحاظ زمان ریزش گل‌ها و زمان زرد شدن برگ‌ها مشاهده شد. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که عمر پس از برداشت ارقام مختلف آنتوریوم بین ۱٤ تا ٤۹ روز متغیر می‌باشد (Elibox & Umaharan 2008).

از لحاظ سایر ویژگی‌های پس از برداشت مانند میزان حساسیت به اتیلن، بین ارقام مختلف یک گونه نیز تفاوت‌هایی وجود دارد که این امر زمینه مناسبی را برای اجرای برنامه‌های اصلاحی در راستای افزایش ماندگاری و کاهش پیری القاء شده توسط اتیلن فراهم می‌کند. رزهای شاخه بریده‌ای که عمر پس از برداشت متفاوتی با یکدیگر دارند، از لحاظ ویژگی‌های مورفولوژیکی و آناتومیکی متعددی نیز با یکدیگر متفاوت هستند (Macnish *et al.* 2010).

۲- تنظیم کننده‌های رشد گیاهی

۲-۱- اتیلن

در بین انواع هورمون‌های گیاهی، اتیلن مهم‌ترین عامل تنظیم کننده فرآیند پیری در گیاه محسوب می‌شود و به عنوان هورمون محرک پیری در اکثر گیاهان شناخته می‌شود. در گیاهان فرازگرا، تنش باعث تحریک تولید هورمون اتیلن در گیاه می‌شود و در پی آن، افزایش میزان تولید اتیلن باعث کاهش کیفیت ظاهری گیاه می‌گردد. از سوی دیگر، حضور گاز اتیلن در محیط‌های بسته، کیفیت گیاه را نیز به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. لذا شناخت واکنش‌های بیوسنتزی اتیلن جهت کاهش میزان تولید آن، می‌تواند به ماندگاری محصولات زینتی کمک نماید (Morgan 2011).

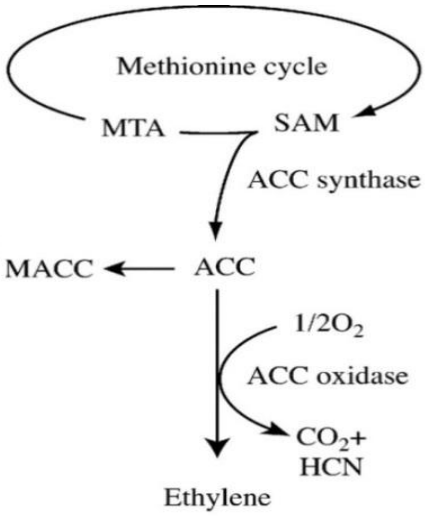
۲-۱-۱- مسیر بیوسنتز اتیلن

اتیلن طی مجموعه‌ای از واکنش‌ها از متیونین تولید می‌شود. متیونین به وسیله آنزیم آدنوزیل متیونین سنتاز (SAM سنتاز) به اس- آدنوزیل متیونین (SAM) تبدیل می‌شود. سپس SAM به وسیله آنزیم ACC سنتاز به ۱-آمینوسیکلوپروپان۱-کربوکسیلیک اسید (ACC) و ۵-متیل‌تیو آدنوزین (MTA) تبدیل می‌شود. MTA می‌تواند به متیونین بازیافت شود. ACC می‌تواند توسط آنزیم ACC- ان- مالونیل‌ترانس‌فراز به مالونیل ACC (MACC) تبدیل شود و یا اینکه بوسیله آنزیم ACC اکسیداز، اکسیده می‌شود تا اتیلن، دی‌اکسیدکربن و سیانید (HCN) تشکیل شود. HCN توسط آنزیم بتاسیانوآلانین سنتاز به بتاسیانوآلانین تبدیل شده تا مانع سمیت حاصل از تجمع سیانید در طی سنتز مقادیر بالای اتیلن شود. پس از سنتز اتیلن، این هورمون توسط گیرنده‌های اتیلن درک شده و پیام‌رسانی آن از طریق سیستم انتقال پیام، پاسخ‌های زیستی خاصی را پدید می‌آورد (شکل ۱) (Wang & Ecker 2002).

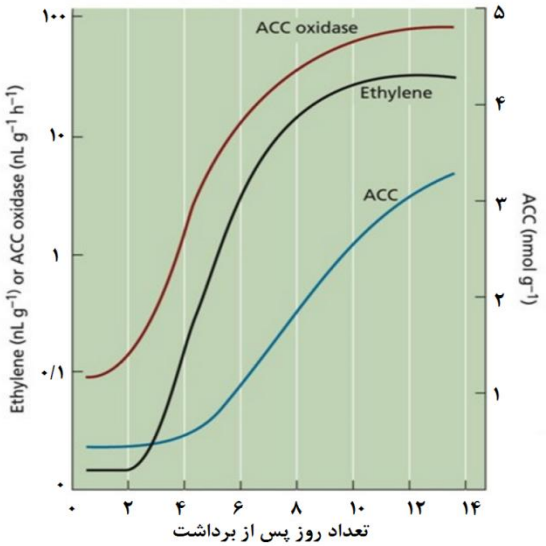
۲-۱-۲- حساسیت به اتیلن

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:41 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

در برخی از گل‌ها پیری با افزایش شدت و الگوی تنفسی همراه است. لذا بر اساس افزایش یا عدم افزایش تولید اتیلن در طی فرایند پیری، گل‌ها را به دو گروه فرازگرا و نافرازگرا تقسیم می‌کنند. در گل‌هایی نظیر میخک، اطلسی و میمون که الگوی تنفسی فرازگرا را از خود نشان می‌دهند، میزان اتیلن و دی‌اکسیدکربن با پیر شدن افزایش می‌یابد (شکل ۲).



شکل ۱- مسیر بیوسنتز اتیلن (اقتباس از Vriezen *et al.*, 2003).



شکل ۲- ارتباط بین اتیلن، ACC و آنزیم ACC oxidase در طی زمان پس از برداشت (اقتباس از Taiz & Zeiger, 2002).

اغلب گل‌های فرازگرا نسبت به اتیلن برون‌زا حساس می‌باشند و همزمان با افزایش تنفس، میزان اتیلن درونی آنها نیز افزایش می‌یابد. هرچند که ممکن است همیشه ارتباط نزدیک بین این دو وجود نداشته باشد. تولید اتیلن در زمان پیری گل‌های فرازگرا از نوع خودتنظیمی (اتوکاتالیتیک) می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد در گل‌های رز هنگامی که در مرحله غنچه می‌باشند، میزان تولید اتیلن اندک می‌باشد ولی به تدریج با باز شدن گلبرگ‌ها، میزان اتیلن افزایش می‌یابد و در گل‌های کاملا باز شده، همزمان با پیری میزان اتیلن به حداکثر می‌رسد. در گیاهان نافرازگرا همچون گلایل، لاله و زنبق معمولا افزایش تولید اتیلن و تنفس نقش مهمی در پیری گل ایفا نمی‌کند و کاربرد اتیلن خارجی روی فرایند پیری گل کم اثر و یا بی اثر است. البته در این گونه‌ها، اتیلن ممکن است اثرات شدیدتری بر روی دیگر بخش‌های گیاهی نظیر بنه‌ها و پیازها ایفا نماید (Whitehead *et al.* 1984). لذا با توجه به حساسیت بالای گیاهان فرازگرا به اتیلن، کاهش غلظت این هورمون جهت افزایش ماندگاری این دسته از محصولات ضروری به نظر می‌رسد. با روش‌های مختلفی می‌توان غلظت اتیلن را در گلخانه‌ها، اتاق‌های درجه‌بندی و انبار کاهش داد. عموما این روش‌ها شامل: جلوگیری از تماس با اتیلن، رفع اتیلن از اتمسفر اطراف و جلوگیری از تولید اتیلن و فعالیت آن می‌باشد.

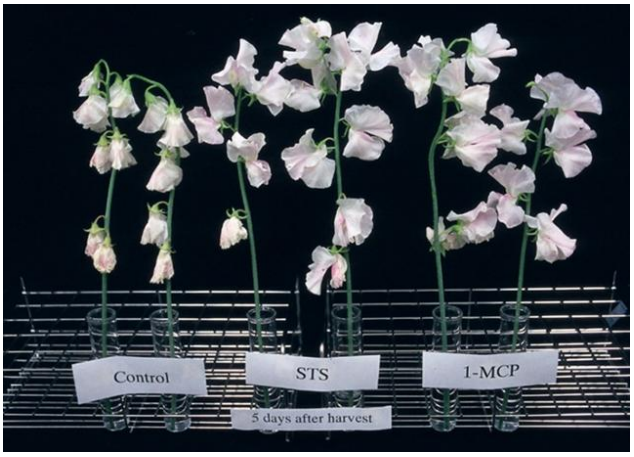
۲-۱-۳- بازدارنده‌های اتیلن

برای کاهش اثرات زیان بخش اتیلن از ترکیبات بازدارنده اتیلن استفاده می‌شود. بازدارنده‌های اتیلن شامل دو گروه بازدارنده‌های بیوسنتز اتیلن و بازدارنده‌های عمل اتیلن می‌باشند. آمینواوکسی استیک اسید (AOA[۱]) و آمینو اتوکسی وینیل گلایسین (AVG[۲]) از بازدارنده‌های بیوسنتز

[۱] aminooxyacetic acid
[۲] aminoethoxyvinylglycine

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

اتیلن می‌باشند. این دو ترکیب از تبدیل SAM به ACC جلوگیری نموده و با مختل نمودن عمل آنزیم ACC سنتاز، از تولید اتیلن جلوگیری می‌کنند. این ترکیبات معمولا گران می‌باشند و میزان حساسیت گیاه به اتیلن خارجی را تغییر نمی‌دهند. بنابراین در جلوگیری از اثرات اتیلن خارجی در طی انبار و حمل و نقل موثر نمی‌باشند. از بازدارنده‌های عمل اتیلن می‌توان به ترکیبات حاوی نقره نظیر نیترات نقره، نانوذرات نقره و تیوسولفات نقره (STS[۳]) اشاره نمود. امروزه به دلیل اثرات مخرب زیست محیطی این مواد، استفاده از آن در کشورهای اروپایی ممنوع شده است و کاربرد سایر روش‌های جایگزین پیشنهاد می‌شود. در سال‌های اخیر، ترکیبی به نام ۱- متیل سیکلوپروپن (1-MCP[۴]) جهت افزایش ماندگاری محصولات زینتی روانه بازار شده است. این ماده بازدارنده عمل اتیلن می‌باشد و با اشغال گیرنده‌های اتیلن مانع از اتصال این هورمون به گیرنده‌ها و تحریک آن‌ها می‌شود (Blankenship 2001). کاربرد ترکیبات بازدارنده اتیلن (STS و 1-MCP) در گیاه لوپن، باعث افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده لوپن گردید (شکل۳).



شکل۳- تاثیر تیمارهای 1-MCP و STS بر ماندگاری گل شاخه بریده لوپن (اقتباس از Ichimura *et al.*, 2002).

[۳] Silver thiosulfate
[۴] 1-Methylcyclopropene

کاربرد 1-MCP منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیداز دیسموتاز در گلبرگ‌های گیاه گلایل شد (Hassan & Ali 2014). همچنین تاثیرات مثبت 1-MCP بر کاهش اثرات زیان بار اتیلن بر گیاهان رز، میخک، ژربرا و ارکیده نیز گزارش شده است (Hansen *et al.* 2013; Song *et al.* 2014).

۲-۲- اسید آبسزیک

اسید آبسزیک نقش مهمی در فرایند پیری گل‌ها دارد. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد پس از مرحله برداشت گل شاخه بریده میخک، محتوای اسید آبسزیک درونی گیاه افزایش یافت و کاربرد برون‌زای اسید آبسزیک، تولید اسید آبسزیک درونی و به دنبال آن پیری را تحریک نمود. دو روز پس از افزایش میزان اسید آبسزیک درونی، میزان تولید اتیلن نیز افزایش یافت و کاربرد اسید آبسزیک خارجی، میزان تولید اتیلن را به شدت افزایش داد. کاربرد بازدارنده فعالیت اتیلن (تیوسولفات نقره) از پیری تحریک شده توسط اسید آبسزیک جلوگیری نمود. این نتایج نشان می‌دهد تاثیر اسید آبسزیک بر تنظیم فرایند پیری در گل میخک بواسطه تاثیر آن بر افزایش میزان تولید اتیلن می‌باشد (Onoue *et al.* 2000).

از سوی دیگر، هورمون اسید آبسزیک تاثیر مستقیمی در فرایند پیری گلبرگ‌ها در گیاه زنبق رشتی و گیاه کاکائو داشت. استعمال خارجی اسید آبسزیک و نه اتیلن، فرایند پیری را در این دو گونه گیاهی تسریع نمود. قبل از مشاهده علائم پیری در گیاه، میزان اسید آبسزیک درون‌زا نیز بطور چشم گیری افزایش یافت. آنالیز مولکولی با نشانگر AFLP در نمونه‌های RNA گیاه زنبق رشتی در گیاهان تیمار شده با اسید آبسزیک و گیاهان شاهد مشابه بود. کاربرد فلوریدان در گیاه کاکائو، بعنوان بازدارنده بیوسنتز اسید آبسزیک، سطوح درون‌زای اسید آبسزیک را کاهش داد و باعث افزایش طول عمر گل‌های کاکائو گردید. بنابراین در این دو

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

جنس، به نظر می‌رسد که اسید آبسزیک بطور مستقیم در تنظیم فرایند پیری دخیل می‌باشد (Panavas & Rubinstein 1998; Aneja *et al.* 1999).

در گیاهان غیر حساس به اتیلن، الگوی تنظیم فرایند پیری توسط اسید آبسزیک بخوبی مشخص نشده است. گیاه نرگس به کاربرد اتیلن برون‌زا واکنش نشان می‌دهد ولی فرایند طبیعی پیری در این گیاه وابسته به تولید اتیلن نمی‌باشد. مشخص گردیده است که اسید آبسزیک می‌تواند فرایند پیری را در گیاه نرگس تحریک نماید (Hunter *et al.* 2004). در گیاه میخک، تاثیر اسید آبسزیک از طریق افزایش تحریک تولید اتیلن می‌باشد. قبل از شروع فرایند پیری، غلظت اسید آبسزیک درونی در گلبرگ‌های میخک افزایش یافت، ولی از آنجایی که افزایش در میزان بیان ژن‌های مرتبط با پیری قبل از افزایش میزان اسید آبسزیک بود، لذا مشخص می‌گردد که تغییر در محتوای اسید آبسزیک درونی، اولین تنظیم کننده فرایند پیری نمی‌باشد (Onoue *et al.* 2000).

۲-۳- سیتوکنین

درحالی که اتیلن و اسید آبسزیک فرایند پیری گلبرگ‌ها را تسریع می‌نمایند، سیتوکنین که به عنوان هورمون تاخیر دهنده پیری برگ‌ها شناخته شده است، در تعداد زیادی از گیاهان زینتی مهم نظیر رز، میخک، نرگس و داوودی فرایند پیری گلبرگ‌ها را نیز به تعویق می‌اندازد. گلبرگ‌های جوان گیاه میخک در مقایسه با گلبرگ‌های مسن، از محتوای سیتوکنین بالاتری برخوردار می‌باشند. همچنین ماندگاری ارقام مختلف رز در ارتباط با محتوای سیتوکنین درون‌زای آنها گزارش شده است. کاربرد سیتوکنین‌ها می‌تواند فرایند پیری را در بسیاری از گیاهان به تاخیر اندازد. البته میزان تاثیر آن بستگی به نوع سیتوکنین مورد استفاده، جنس گیاه و مرحله رشدی گیاه دارد (Taverner *et al.* 1999).

سیتوکنین‌ها می‌توانند اثرات تسریع کنندگی اسید آبسزیک را در پیری خنثی کنند. علاوه بر این می‌توانند سطوح درون‌زای اسید آبسزیک را نیز کاهش دهند. همچنین مشخص شده است که تاثیر سیتوکنین‌ها در به تعویق انداختن پیری به علت ایجاد تغییر در مسیر سیگنال‌دهی اتیلن می‌باشد. کاربرد سیتوکنین برون‌زا در گلبرگ گیاهان اطلسی و میخک، میزان حساسیت آنها به اتیلن و همچنین میزان تولید اتیلن درون‌زای آنها را تغییر داد (Cook *et al.* 1985; Chang *et al.* 2003). تحقیقات دیگر نیز اثرات متقابل اتیلن و سیتوکنین را به خوبی مشخص می‌کنند. در طی فرایند پیری در گلبرگ اطلسی، اتیلن باعث سرعت بخشیدن به فرآیند تجزیه سیتوکنین می‌شود و از این طریق فرایند پیری تسریع می‌گردد (Taverner *et al.* 1999).

۲-۴- جیبرلین

همانند سیتوکنین، جیبرلین‌ها نیز فرایند پیری را در بسیاری از گیاهان زینتی نظیر میخک، نرگس، رز به تعویق می‌اندازند. در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی نظیر جوانه‌زنی بذور، مرگ برنامه‌ریزی شده سلول‌های لایه آلورون و بیوسنتز آنتوسیانین در گلبرگ اطلسی، جیبرلین‌ها به عنوان آنتاگونیست طبیعی اسید آبسزیک عمل می‌کنند (Weiss *et al.* 1995; Fath *et al.* 2000). چنین به نظر می‌رسد که جیبرلین‌ها از طریق خنثی نمودن فعالیت اسید آبسزیک، پیری گل‌ها را به تاخیر می‌اندازند (Hunter *et al.* 2004). با این حال شواهد اندکی مبنی بر ارتباط مستقیم جیبرلین‌ها بر تنظیم فرایند پیری موجود است.

۲-۵- اکسین

شواهد نشان می‌دهد که اکسین‌ها در آغاز فرایند پیری دخیل می‌باشند و تولید اتیلن را تحریک می‌نمایند و از این طریق فرایند پیری را در برخی از گیاهان حساس به اتیلن نظیر ارکیده و میخک تسریع می‌کنند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که دانه گرده حاوی اکسین می‌باشد. در طی فرایند گرده افشانی، اکسین بعنوان سیگنال اولیه در این فرایند

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

دخیل می‌باشد و تولید اتیلن را تحریک می‌نماید و از این طریق فرایند پیری گلبرگ‌ها را تسریع می‌کند. با این حال کاربرد اکسین برون‌زا در گیاه زنبق رشتی، فرایند پیری گلبرگ‌ها را به تعویق انداخت. این شواهد نشان می‌دهد که در گیاهان غیر حساس به اتیلن، اکسین می‌تواند نقش متفاوتی را ایفا نماید (Rubinstein 2000).

۲-٦- اسید جاسمونیک

اسید جاسمونیک یک تنظیم کننده مهم در پاسخ‌های دفاعی گیاه محسوب می‌شود. شواهد نشان می‌دهد که افزایش بیوسنتز این هورمون در فرایند پیری برگ‌ها موثر می‌باشد (He *et al.* 2002). با این حال اطلاعات اندکی مبنی بر تاثیر این هورمون بر فرایند پیری گلبرگ‌ها وجود دارد. مطالعات بر روی گیاهان ارکیده و اطلسی نشان می‌دهد که کاربرد برون‌زای اسید جاسمونیک از طریق تحریک تولید اتیلن، فرایند پیری گلبرگ‌ها را تسریع می‌نماید. اسید لینولنیک به عنوان پیش‌ساز اسید جاسمونیک و سوبسترای آنزیم لیپواکسیژناز (LOX)، میزان تولید اتیلن و به دنبال آن فرایند پیری را در گلبرگ‌های ارکیده تحریک نمود. با این حال شواهد به دست آمده نشان می‌دهد که اسید جاسمونیک نقش مستقیمی در فرایند پیری گلبرگ‌ها ندارد. کاربرد بازدارنده‌های آنزیم لیپواکسیژناز، فرایند پیری را در گل‌های تلقیح شده ارکیده به تعویق انداخت و پس از مرحله گرده افشانی، تغییری در محتوای اسید جاسمونیک گل‌ها مشاهده نشد (Porat *et al.* 1995).

بسیاری از اثرات فیزیولوژیک متیل جاسمونات نظیر بسته شدن روزنه‌ها و تحریک به ریزش برگ‌ها، مشابه آبسزیک اسید می‌باشد. جاسمونیک اسید بر روی ژن‌های کدکننده اسید آبسزیک تاثیرگذار است. این ماده یک حالت هم‌افزایی با اسید آبسزیک دارد. تیمار متیل جاسمونات سبب افزایش میزان ACS و افزایش فعالیت ACO می‌شود که این دو آنزیم سبب افزایش سنتز اتیلن می‌شوند. از سوی دیگر، متیل جاسمونات، تراوش SAM (ماده ضروری جهت ساخت اتیلن) را افزایش می‌دهد. بنابراین این احتمال وجود دارد که اثر تسریع کنندگی متیل جاسمونات بر فرایند پیری، ناشی از توانایی آن در تولید اتیلن باشد. علائم پیری القاء شده به وسیله متیل جاسمونات می‌تواند به راحتی به وسیله هورمون سیتوکنین بازگردانده شود (Parthier 1990).

۳- سایر ترکیبات

۳-۱- پلی‌آمین‌ها

اس- آدنوزیل متیونین (SAM) که منبع اصلی تولید اتیلن می‌باشد، به عنوان پیش‌ساز بیوسنتز پلی‌آمین‌ها نیز به کار می‌رود. بنابراین بیوسنتز اتیلن و پلی‌آمین‌ها در تقابل با یکدیگر می‌باشد (Pandey *et al.* 2000). گزارش شده است که استعمال پلی‌آمین‌ها پژمردگی گلبرگ‌ها را به تاخیر می‌اندازد (Rubinstein 2000). کاربرد اسپرمین باعث کاهش میزان تولید اتیلن و ACC و کاهش فعالیت آنزیم‌های ACO و ACS در گلبرگ میخک می‌گردد و به دنبال آن ماندگاری گل شاخه بریده میخک افزایش می‌یابد. کاربرد متیل‌گلی‌اکسال بیس-گوانیل هیدرازون (MGBG)، به عنوان بازدارنده بیوسنتز پلی‌آمین‌ها، میزان تولید اتیلن را افزایش می‌دهد و منجر به تسریع پژمردگی گلبرگ‌ها می‌گردد. با این حال نتایج متناقضی نیز در رابطه با تاثیر پلی‌آمین‌ها بر فرایند پیری گزارش شده است. در گیاه نخود، کاربرد برون‌زای پلی‌آمین میزان تولید اتیلن را در برگ‌ها تحریک نمود. همچنین در رابطه با گیاهان میخکی که در مراحل پایانی رشد خود بودند، سطوح بالایی از پوترسین آزاد مشاهده گردید. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که میزان اسپرمیدین و پوترسین در طی مراحل پیری گل‌های گیاه نخود کاهش می‌یابد ولی سطوح درون‌زای اسپرمین و پلی‌آمین الحاقی N4- هگزانول اسپرمیدین (Hexanoyl-spd) افزایش می‌یابد. این شواهد نشان می‌دهد که

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:41 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

پلی‌آمین‌های مختلف، نقش‌های بیولوژیکی متفاوتی را در گیاه ایفا می‌کنند (Perez-Amador *et al.* 1996).

تحقیقات نشان می‌دهد که کاربرد پوترسین باعث افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده لیسیانتوس می‌گردد که این امر با کاهش نشت یونی و محتوای مالوندی‌آلدئید همراه است. در گیاهان تیمار شده، فعالیت آنزیم لیپوکسی‌ژناز کاهش و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز افزایش یافت. کاربرد پوترسین می‌تواند نفوذپذیری غشاء را از طریق افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی حفظ کند و در نتیجه فرایند پیری را در گل شاخه بریده لیسیانتوس به تاخیر بیاندازد (Ataii *et al.* 2015).

پلی‌آمین‌ها در ایجاد پاسخ دفاعی در گیاه نیز نقش دارند. در گیاه توتون، کاربرد برون‌زای اسپرمین باعث بیان پروتئین‌های مرتبط با بیماریزایی (PR) و باعث القاء مقاومت به ویروس موزاییک توتون گردید که این شواهد نشان می‌دهد اسپرمین در القاء حساسیت سلول به فرایند مرگ سلولی نقش دارد. پروتئینHIN1 و دو پروتئین مرتبط دیگر با نام‌های HIN9 و HIN18 به عنوان فاکتورهای سیگنال‌دهی مسیر بیوسنتز اسپرمین شناخته شده‌اند. با آغاز فرایند پیری گلبرگ‌ها، میزان رونوشت HIN1 افزایش می‌یابد. این نتایج متناقض با تصور کلی در رابطه با تاثیر مثبت پلی‌آمین‌ها در به تاخیر انداختن فرایند پیری می‌باشد. بنابراین انجام تحقیقات بیشتری در زمینه تغییرات میزان پلی‌آمین‌ها در طی فرایند پیری و تاثیر پلی‌آمین‌های مختلف بر افزایش ماندگاری گلبرگ‌های گیاه توتون مورد نیاز است (Takahashi *et al.* 2004).

۳-۲- ساکارز

کربوهیدرات‌ها نه تنها به عنوان منبع انرژی اولیه در گیاهان مطرح می‌باشند، بلکه به عنوان مولکول‌های انتقال سیگنال نیز شناخته شده‌اند (Gibson 2004). در طی مراحل رشدی گیاه، تغییر روابط منبع و مخزن روی می‌دهد که به عنوان عامل مهمی در فرایند پیری برگ‌ها نقش دارد (Roitsch & González 2004). کاهش میزان فتوسنتز، پیری برگ‌ها را تسریع می‌نماید و کمبود قند به عنوان یکی از عوامل پیری برگ‌ها شناخته شده است. همچنین تحقیقات نشان می‌دهد که کمبود کربوهیدرات باعث بروز علائم نکروزه و سیاه شدگی برگ‌ها در گل شاخه بریده شکرپاره (Protea) می‌شود. از سوی دیگر، مشخص شده است که میزان بالای کربوهیدرات، پیری برگ‌ها را تسریع می‌کند (van Doorn 2004). بطوری‌که بیش بیانی ژن هگزوکیناز (گیرنده کربوهیدرات) در گیاه منجر به تسریع پیری برگ‌ها گردید، در حالی که با کاهش بیان آن، پیری برگ‌ها به تاخیر افتاد (Moore *et al.* 2003). در بسیاری از موارد، کاربرد برون‌زای کربوهیدرات باعث افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده می‌گردد که نشان می‌دهد کمبود کربوهیدرات می‌تواند عامل پژمردگی گلبرگ‌ها باشد. با این حال، اثرات ایجاد شده توسط کربوهیدرات، به علت کاهش حساسیت گیاه به اتیلن و یا بهبود جذب آب از طریق افزایش پتانسیل اسمزی و در نتیجه به تعویق انداختن پیری می‌باشد. استفاده از کربوهیدرات، علاوه بر تامین کربن و تاثیرات اسمزی، می‌تواند اثرات متقابلی نیز با سیگنال‌های هورمونی داشته باشد. کاربرد کربوهیدرات، حساسیت گلبرگ‌های میخک را به اتیلن کاهش می‌دهد. ولی محققان بر این عقیده‌اند که تحقیقات بیشتری در این زمینه مورد نیاز است تا چگونگی به تعویق افتادن پژمردگی گلبرگ‌ها با کاربرد کربوهیدرات مشخص شود (van Doorn 2004).

افزودن ساکارز به محلول گلجای گیاه فلوکس علاوه بر بهبود رنگ گل‌ها، افزایش عمر پس از برداشت و تاخیر در ریزش گل‌ها را به همراه دارد که به اثر ضد اتیلنی ساکارز نسبت داده می‌شود. ساکارز با کاهش تجزیه پروتئین و اسید ریبونوکلئیک، حفظ سلامت غشاء و وظایف میتوکندری، فرایند پیری را به تعویق می‌اندازد. همچنین ساکارز اثر سیتوکنین‌ها را در به تاخیر انداختن پیری گل‌ها افزایش داده

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

و اثر اتیلن را در تحریک پیری کاهش می‌دهد (Verlinden & Garcia 2004). مشخص شده است که کاربرد ساکارز، اثرات اسید آبسزیک را در تحریک فرایند پیری کاهش می‌دهد. این ماده قندی، آغاز تولید اتیلن را در گلبرگ‌های میخک به تعویق انداخته و از این طریق باعث افزایش ماندگاری می‌شود. تغذیه گل‌های شاخه بریده میخک رقم باربارا با غلظت‌های مختلف ساکارز نشان می‌دهد که اثر ساکارز بر ماندگاری گل با تاخیر در اوج فرازگرای اتیلن در بافت گلبرگ رابطه دارد. این امر نشان‌دهنده آن است که ساکارز با جلوگیری از فعالیت ACC اکسیداز از تولید اتیلن فرازگرا ممانعت می‌کند (Pun *et al.* 2003).

۳-۳- سالیسیلیک اسید

اثرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سالیسیلیک اسید در کاهش فرایند پیری در گیاهان متعددی گزارش شده است. بطور کلی سالیسیلات‌ها با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی پیری را در گل‌ها به تعویق می‌اندازند (Armitage 1993). تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از ۵-سولفوسالیسیلیک اسید (5-SSA) باعث کاهش فعالیت آنزیم لیپوکسی‌ژناز و در نتیجه کاهش پراکسیداسیون لیپیدها می‌شود. همچنین با کاربرد این ماده پایداری غشاء، میزان پروتئین‌های محلول و فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز (SOD) و کاتالاز افزایش می‌یابد. 5-SSA از طریق سرکوب فعالیت رادیکال‌های آزاد (ROS)، باعث افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده گلایل می‌شود. مشخص شده است سالیسیلیک اسید با کاهش فعالیت آنزیم ACC اکسیداز و ممانعت از تبدیل ACC به اتیلن، از فرایند پیری ممانعت می‌نماید (Leslie & Romani 1988).

۳-٤- اکسید نیتریک

اکسید نیتریک (NO) یک گاز نسبتا پایدار و یک رادیکال آزاد بسیار واکنشگر است. مطالعات نشان می‌دهد اکسید نیتریک به میزان زیادی بیوسنتز اتیلن را از طریق غیرفعال کردن اکسیداتیوی کوفاکتورهای آنزیم‌های ACC سنتاز و ACC اکسیداز، کاهش می‌دهد و باعث افزایش ماندگاری برخی از گل‌های شاخه بریده می‌شود. تیمار گل‌های شاخه بریده میخک با PBN (ان-بوتیل-آلفا-فنیل نیترون) و Sin-1 (۳-موفولینوزیل-نونی‌مین) به عنوان منبع اکسید نیتریک، فرایند پیری را به تاخیر می‌اندازد. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد اکسیدنیتریک از تبدیل ACC به اتیلن جلوگیری می‌کند. ترکیبات DETA/NO (۲،۲-هیدروکسی نیتروزوهیدرازینو-بی‌ستانامین)، SNP (سدیم نیتروپروساید) و SNAD (اس-نیتروز-ان-استیل پنی سیلامین) از مواد آزادکننده اکسید نیتریک در محلول هستند. کاربرد DETA/NO با غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر، باعث افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده میخک و ژربرا می‌گردد. گزارش شده است که استعمال DETA/NO در به تاخیر انداختن بیماری پوسیدگی ساقه، کاهش رشد قارچ‌ها و حفظ بهتر رنگ گل موثر می‌باشد و در نتیجه باعث افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده می‌گردد (Wills & Bowyer, 2002). تحقیقات نشان می‌دهد که اکسید نیتریک به عنوان یک عامل آنتاگونیست در مقابل اتیلن، در فرایند پیری گل رز عمل می‌کند و افزایش عمر پس از برداشت آن را سبب می‌گردد (Liao *et al.* 2013).

۳-۵- الکل‌ها

مطالعات نشان می‌دهد که تاثیر الکل‌ها بر ماندگاری گل‌های مختلف، به نوع الکل مصرفی، غلظت و نحوه کاربرد الکل (مداوم و یا کوتاه مدت) بستگی دارد. گزارش شده است که اتانول از تبدیل ACC به اتیلن در گیاه میخک جلوگیری می‌کند و همچنین تشکیل ACC را متوقف می‌سازد و از این طریق باعث توقف بیوسنتز اتیلن می‌گردد. افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده ژربرا، آلسترومریا، میخک، لیسیانتوس و داوودی با کاربرد الکل‌های مختلفی گزارش شده است. شواهد نشان می‌دهد که استالدهید با جلوگیری

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:41 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

از تولید اتیلن و یا کاهش حساسیت به اتیلن باعث افزایش ماندگاری میخک‌های شاخه بریده می‌شوند. در مطالعه‌ای که بر ماندگاری گل‌های شاخه بریده میخک، مشخص گردید که تیمار گل‌ها با اتانول ۸ ٪، منجر به افزایش دو برابری ماندگاری گل‌ها در مقایسه با تیمار شاهد شد. در اثر کاربرد اتانول، کاهش تولید اتیلن و کاهش حساسیت به اتیلن خارجی و همچنین کاهش در میزان آنزیم‌های EFE[°] گزارش شده است. علاوه بر این یکی دیگر از مکانیزمهای تاثیر اتانول در افزایش ماندگاری میخک، به علت نقش موثر آن در جلوگیری از توسعه تخمدان می‌باشد. در این خصوص گزارشات بیانگر این است که اتیلن در میخک ابتدا در مادگی تولید می‌شود و اتانول نیز از توسعه تخمدان در میخک جلوگیری می‌کند و از این طریق باعث کاهش تولید اتیلن می‌گردد (Pun *et al.* 2001).

حضور میکرواورگانیسم‌ها در محلول گل‌جای می‌تواند باعث مسدود شدن فیزیکی آوندهای گل‌های شاخه بریده شوند. اتانول به عنوان یک ضدعفونی کننده در بهبود هدایت آب و کاهش انسداد آوندی عمل می‌کند. از سوی دیگر، اتانول با ممانعت از انتقال کربوهیدرات‌ها از گلبرگ به تخمدان باعث می‌شود کربوهیدرات تنفسی در گلبرگ باقی بماند و برای متابولیسم گلبرگ مورد استفاده قرار گیرد (Farokhzad *et al.* 2005).

٤-عوامل محیطی

٤-١- دما

دمای محیط یکی از مهمترین عوامل موثر در کیفیت گل‌های شاخه بریده می‌باشد. شدت تنفس در گل‌های شاخه بریده بسیار بالا می‌باشد و تحت تاثیر دما شدیدا افزایش می‌یابد. میزان Q10 در گل‌های شاخه بریده بین ۷- ۱/۵ می‌باشد. با افزایش دما، میزان تعرق افزایش می‌یابد و حجم زیادی از ذخایر غذایی مصرف می‌شود. کاهش آب و به دنبال آن پژمردگی اتفاق می‌افتد و فرآیند پیری تسریع می‌گردد. به عبارت دیگر دمای پایین یکی از بهترین تیمارها جهت کاهش تمامی فعالیت‌های فیزیولوژیکی و تخریب‌های پاتولوژیکی می‌باشد. در دمای پایین فعالیت‌های متابولیکی، شدت تنفس، مصرف کربوهیدرات‌ها و سایر مواد ذخیره‌ای در بافت گیاه، تجزیه برخی از آنزیم‌ها کاهش می‌یابد. گل‌ها اتیلن کمتری تولید کرده و حساسیت به حضور اتیلن در اتمسفر محیط کاهش می‌یابد. علاوه بر این در دمای پایین، از دست دادن آب بافت، رشد و گسترش میکرواورگانیسم‌ها با سرعت کمتری اتفاق می‌افتد.

دمای مناسب برای نگهداری گل‌های شاخه بریده، بر اساس نوع، گونه گیاهی و مرحله نموی گیاه متفاوت می‌باشد. نگهداری گل‌های شاخه بریده مناطق گرمسیری در دمای خیلی پایین منجر به رنگ پریدگی و عدم توانایی غنچه برای باز شدن پس از انبار و ایجاد لکه‌های قهوه‌ای بر روی برگ‌ها و گلبرگ‌ها می‌شود. گزارش شده است که نگهداری گل‌های شاخه بریده لیلیوم در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش ماندگاری آنها می‌گردد. در پژوهشی دیگر، دمای ۱/۵ درجه سانتی گراد، بهترین دما برای نگهداری گل‌های شاخه بریده داوودی معرفی گردیده است (da Silva Vieira *et al.* 2012).

٤-٢- نور

در مرحله پس از برداشت، نور تاثیر چندانی در ماندگاری گل‌های شاخه بریده انبار شده ندارد. کمبود نور در طول حمل و نقل در مسافت‌های طولانی، زرد شدن برگ را در داوودی، گلایل، کوکب و سایر گل‌ها تشدید می‌کند. گل‌ها پس از برداشت غالباً تحت شرایط شدت نور پایین یا نسبتاً تاریک، انبار و حمل می‌شوند. با این حال جهت باز شدن گل‌های شاخه بریده در مرحله غنچه، شدت نور بالا مورد نیاز است. به طور کلی حضور یا عدم حضور نور در طول انبار مشکل ساز نمی‌باشد، به جز مواردی که علائم زردی

[°] Ethylene-forming enzyme

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

برگ در شرایط شدت نور پایین رخ می‌دهد. انبارداری در دمای بالا و شرایط تاریکی منجر به زرد شدن برگ‌های ارقام خاصی از داوودی، آلسترومریا و مارگریت می‌شود (Jiang 2012).

۴-۳- رطوبت نسبی

رطوبت نسبی موجود در انبار، تعرق گل‌های شاخه بریده را شدیداً تحت تاثیر قرار می‌دهد. گل‌های شاخه بریده دارای مقدار قابل توجهی آب می‌باشند و اگر بعد از برداشت در شرایط رطوبت پایین قرار گیرند، به آسانی آب خود را از دست می‌دهند و وزن آنها کاهش می‌یابد. گل‌هایی که وزن تر آنها ۱۵-۱۰٪ کاهش یابد، غالبا پژمرده می‌شوند. کنترل دقیق دما در طی انبارداری نیز به حفظ رطوبت بافت کمک می‌کند. به طور کلی بهترین شرایط برای انبارداری پس از برداشت، رطوبت بالای محیط، دمای پایین و جریان ملایم هوا می‌باشد. عمر پس از برداشت گل‌های مریم در انبار مرطوب نسبت به انبار خشک، بیشتر می‌باشد (Cevallos & Reid 2001). رابطه همبستگی مثبتی نیز بین رطوبت نسبی انبار و ماندگاری گل شاخه بریده رز مشاهده گردید. در واقع شرایط با رطوبت نسبی بالا، منجر به افزایش شیب بخار هوا در اطراف روزنه‌ها می‌گردد و در نتیجه از دست دادن رطوبت را کاهش می‌دهد (In *et al.* 2016).

۴-۴- تغذیه

در مقایسه با سایر عوامل تاثیرگذار بر ماندگاری گل‌های شاخه بریده، تغذیه با مواد معدنی نقش کمتری را ایفا می‌کند. با این حال چنانچه گیاهان در طی پرورش در گلخانه با کمبود مواد مغذی مواجه شوند، کیفیت آنها در مرحله پس از برداشت تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. کمبود برخی از عناصر غذایی نظیر ازت، آهن، منگنز و منیزیم باعث کاهش میزان کلروفیل و فتوسنتز می‌شود و در نتیجه باعث کاهش مقدار کربوهیدرات‌ها در گل می‌گردد. کمبود کلسیم، پتاسیم و بور، ماندگاری گل‌های شاخه بریده میخک را کاهش می‌دهد. استفاده از کلسیم باز شدن غنچه‌های میخک را تسریع می‌کند و فرایند پیری را به تاخیر می‌اندازد. کمبود کلسیم باعث واژگونی گل‌های لاله در مرحله پس از برداشت می‌شود. رنگ مایل به سیاه در گلبرگ‌های رز قرمز نیز با کمبود کلسیم و بور در ارتباط می‌باشد. ازت زیاد دوام گل‌های بریده را کاهش می‌دهد و حساسیت آنها را به کپک خاکستری افزایش می‌دهد. شوری بالا و وجود مقادیر زیاد کلر در بستر رشد، باعث تسریع پیری و کاهش ماندگاری گل‌ها می‌گردد. گزارش شده است که افزایش سطوح کلسیم نسبت به پتاسیم باعث افزایش ماندگاری گل در گیاهان رز گلدانی می‌گردد (Mortensen *et al.* 2001). کاربرد کلسیم در مرحله قبل از برداشت، تاثیری در به تاخیر انداختن پیری گلبرگ در گیاه لوپن ندارد. با این حال استفاده از آن در ترکیب محلول نگهدارنده تاثیرات مثبتی را افزایش ماندگاری آن در پی دارد (Picchioni *et al.* 2002). در مرحله پس از برداشت، برش انتهای ساقه، از انسداد آوندی و ایجاد حباب هوا (آمبولی) جلوگیری می‌نماید که به جذب بهتر آب کمک می‌کند (Yamane, 2015).

۵- گرده افشانی

تحقیقات نشان می‌دهد که خودگرده افشانی باعث فعال نمودن واکنش‌های تکاملی گیاه می‌گردد که در نهایت منجر به تولید مثل، رشد تخمدان، تغییر رنگ و فرایند پیری گلبرگ می‌گردد. رخداد واکنش‌های پس از گرده افشانی، باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده و در نتیجه تخریب درشت مولکول‌ها می‌گردد. در اکثر گیاهانی که فرایند پیری توسط گرده افشانی تحریک می‌گردد، حساسیت به اتیلن نیز گزارش شده است. سیگنال گرده افشانی ابتدا توسط کلاله دریافت می‌گردد ولی فرایندهای تکاملی متعاقب آن نظیر پیری گلبرگ در اندام گل صورت می‌گیرد. این شواهد نشان می‌دهد که سیگنال هایی بین اجزای

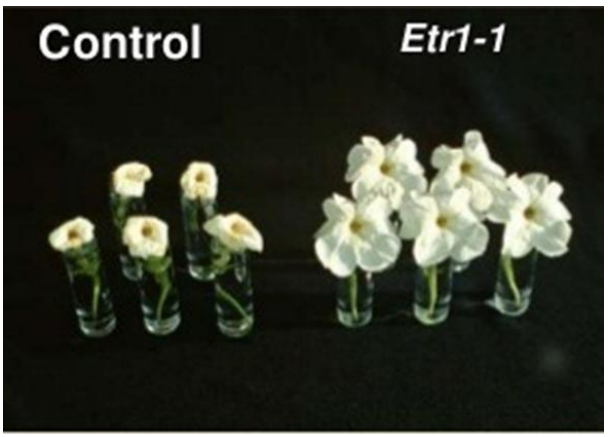
[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:41 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

مختلف گل منتقل می‌گردند که انتقال آنها باعث بیان ژن‌های بیوسنتز اتیلن و انتقال هورمون‌ها و پیش‌سازهای آنها در اندام گل می‌گردد. در گیاه میخک، تماس دانه گرده با کلاله باعث آغاز انتقال سیگنال گرده افشانی می‌گردد. در این گیاه، بدون در نظر گرفتن سازگاری یا ناسازگاری دانه گرده، افزایش میزان اتیلن اتفاق می‌افتد که این امر احتمالا به علت حضور ACC داخلی در دانه گرده می‌باشد. با این حال فرایند پیری زمانی اتفاق می‌افتد که دانه گرده با کلاله سازگار باشد. در طی گرده افشانی، بیان ژن‌های ACC سنتاز در کلاله افزایش می‌یابد. علاوه بر افزایش تولید اتیلن، افزایش حساسیت به اتیلن نیز پس از مرحله گرده افشانی مشاهده می‌شود. بر خلاف آنچه که در گیاه میخک گزارش شده است، در گیاه اطلسی افزایش بیان ژن‌های ACC در کلاله و انتقال آن صورت نمی‌گیرد (Bui & O'Neill 1998).

راهکارهای مهندسی ژنتیک در افزایش ماندگاری گیاهان زینتی

افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده با استفاده از روش‌های نوین مهندسی ژنتیک طی پژوهش‌های متعددی گزارش شده است. در این میان، هورمون‌های گیاهی نقش کلیدی در کنترل فرآیند پیری ایفا می‌کنند. ژن‌های مرتبط با پیری (*SAG*) که آنزیم‌ها و فاکتورهای رونویسی این مسیر را کدگذاری می‌کنند، توسط هورمون‌هایی نظیر اتیلن، اسید آبسزیک، جاسمونیک اسید بیانشان افزایش می‌یابد، درحالی که سیتوکنین‌ها موجب کاهش بیان آن‌ها و به تاخیر انداختن مرحله پیری در گیاه می‌شوند.

نقش اتیلن در فرآیند پیری گل‌ها نیز از طریق تغییرات ژنتیکی در مسیر سیگنال‌دهی اتیلن مورد بررسی قرار گرفته است. انتقال ژن جهش یافته گیرنده اتیلن *etr1* از گیاه آرابیدوپسیس به اطلسی باعث کاهش حساسیت به اتیلن گردید و گیاهان تراریخته ماندگاری بیشتری را از خود نشان دادند (شکل ٤). همچنین خاموشی ژن *EIN2* موجب کاهش حساسیت گیاهان تراریخته به اتیلن گردید و فرآیند پیری به تاخیر افتاد (Shibuya *et al.* 2004). در رابطه با گیاه داوودی نیز انتقال ژن جهش یافته گیرنده اتیلن *etr1-4* باعث کاهش حساسیت به اتیلن گردید (Satoh *et al.* 2005).



شکل ٤- کاهش حساسیت به اتیلن در گیاه اطلسی از طریق انتقال ژن جهش‌یافته گیرنده اتیلن *etr1*
(اقتباس از Wilkinson *et al.*, 1997).

در گیاهان میخک و اطلسی، میزان رونوشت ACS و ACO به میزان تولید اتیلن درون‌زا و همچنین کاربرد اتیلن برون‌زا بستگی دارد. اولین تلاش‌ها در زمینه تولید گیاهان تراریخته جهت افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده، بر روی میخک صورت گرفت که استفاده از روش آنتی‌سنس منجر به کاهش فعالیت آنزیم ACO و افزایش ماندگاری شد. همچنین خاموشی ژن آنزیم تشکیل دهنده اتیلن (*EFE*) موجب افزایش ماندگاری میخک‌های شاخه بریده گردید. در گیاه اطلسی نیز از طریق خاموشی ژن *ACO* فرآیند پیری به تعویق افتاد (Chen *et al.* 2003).

گیرنده‌های اتیلن و ژن‌های پایین دست مسیر انتقال سیگنال اتیلن نقش مهمی در پیشبرد فرآیند پیری ایفا می‌کنند. در گیاه میخک، ژن‌های گیرنده اتیلن با نام‌های *DC-ERS2*

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

و *DC-ETR1*، مسئول درک اتیلن می‌باشند و بیان آن‌ها در طی فرآیند پیری گل‌ها، مستقل از اتیلن و وابسته به نوع بافت می‌باشد. در گیاه رز، پیری گل‌ها در ارتباط با میزان بالای *ETR3* گزارش شده است که نشان می‌دهد پیری گل‌ها می‌تواند از طریق دریافت اتیلن خارجی توسط گیرنده‌های اتیلن تسریع گردد. پس از تیمار گلچه‌های گیاه زبان‌درقفا با اتیلن خارجی، افزایش بیان ژن گیرنده اتیلن *ERS1* و ژن تنظیم کننده سیگنال اتیلن *CTR1* در گلچه‌های زبان‌درقفا مشاهده شد (Kuroda *et al.* 2004).

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که با بیان ژن *IPT* (پیش‌ساز بیوسنتز سیتوکنین)، محتوای سیتوکنین درونی افزایش یافت و به دنبال آن، طول عمر گل‌های اطلسی به میزان زیادی افزایش یافت. تاثیر سیتوکنین‌ها در افزایش ماندگاری، به علت ایجاد تغییر در مسیر سیگنال‌دهی اتیلن می‌باشد. کاربرد سیتوکنین برون‌زا در گلبرگ گیاه اطلسی، میزان حساسیت به اتیلن و همچنین میزان تولید اتیلن درون‌زا آن‌ها را تغییر داد. عموما پس از گرده افشانی میزان اتیلن درونی افزایش می‌یابد، اما در گیاهان تراریخته‌ای که ژن *IPT* در آن‌ها بیان گردید، افزایش محتوای اتیلن درونی به تاخیر افتاد (Chang *et al.* 2003). زکی‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) نیز با انتقال ژن *IPT* بواسطه آگروباکتریوم تومی‌فاشینس به گیاه رز رقم Linda باعث افزایش دو برابری در میزان بیان ژن *IPT* در گیاهان تراریخته و به دنبال آن افزایش ماندگاری آنها شدند (Zaki zadeh *et al.* 2013).

دستورالعمل ترویجی

به منظور افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده، راهکارهای زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱) انبارداری و حمل و نقل محصولات زینتی در حداقل دمای ممکن

۲) کاربرد ساکارز و یا مواد مشابه و ارزان قیمت نظیر شکر در محلول نگهدارنده گل‌های شاخه بریده

۳) برش انتهای ساقه در مراحل پس از برداشت جهت جلوگیری از انسداد آوندی و ایجاد حباب هوا

٤) جلوگیری از کاهش رطوبت نسبی در محل نگهداری گل‌های شاخه بریده

۵) کاربرد مقدار اندکی اتانول به عنوان یک ماده ارزان قیمت و در دسترس در محلول گل‌جای جهت ضدعفونی، بهبود هدایت آب و کاهش انسداد آوندی

٦) کاربرد بازدارنده‌های بیوسنتز اتیلن مانند AOA و یا بازدارنده‌های فعالیت آن مانند 1-MCP

۷) خاموش نمودن ژن‌های مسیر بیوسنتز اتیلن از طریق روش‌های مهندسی ژنتیک

منابع

Aneja M, Gianfagna T, Ng E (1999). The roles of abscisic acid and ethylene in the abscission and senescence of cocoa flowers. Plant Growth Regul. 27: 149-155.

Armitage AM (1993). Specialty cut flowers. The production of annuals, perennials, bulbs and woody plants for fresh and dried cut flowers. Varsity Press/Timber Press.

Ataii D, Naderi R, Khandan-Mirkohi A (2015). Exogenous Putrescine Delays Senescence of Lisianthus Cut Flowers. JOP. 5: 167-174.

Blankenship S (2001). Ethylene effects and the benefits of 1-MCP. Perishables Handling Quarterly. 108: 2-4.

Buchanan-Wollaston V (1997). The molecular biology of leaf senescence. J Exp Bot. 48: 181-199.

Bui AQ, O'Neill SD (1998). Three 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase genes regulated by primary and secondary pollination signals in orchid flowers. Plant Physiol. 116: 419-428.

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

Cevallos J-C, Reid MS (2001). Effect of dry and wet storage at different temperatures on the vase life of cut flowers. HortTechnology. 11: 199-202.

Chakrabarty D, Chatterjee J, Datta S (2007). Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in chrysanthemum florets. Plant Growth Regul. 53: 107-115.

Chandler SF, Brugliera F (2011). Genetic modification in floriculture. Biotechnol Lett. 33: 207-214.

Chang H, Jones ML, Banowetz GM, Clark DG (2003). Overproduction of cytokinins in petunia flowers transformed with PSAG12-IPT delays corolla senescence and decreases sensitivity to ethylene. Plant Physiol. 132: 2174-218.

Chen J-C, Johnson F, Clark DG, Gookin T, Reid MS (2003). Potential application of virus-induced gene silencing (VIGS) in flower senescence studies. VIII International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants 669, 147-152.

Cook D, Rasche M, Eisinger W (1985). Regulation of ethylene biosynthesis and action in cut carnation flower senescence by cytokinins. J Am Soc Hortic Sci.

da Silva Vieira MR, de Medeiros DC, Costa PN, Santos CMG, de Alencar Paes R, de Sousa Fernandez LM, de Oliveira NG, Allan A, Silva F (2012). Effect of refrigeration on post-harvest flowers. Afr J Biotechnol. 11: 13065-13068.

Elibox W, Umaharan P (2008). Morphophysiological characteristics associated with vase life of cut flowers of anthurium. HortScience. 43: 825-831.

Ezhilmathi K, Singh V, Arora A, Sairam R (2007). Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of Gladiolus cut flowers. Plant Growth Regul. 51: 99-108.

Fanourakis D, Pieruschka R, Savvides A, Macnish AJ, Sarlikioti V, Woltering EJ (2013). Sources of vase life variation in cut roses: a review. Postharvest Biol Technol. 78: 1-15.

Farokhzad A, Khalighi A, Mostofi Y, Naderi R (2005). Role of ethanol in the vase life and ethylene production in cut Lisianthus (Eustoma grandiflorum Mariachii. cv. Blue) flowers. J Agric Social Sci. 4: 309-312.

Fath A, Bethke P, Lonsdale J, Meza-Romero R, Jones R (2000). Programmed cell death in cereal aleurone Programmed Cell Death in Higher Plants. Plant Mol Biol. 44: 245-253.

Fischer AM (2012). The complex regulation of senescence. Critical Reviews in Plant Sciences. 31: 124-147.

Gibson SI (2004). Sugar and phytohormone response pathways: navigating a signalling network. J Exp Bot. 55: 253-264.

Hansen MM, Müller R, Lütken HV (2013). Effect of the ethylene inhibitor 1-MCP in postharvest chains of mini-Phalaenopsis. In International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals 2012.

Hassan FAS, Ali EF (2014). Protective effects of 1-methylcyclopropene and salicylic acid on senescence regulation of gladiolus cut spikes. Sci Hort. 179: 146-152.

He Y, Fukushige H, Hildebrand DF, Gan S (2002). Evidence supporting a role of jasmonic acid in Arabidopsis leaf senescence. Plant Physiol. 128: 876-884.

He Y, Tang W, Swain JD, Green AL, Jack TP, Gan S (2001). Networking senescence-regulating pathways by using Arabidopsis enhancer trap lines. Plant Physiol. 126: 707-716.

Hunter DA, Ferrante A, Vernieri P, Reid MS (2004). Role of abscisic acid in perianth senescence of daffodil (Narcissus pseudonarcissus "Dutch Master"). Physiol Plant. 121: 313-321.

Hunter DA, Yi M, Xu X, Reid MS (2004). Role of ethylene in perianth senescence of daffodil (Narcissus pseudonarcissus L.'Dutch Master'). Postharvest Biol Technol. 32: 269-280.

Ichimura K, Shimizu H, Hiraya T, Hisamatsu T (2002). Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the vase life of cut carnation, Delphinium and sweet pea flowers. Bull. Natl. Inst. Flor. Sci, 2: 1-8.

In BC, Lee JH, Lee AK, Lim JH (2016). Conditions during export affect the potential vase life of cut roses (*Rosa*

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

hybrida L.). Hortic. Environ. Biotec. 57(5): 504-510.

Jiang C-Z. (2012). Michael S. Reid Department of Plant Sciences University of California Davis, California 95616, USA. Hortic Rev. 40: 1.

Kumar N, Srivastava GC, Dixit K (2008). Role of sucrose synthase and invertases during petal senescence in rose (Rosa hybrida L.). J Hortic Sci Biotechnol. 83: 520-524.

Kuroda S, Hirose Y, Shiraishi M, Davies E, Abe S (2004). Co-expression of an ethylene receptor gene, ERS1, and ethylene signaling regulator gene, CTR1, in Delphinium during abscission of florets. Plant Physiol Bioch. 42: 745-751.

Leslie CA, Romani RJ (1988). Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid. Plant Physiol. 88: 833-837.

Liao WB, Zhang ML, Yu JH (2013). Role of nitric oxide in delaying senescence of cut rose flowers and its interaction with ethylene. Sci Hort. 155: 30-38.

Macnish AJ, Morris KL, de Theije A, Mensink MG, Boerrigter HA, Reid MS, Jiang C-Z, Woltering EJ (2010). Sodium hypochlorite: A promising agent for reducing Botrytis cinerea infection on rose flowers. Postharvest Biol Technol. 58: 262-267.

Moore B, Zhou L, Rolland F, Hall Q, Cheng W-H, Liu Y-X, Hwang I, Jones T, Sheen J (2003). Role of the Arabidopsis glucose sensor HXK1 in nutrient, light, and hormonal signaling. Sci. 300: 332-336.

Morgan PW (2011). Another look at interpreting research to manage the effects of ethylene in ambient air. Crop sci. 51: 903-913.

Mortensen LM, Ottosen C-O, Gislerod HR (2001). Effects of air humidity and K: Ca ratio on growth, morphology, flowering and keeping quality of pot roses. Sci Hort. 90: 131-141.

Onoue T, Mikami M, Yoshioka T, Hashiba T, Satoh S (2000). Characteristics of the inhibitory action of 1, 1-dimethyl-4-(phenylsulfonyl) semicarbazide (DPSS) on ethylene production in carnation (Dianthus caryophyllus L.) flowers. Plant Growth Regul. 30: 201-207.

Paliyath G, Tiwari K, Yuan H, Whitaker BD (2008). Structural deterioration in produce: phospholipase D, membrane deterioration, and senescence Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers: Wiley-Blackwell USA. 195-239.

Palma MA, Hall CR, Collart A (2011). Repeat buying behavior for ornamental plants: A consumer profile. JFDRS. 42: 67-77.

Panavas T, Rubinstein B (1998). Oxidative events during programmed cell death of daylily (Hemerocallis hybrid) petals. Plant Sci. 133: 125-138.

Pandey S, Ranade S, Nagar P, Kumar N (2000). Role of polyamines and ethylene as modulators of plant senescence. J Biosci. 25: 291-299.

Parthier B (1990). Jasmonates: hormonal regulators or stress factors in leaf senescence? Plant Growth Regul. 9: 57-63.

Perez-Amador MA, Carbonell J, Navarro JL, Moritz T, Beale MH, Lewis MJ, Hedden P (1996). N4-Hexanoylspermidine, a new polyamine-related compound that accumulates during ovary and petal senescence in pea. Plant Physiol.110: 1177-1186.

Picchioni G, Valenzuela-Vazquez M, Murray L (2002). Calcium and 1-methylcyclopropene delay desiccation of Lupinus havardii cut racemes. HortScience. 37: 122-125.

Porat R, Reiss N, Atzorn R, Halevy A, Borochov A (1995). Examination of the possible involvement of lipoxygenase and jasmonates in pollination-induced senescence of Phalaenopsis and Dendrobium orchid flowers. Physiol Plant. 94: 205-210.

Pun U, Rowarth J, Barnes M, Heyes J (2001). The role of ethanol or acetaldehyde in the biosynthesis of ethylene in carnation (Dianthus caryophyllus L.) cv. Yellow Candy. Postharvest Biol Technol. 21: 235-239.

Pun U, Shimizu H, Tanase K, Ichimura K (2003). Effect of sucrose on ethylene biosynthesis in cut spray carnation

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

flowers. VIII International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants 669, 171-174.

Roitsch T, González M-C (2004). Function and regulation of plant invertases: sweet sensations. Trends Plant Sci. 9: 606-613.

Rubinstein B (2000). Regulation of cell death in flower petals Programmed cell death in higher plants: Plant Mol Biol. 303-318.

Schaller GE (2012). Ethylene and the regulation of plant development. BMC biology. 10: 9.

Shi J, Shi G Tian Z (2015). Effect of exogenous hydrogen peroxide or ascorbic acid on senescence in cut flowers of tree peony (*Paeonia suffruticosa* Andr.). JHSB. 90(6): 689-694.

Shibuya K (2012). Molecular mechanisms of petal senescence in ornamental plants. J Jpn Soc Hortic Sci. 81: 140-149.

Shibuya K, Barry KG, Ciardi JA, Loucas HM, Underwood BA, Nourizadeh S, Ecker JR, Klee HJ, Clark DG (2004). The central role of PhEIN2 in ethylene responses throughout plant development in petunia. Plant Physiol. 136: 2900-2912.

Song J, Fan L, Hughes T, Palmer Campbell L, Li L, Li XH (2014). Quantitative proteomic investigation on the effect of 1-methylcyclopropene treatments on postharvest quality of selected cut flowers. In XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): 1104: 311-318.

Sood S, Vyas D, Nagar PK (2006). Physiological and biochemical studies during flower development in two rose species. Sci Hort. 108: 390-396.

Sultan SM, Farooq S (1997). Effect of cycloheximide on some physiological changes associated with senescence of detached flowers of Iris germanica L. Acta Physiol Plant. 19: 41-45.

Taiz L, and Zeiger E (2002). Plant Physiology. 3rd. Ed. Pub. Sinauer.

Takahashi Y, Berberich T, Yamashita K, Uehara Y, Miyazaki A, Kusano T (2004). Identification of tobacco HIN1 and two closely related genes as spermine-responsive genes and their differential expression during the Tobacco mosaic virus-induced hypersensitive response and during leaf-and flower-senescence. Plant Mol Biol. 54: 613-622.

Taverner E, Letham DS, Wang J, Cornish E, Willcocks D (1999). Influence of ethylene on cytokinin metabolism in relation to Petunia corolla senescence. Phytochem. 51: 341-347.

van Doorn WG (2004). Is petal senescence due to sugar starvation? Plant Physiol. 134: 35-42.

Verlinden S, Garcia JJV (2004). Sucrose loading decreases ethylene responsiveness in carnation (Dianthus caryophyllus cv. White Sim) petals. Postharvest Biol Technol. 31: 305-312.

Vriezen WH, Zhou Z, Van Der Straeten D (2003). Regulation of Submergence-induced Enhanced Shoot Elongation in Oryza sativa L. Ann. Bot. 91(2): 263-270.

Wagstaff C, Bramke I, Breeze E, Thornber S, Harrison E, Thomas B, Buchanan-Wollaston V, Stead T, Rogers H (2010). A specific group of genes respond to cold dehydration stress in cut Alstroemeria flowers whereas ambient dehydration stress accelerates developmental senescence expression patterns. J Exp Bot. 61: 2905-2921.

Wang KL-C, Li H, Ecker JR (2002). Ethylene biosynthesis and signaling networks. plant cell. 14: S131-S151.

Weiss D, van der Luit A, Knegt E, Vermeer E, Mol JN, Kooter JM (1995). Identification of endogenous gibberellins in petunia flowers (induction of anthocyanin biosynthetic gene expression and the antagonistic effect of abscisic acid). Plant Physiol. 107: 695-702.

Whitehead CS, Halevy AH, Reid MS (1984). Control of ethylene synthesis during development and senescence of carnation petals. J Amer Soc Hort Sci. 109: 473-435.

Wilkinson JQ, Lanahan MB, Clark DG, Bleecker AB, Chang C, Meyerowitz EM, Klee HJ (1997). A dominant mutant receptor from Arabidopsis confers ethylene insensitivity in heterologous plants. Nature

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

Biotechnol. 15(5): 444-447.

Wills R, Bowyer M (2002). Use of nitric oxide to extend the postharvest life of horticultural produce. International Conference: Postharvest Unlimited 599, 519-521.

Yamane, K., 2015. Markets of ornamental plants and postharvest physiology in cut flowers. RAS. 3: 36-39.

Ye Z, Rodriguez R, Tran A, Hoang H, de los Santos D, Brown S, Vellanoweth RL (2000). The developmental transition to flowering represses ascorbate peroxidase activity and induces enzymatic lipid peroxidation in leaf tissue in Arabidopsis thaliana. Plant Sci. 158: 115-127.

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]

Approaches to Deal with the Reduction of Cut Flowers Quality Caused by Senescence

Kharrazi Mahdiyeh[1*], Bagheri Abdol Reza[2], Tehranifar Ali[3]

1. Department of Ornamental Plant Biotechnology, Iranian Academic Center for Education, Culture and Research, Branch of Mashhad, Iran
2. Department of Biotechnology and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3. Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

* ma_kh230@yahoo.com

Abstract

Despite the high economic value of cut flowers, they are susceptible to deteriorate and usually have very short vase life. Therefore, attempt to enhance their vase life by regulating the senescence using genetic manipulation or chemical treatments are very important. During the senescence process, the rate of photosynthesis reduces and respiration rate increases. Hydrolyzing enzymes activity such as protease is also increased. Destruction of biological macromolecules such as proteins, nucleic acids and lipids also occurs during the senescence process. Among all the factors influencing the aging process, plant growth regulators and environmental factors play an important role. Ethylene is known as aging hormone in plants, while cytokinins postpone the aging process in many plant species. The use of ethylene biosynthesis inhibitors such as AOA or inhibitors of its activity, such as STS and 1-MCP can increase postharvest longevity of ethylene-sensitive plants. Silencing the ethylene biosynthesis pathway genes through genetic engineering techniques could also increase the shelf life of cut flowers and delay the aging process. Different environmental factors such as temperature, light and relative humidity affect the senescence process and longevity of cut flowers, of which, temperature is the most important factor. At low temperatures, metabolic activity, respiration rate, carbohydrates and other storage materials consumption in the plant tissue is reduced. At low temperatures flowers produce less ethylene and are less sensitive to the presence of ethylene in the atmosphere, they lose less water and growth of microorganisms occurs at a slower rate. Therefore, it is recommended that the storage and transportation of ornamental plants take place at low temperatures.

Keywords: Cut Flowers, Ethylene, Genetic Engineering, Respiration, Temperature.

[Downloaded from flowerjournal.ir at 23:42 +0330 on Tuesday December 15th 2020]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1396.2.1.6.6]