علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴ (ص ۲۹۰-۲۷۹)

تأثیر تیمار پس از برداشت اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز، تشکیل لیگنین و کنترل عارضهٔ خمیدگی ساقهٔ گل‌دهندهٔ ژربرا

محمدجواد نظری دلجو[1*]، احمد خلیقی[2]، مصطفی عرب[3]، رؤیا کرمیان[4] و حمیده جابریان همدان[5]

۱. استادیار، گروه مهندسی علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد

۲. استاد، گروه مهندسی علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۳. استادیار، گروه مهندسی علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت

۴. دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکدهٔ علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۵. دانشجوی دکتری بیوتکنولوژی، دانشگاه گیلان، گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۴/۱)

چکیده

مهم‌ترین عارضهٔ پس از برداشت ژربرا، خمیدگی ساقه در ناحیهٔ زیر گل‌آذین است. پدیدهٔ تشکیل لیگنین یکی از فرضیه‌های مهم مطالعه‌شده و دلایل خمیدگی ساقهٔ ژربراست. به‌منظور مطالعهٔ تأثیر اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز به‌منزلهٔ مهم‌ترین آنزیم دخیل در چرخهٔ فنیل‌پروپانوییدها و در نتیجه تشکیل لیگنین و کنترل عارضهٔ خمیدگی ساقه، آزمایشی با استفاده از سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (۱ mM و ۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰) در دو رقم ژربرای حساس (Ecco) و مقاوم (Double dutch) به خمیدگی براساس آزمایش فاکتوریل بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنادار رقم، هورمون و اثر متقابل رقم و اسید سالیسیلیک بر پایداری غشای سلولی، درصد خمیدگی، فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز و تشکیل لیگنین بود. با توجه به نتایج آزمایش ارتباط مستقیم و منفی بین میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز و درجهٔ خمیدگی ساقه وجود داشت. بر همین اساس رقم Double dutch با درجهٔ خمیدگی کمتر، فعالیت آنزیمی دو برابری نسبت به رقم Ecco با درجهٔ خمیدگی بیشتر، نشان داد. همچنین اسید سالیسیلیک بسته به غلظت و رقم تأثیر معناداری بر فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز، تشکیل لیگنین و درنتیجه عارضهٔ خمیدگی ساقه نشان داد. به‌طوری‌که بیشترین فعالیت آنزیمی در ارقام Double dutch و Ecco به‌ترتیب در غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌مولار حاصل شد. به‌طورکلی، نتایج آزمایش بیانگر تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک به‌ویژه در غلظت‌های پایین بر لیگنین ساقهٔ گل‌دهنده و عارضهٔ خمیدگی ساقهٔ ارقام بررسی‌شده ژربرا بود.

واژه‌های کلیدی: **ارقام مقاوم و حساس به خمیدگی ساقه، استحکام ساقه، ضایعات پس از برداشت، لیگنین، مسیر فنیل‌پروپانوییدها.**

مقدمه

حجم تجارت جهانی گل و گیاهان زینتی بالغ بر ۱۷ میلیارد دلار است که ارزش گل‌های شاخه‌بریده نسبت به سایر بخش‌های گیاهان زینتی بیشترین سهم را دارد و بالغ بر ۷/۳ میلیارد دلار آمریکا است (Hewett *et al.*, 2012). در بین گل‌های شاخه‌بریده، ژربرا (*Gerbera*

* تلفن: ۰۴۴۴۲۳۴۱۰۰۵
E-mail: nazarideljou@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

jamesonii Bolus ex Hook f.) از تیرهٔ مرکبان[1] پس از رز، داوودی، لاله و لیلیوم با ارزشی برابر با ۱۲۴ میلیون دلار رتبهٔ پنجم را به خود اختصاص داده است (Bloemenbureau Holland, Floraholand, 2011). با توجه به روند در حال گسترش تقاضای مصرف‌کنندگان گل‌های شاخه‌بریده، ضرورت پژوهش‌ها درخصوص افزایش دوام عمر و حفظ کیفیت، کاهش عوارض فیزیولوژیکی و در نتیجه کاهش تلفات پس از برداشت این گل‌ها امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

عارضهٔ خمیدگی ساقهٔ گل‌دهنده مهم‌ترین عامل افت کیفیت، کاهش دوام عمر و تلفات پس از برداشت گل شاخه‌بریده ژربراست. ژنتیک (Ferrante *et al.*, 2007)، تغذیه (Gerasopoulus & Chebli, 1999) دمای جابه‌جایی و انبارداری (Reid, 2001; Celikle & Reid, 2002)، هورمون‌های گیاهی (Mencarlli *et al.*, 1995; Botondi *et al.*, 1998; Emongor, 2004) و عدم تعادل آبی در آوند چوبی ساقهٔ گل‌دهنده (Hoogerwer & Van Doorn, 1992; Van Doorn & Witte 1994) از دلایل مهم خمیدگی ساقهٔ گل‌دهنده هستند. یکی از دلایل احتمالی عارضه خمیدگی، استحکام و مقاومت ساقهٔ گل‌دهنده و تشکیل لیگنین[2] در دیواره‌های سلولی به‌ویژه دیوارهٔ ثانوی است. تشکیل لیگنین علاوه بر تأثیر بسزا در استحکام و حالت رشد ایستادهٔ ساقه، نقش مهمی در هدایت و انتقال آب در آوندهای چوبی ایفا می‌کند (Vanholme *et al.*, 2010). Van Meeteren (1978) گزارش داد که ۳ روز قبل از خمیدگی ساقهٔ ژربرا، جذب آب و وزن تر ساقه به‌شدت کاهش می‌یابد و درنهایت منجر به خمیدگی ساقه می‌شود. Guosheng *et al.* (2011) در بررسی آناتومی و فیزیولوژی نهنج ساقهٔ گل‌دهندهٔ داوودی شاخه‌بریده فرم اسپری گزارش کردند که ارقام با دوام عمر بالا حاوی عناصر آوندی، مقدار لیگنین و مقدار آب نسبی بیشتری در مقایسه با ارقام با دوام عمر کمتر بودند. همچنین Li *et al.* (2009) با خاموشی ژن مربوط به آنزیم سینامیل الکل دهیدروژناز[3] (CAD) به‌منزلهٔ آنزیم دخیل در بیوسنتز لیگنین در برنج نشان دادند که عدم بیان ژن مربوط منجر به کاهش استحکام ساقه در برنج می‌شود. تشکیل لیگنین فرایند ترکیب درشت مولکول‌های فنیل پروپانویید[4] به‌منزلهٔ یکی از مسیرهای بسیار مهم در متابولیسم ثانوی گیاهان است که منجر به تولید مواد فنلی مختلف (لیگنین، اسیدهای فنلی و فلاونویدها) با وظایف ساختاری و مکانیزم‌های دفاعی است (Hatfield & Vermerris, 2001; Cai *et al.*, 2006). فرایند تشکیل لیگنین شامل بیوسنتز مونولیگنول‌ها[5] (الکل‌های پی-کوماریل[6]، کونیفریل[7] و سیناپیل[8])، انتقال آن‌ها به دیوارهٔ سلولی و درنهایت پلیمریزه‌شدن آن‌ها تحت‌تأثیر فعالیت کاتالیزوری آنزیم‌های بسیاری همچون PAL[9]، POD[10]، CAD و غیره است (Hatfield & Vermerris, 2001; Ralph *et al.*, 2004). در این بین آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL; EC 4.3.1.5) آنزیم آغازکنندهٔ چرخهٔ بیوسنتز لیگنین و یک آنزیم ضروری در متابولیسم فنیل پروپانویید و کاتالیزور ترانس سینامیک اسید (پیش‌ساز مواد فنلی) از طریق د-آمینه‌کردن L- فنیل‌آلانین است (Cai *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2006). اسید سالیسیلیک یک تنظیم‌کنندهٔ رشد گیاهی با بنیان فنلی نقش کلیدی در تنظیم رشد گیاهی، واکنش با استرس‌های محیطی، گیلکولیز، گلدهی، جذب و انتقال یون‌ها، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق دارد (Raskin, 1992; Senaratna *et al.*, 2000; Khan *et al.*, 2003). Friedman *et al.* (2003) در آزمایشی بر روی تأثیر اسید سالیسیلیک روی گل‌های شاخه‌بریده میمون، آنمون و لوپین به‌صورت تیمار کوتاه‌مدت[11] (۲۰ ساعت) یا نبضی نشان دادند که اسید سالیسیلیک مانع از خمیدگی ناشی از زمین‌گرایی در شاخه‌های گل‌دهنده بسته به غلظت استفاده‌شده و نوع گل شد. همچنین تیمار گوجه‌فرنگی و جعفری با اسید سالیسیلیک یا متیل اسید سالیسیلیک منجر به افزایش بیان برخی از ژن‌های دفاعی ازقبیل PAL شد (Thulke &

1. Asteraceae/Compositae
2. Lignification
3. CAD; Cinnamyl-alcohol dehydrogenas
4. Phenylpropanoid macromolecule
5. Monolignols
6. *p*-Coumaryl alcohol
7. Coniferyl alcohol
8. Sinapyl alcohol
9. Phenylalanine ammonia lyase
10. Peroxidase
11. Pulse treatment

Archive of SID

www.SID.ir

Conrath, 1998; Ding *et al*., 2002). با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام‌شده درخصوص عارضهٔ خمیدگی ساقه و در راستای مطالعهٔ ارتباط بین فعالیت آنزیم PAL، تشکیل لیگنین و درنتیجه عارضهٔ خمیدگی ساقهٔ گل‌دهنده، این پژوهش به‌منظور بررسی نقش تحریک‌کنندگی اسید سالیسیلیک بر آنزیم PAL روی دو رقم ژربرا با درجات مختلف خمیدگی ساقه (کم و زیاد) در شرایط آزمایشگاهی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

گل‌های شاخه‌بریده ژربرا مستقیماً از گلخانه‌ای مکانیزه و استاندارد واقع در شهرستان پاکدشت استان تهران، در صبح زود برداشت و بلافاصله پس از بسته‌بندی به آزمایشگاه پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه تهران (پردیس ابوریحان) منتقل شدند. برای شناسایی و تعیین ارقام با بیشترین و کمترین خمیدگی، ابتدا ۲۱ رقم ژربرای شاخه‌بریدهٔ بازارپسند انتخاب و طی یک آزمایش غربالگری در شرایط یکسان در آزمایشگاه پس از برداشت ارزیابی و سنجش شد و در پایان آزمایش، دو رقم Double dutch و Ecco به‌منزلهٔ ارقام انتخاب‌شده برای مطالعهٔ تأثیر اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنزیمی و لیگنین و درنتیجه خمیدگی ساقه گزینش شدند. ارقام منتخب مجدداً از گلخانهٔ مورد نظر برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه پس از برداشت گروه زیست‌شناسی دانشگاه بوعلی سینای همدان، تمامی ساقه‌های گل‌دهنده از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری قطع و پس از توزین اولیه به درون تیمارهای مشخص و از قبل آماده‌شده منتقل شدند. در طول دورهٔ آزمایش تمامی شرایط محیطی (دما ۱±۲۰°C، رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد، مدت روشنایی ۱۲ ساعت و شدت نور برابر ۲۰ میکرو مول در مترمربع در ثانیه) کاملاً کنترل می‌شد. کاربرد غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (۱mM و ۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰) بر دو رقم Double dutch به‌منزلهٔ رقم با حداقل عارضهٔ خمیدگی و Ecco به‌منزلهٔ رقم با درصد خمیدگی زیاد در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار (هر واحد آزمایشی شامل ۵ گل شاخه‌بریده و مجموعاً ۱۵ گل در هر تیمار) بررسی‌شده قرار گرفتند. پس از سپری‌شدن ۲۴ و ۱۶، ۸ ساعت از اعمال تیمار نبضی اسید سالیسیلیک، از هر تیمار برای سنجش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز نمونه‌گیری و سپس محلول تمامی نمونه‌ها با ۴۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر تعویض شدند. در طول آزمایش پارامترهای میزان جذب محلول نگهدارنده، تغییرات نسبی وزن گل (اسرار، ۲۰۱۲)، دوام عمر گل، نشت یونی (Poovaiah & Leopold, 1973) و درصد خمیدگی ساقه (Celikle & Reid, 2002) بررسی شدند.

سنجش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) و پروتئین

برای سنجش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز از نمونه‌های ساقه (۱۰ سانتی‌متری زیر گل‌آذین) که قبلاً در زمان‌های ۲۴ و ۱۶، ۸ ساعت پس از اعمال تیمار اسید سالیسیلیک تهیه و درون نیتروژن مایع نگهداری شده بودند استفاده شد. اندازه‌گیری میزان فعالیت PAL براساس روش Redman (1999) پس از استخراج آنزیم با استفاده از بافر استخراجی فسفات سدیم (بافر ۰/۰۱ مولار با pH=۶) و سنجش از طریق مخلوط واکنشی (۶ µM فنیل‌آلانین؛ ۰/۰۵ مولار بافر Tris-HCl با pH=۸) به‌مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۳۷°C در انکوباتور و قرائت در طول موج ۲۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/visible lambda 45 Perkin Elmer) صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری پروتئین نمونه‌ها نیز از روش بردفورد استفاده شد (Bradford, 1976). سنجش میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز براساس تعیین میزان اسید سینامیک تولیدشده بر مایکروگرم پروتئین، حاصل از ترکیب محلول حاوی آنزیم و محلول واکنشی پس از ۶۰ دقیقه و اتمام واکنش یادشده توسط اسید کلریریک ۵ نرمال به هر نمونه، انجام گرفت.

تعیین هیستوشیمیایی لیگنین

برای مطالعهٔ هیستوشیمیایی لیگنین، ابتدا محلول هیدروکلرید- فلوروگلوسینول به نسبت ۱ درصد (V/W) فلوروگلوسینول در اسید کلریدریک ۶ نرمال را تهیه کرده و پس از قراردادن نمونه‌های تهیه‌شده از ناحیهٔ ۱۰ سانتی‌متری زیر گل‌آذین، با استفاده از میکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتال (Olympus BX-41)، از قسمت‌های

Archive of SID

www.SID.ir

لیگنینی ساقه که در حضور معرف فلوروگلوسینول- اسید هیدروکلریدریک به رنگ قرمز مشاهده می‌شد عکس‌برداری شد (Zhong *et al*., 2000).

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS institute; 9.1) تجزیه و مقایسه‌های میانگین نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

دوام عمر، جذب آب و نشت یونی

دوام عمر به‌منزلهٔ مهم‌ترین شاخص کیفیت و ارزش گل شاخه‌بریده ژربرا به‌طور معناداری تحت‌تأثیر رقم، هورمون اسید سالیسیلیک و اثر متقابل رقم و هورمون قرار گرفت (P<۰/۰۱) (جدول۱). بر همین اساس رقم Double dutch دارای ۸ روز عمر گلجای بیشتری نسبت به رقم Ecco بود. همچنین تیمار اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد تا غلظت ۰/۷۵ میلی‌مولار منجر به افزایش معنادار دوام عمر شد؛ لیکن غلظت ۱ میلی‌مولار احتمالاً به‌دلیل سمّیت ناشی از غلظت زیاد منجر به کاهش دوام عمر نسبت به شاهد شد. همان‌طور که در جدول۱ مشاهده می‌شود دوام عمر ژربرا به‌منزلهٔ مهم‌ترین فاکتور کیفیت پس از برداشت به‌طور معناداری تحت‌تأثیر اثر متقابل رقم و هورمون قرار گرفت؛ بر همین اساس بیشترین دوام عمر در رقم Double dutch و در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار (۲۲/۹۹ روز) و کمترین دوام عمر در رقم Ecco و تیمار شاهد یا بدون اسید سالیسیلیک (۸/۴۴ روز) مشاهده شد. همچنین بیشترین دوام عمر برای ارقام Double dutch و Ecco به‌ترتیب در غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد. به عبارت دیگر رقم Double dutch به غلظت هورمون بیشتری نسبت به رقم Ecco برای افزایش عمر پس از برداشت نیاز دارد. همچنین نتایج بیانگر تأثیر معنادار رقم و اثر متقابل رقم و هورمون بر میزان جذب آب توسط ساقهٔ گل‌دهنده بود (P<۰/۰۵). به‌طوری‌که رقم Double dutch نسبت به رقم Ecco دارای جذب آب بیشتری بود. همچنین براساس مقایسهٔ میانگین بین غلظت‌های مختلف هورمونی در هر دو رقم تفاوت معناداری از نظر جذب آب مشاهده نشد؛ لیکن بیشترین و کمترین مقدار جذب آب در هر دو رقم به‌ترتیب در غلظت‌های ۰/۵ میلی‌مولار و شاهد مشاهده شد (جدول۱). نشت یونی به‌منزلهٔ شاخص پایداری غشای سلولی نقش بسزایی در دوام عمر گل شاخه‌بریده ایفا می‌کند. نتایج آزمایش نشان داد که نشت یونی تحت‌تأثیر هورمون و اثر متقابل رقم و هورمون قرار می‌گیرد (P<۰/۰۵)؛ به‌طوری‌که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد منجر به کاهش چشمگیر و ۳۰ درصدی نشت الکترولیت یا همان نشت یونی غشای سلولی شد. براساس نتایج جدول مقایسهٔ میانگین‌ها (جدول۱) کمترین نشت یونی ارقام Double dutch و Ecco به‌ترتیب در غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد. بر همین اساس در رقم Double dutch افزایش غلظت هورمون از ۰/۷۵ میلی‌مولار و در رقم Ecco افزایش غلظت از ۰/۵ میلی‌مولار منجر به افزایش نشت یونی شد.

دوام عمر پس از برداشت ژربرا شدیداً تحت‌تأثیر ژنتیک (رقم) قرار می‌گیرد (Ferrante *et al*., 2007; Nazari Deljou *et al*., 2012). Nazari Deljou *et al*. (2012) در بررسی ۱۵ رقم ژربرا نشان دادند که دامنهٔ تفاوت دوام عمر بین ارقام بررسی‌شده از ۱۰ الی ۱۸ روز بسته به رقم متفاوت بود. همچنین Elibox & Umaharan (2010) در بررسی تفاوت عمر ۱۷ رقم آنتوریوم شاخه‌بریده نشان دادند که رقم تأثیر بسزایی روی دوام عمر دارد؛ به‌طوری‌که در ارقام بررسی‌شده دامنه‌ای بین ۱۴ تا ۴۹ روز مشاهده شد. دوام عمر پس از برداشت ژربرا شدیداً تحت‌تأثیر جذب آب توسط ساقهٔ گل‌دهنده قرار می‌گیرد (Van Meeteren, 1978). Nazari Deljou *et al*. (2012) نشان دادند که بین جذب آب و دوام عمر ارقام بررسی‌شده در ژربرا ارتباط مستقیمی وجود دارد؛ به‌طوری‌که ارقام با دوام عمر زیاد میزان جذب آب بیشتری در مقایسه با ارقام با دوام عمر پایین و میزان جذب آب کمتر داشتند که با نتایج این پژوهش مطابقت و همخوانی دارد. همچنین Alaey *et al*. (2011) در بررسی دوام عمر گل شاخه‌بریده رز تحت‌تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک نشان دادند، تیمار اسید سالیسیلیک سبب بهبود دوام عمر گل رز شد.

Archive of SID

www.SID.ir

درواقع بهبود دوام عمر گل رز مرتبط به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و در نتیجه کاهش رادیکال‌های آزاد و نیز بهبود روابط آبی و افزایش جذب تجمعی آب تحت‌تأثیر اسید سالیسیلیک گزارش شد. در واقع کاهش نشت یونی مشاهده‌شده در این آزمایش را می‌توان به پتانسیل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اسید سالیسیلیک در ارتباط با کنترل رادیکال‌های آزاد و درنتیجه کاهش تخریب اکسیداسیونی غشای سلولی ناشی از رادیکال‌های آزاد و درنتیجه کنترل نشت الکترولیتی یا همان نشت یونی سلول مرتبط دانست.

جدول ۱. مقایسهٔ میانگین تأثیر رقم و اسید سالیسیلیک بر جذب آب، نشت یونی و دوام عمر پس از برداشت ژربرا*

رقم	اسید سالیسیلیک (mM)	دوام عمر (Day)	تغییرات جذب آب (ml/g FW/day)	نشت یونی (%)
'Double dutch'	۰	۱۵/۱۷±۲/۰۸^{c¶}	۰/۵۱±۰/۰۱۴^{abcd}	۹/۳۵±۰/۲۳^{a}
	۰/۲۵	۱۸/۲۹±۱^{b}	۰/۵۲±۰/۰۱۳^{abc}	۸/۸۷±۱/۱^{ab}
	۰/۵	۲۲/۹۹±۰/۸۸^{a}	۰/۵۸±۰/۰۴۳^{a}	۵/۶۲±۰/۵۳^{c}
	۰/۷۵	۲۰/۴۴±۰/۹۸^{ab}	۰/۵۶±۰/۰۱۲^{a}	۶/۷۱±۰/۱۷^{bc}
	۱	۱۴/۰۷±۱/۲۸^{cd}	۰/۵۵±۰/۰۲۲^{ab}	۶/۸۵±۱/۶۴^{abc}
'Ecco'	۰	۸/۵۳±۰/۴۴^{f}	۰/۴۱±۰/۰۱۴۱^{d}	۸/۳۷±۰/۵۵^{ab}
	۰/۲۵	۱۲/۰۴±۰/۷۳^{cde}	۰/۴۳±۰/۰۶۹^{d}	۶/۵۸±۰/۳۸^{bc}
	۰/۵	۱۱/۷۷±۰/۹۵^{ed}	۰/۴۵±۰/۰۱۵^{bcd}	۶/۶۵±۰/۱۷^{bc}
	۰/۷۵	۱۰/۱۹±۰/۲۴^{ef}	۰/۴۴±۰/۰۱۸^{cd}	۷/۴۸±۰/۳۵^{abc}
	۱	۸/۴۴±۰/۱۱^{f}	۰/۴۲±۰/۰۲۶^{d}	۸/۲۲±۱/۰۸^{abc}

* میانگین صفات بررسی‌شده ± میزان خطای استاندارد

¶ میانگین‌هایی که در ستون حروف مشابه دارند براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم ندارند.

براساس نتایج آزمایش، تیمار هورمونی بسته به غلظت استفاده‌شده سبب بهبود جذب آب و کاهش نشت یونی در هر دو رقم در مقایسه با شاهد شده که با نتایج پژوهش‌های متعدد مبنی بر تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر روابط آبی پس از برداشت گل شاخه‌بریده مطابقت و همخوانی دارد. در همین ارتباط Hashemi *et al.* (2012) در بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات بر عمر گلجایی گل ژربرا نشان دادند که تیمار هورمونی سبب افزایش جذب آب به‌دلیل کنترل آلودگی‌های باکتریایی محلول نگهدارنده می‌شود؛ همچنین Jalili Marandi *et al.* (2011) نشان دادند تیمار اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی‌مولار) گلایول منجر به افزایش دوام عمر تا ۳ روز در مقایسه با شاهد شد. در آزمایش دیگری Ezhilmathi *et al.* (2011) گزارش دادند تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر گلایول با ۵- اسید سولفوسالیسیلیک منجر به افزایش ۲ برابری دوام عمر گل شاخه‌بریده به‌دلیل کاهش فعالیت آنزیم لیپوکسی‌ژناز، تراوایی غشای سلولی و کاهش تسریع روند پیری می‌شود. در تمامی گزارش‌ها علت اصلی بهبود دوام عمر تحت‌تأثیر اسید سالیسیلیک ناشی از بهبود روابط آبی گل شاخه‌بریده به‌دلایل مختلف مانند کنترل باکتریایی محلول نگهدارنده، حفظ تراوایی غشای سلولی و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی است؛ و همان‌طوری که در نتایج این پژوهش نیز گزارش شد اسید سالیسیلیک بسته به رقم و غلظت استفاده‌شده منجر به افزایش (۵/۵ روز) دوام عمر در مقایسه با شاهد، در راستای بهبود جذب روزانه آب و کنترل نشت یونی سلولی شده است که با نتایج پژوهش‌های یادشده همسو است.

میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL)

نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنادار رقم، هورمون، زمان فعالیت پس از برداشت و اثر متقابل بین آن‌ها بر میزان فعالیت آنزیم PAL بود ($P<۰/۰۱$). بر همین اساس میزان فعالیت آنزیم PAL در رقم Double dutch با درجهٔ خمیدگی کمتر، ۲ برابر رقم Ecco با درجهٔ خمیدگی بیشتر بود (شکل ۱-A). همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک تأثیر معناداری بر فعالیت آنزیم PAL

Archive of SID

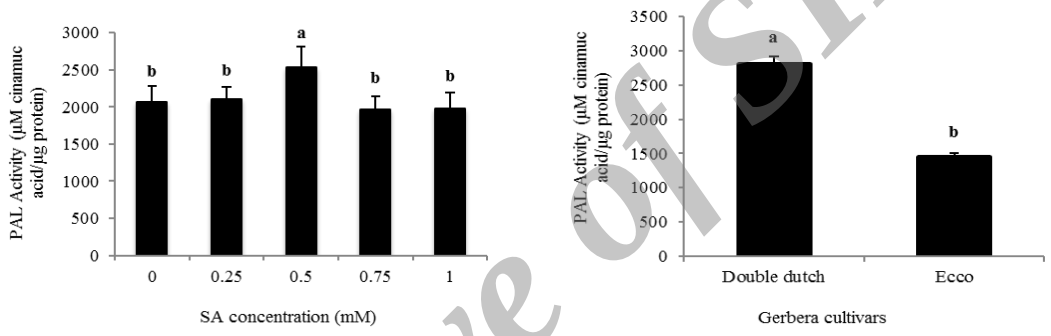
www.SID.ir

نشان داد؛ به‌طوری‌که بیشترین فعالیت آنزیمی در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار حاصل شد (شکل ۱-B).

همچنین نتایج تجزیهٔ واریانس بیانگر تأثیر معنادار اثر متقابل زمان و هورمون (شکل۲)، رقم و زمان (شکل۳) و رقم، زمان و هورمون (جدول۲) بر میزان فعالیت آنزیم PAL در سطح ۱ درصد بود.

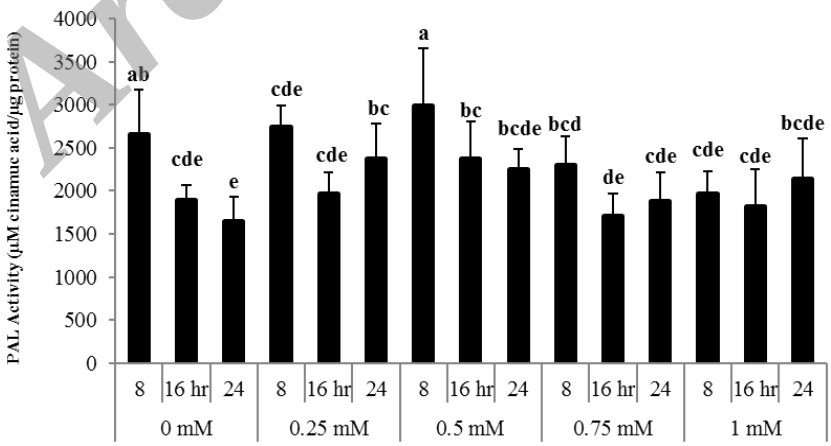
همان‌طوری که در شکل۲ مشاهده می‌شود بیشترین فعالیت PAL مربوط به تیمار ۰/۵ mM و ۸ ساعت اولیه پس از اعمال تیمار و کمترین میزان فعالیت آنزیمی مربوط به تیمار شاهد و ۲۴ ساعت پس از اعمال تیمار است. به عبارت دیگر میزان فعالیت آنزیم PAL در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار ۱/۸ برابر تیمار شاهد بود.

روند فعالیت پس از برداشت آنزیم PAL، بسته به رقم بررسی‌شده متفاوت بود (شکل۳)؛ به‌طوری‌که فعالیت آنزیمی در رقم Double dutch در تمامی زمان‌های پس از برداشت، میزان فعالیت بیشتری در مقایسه با رقم Ecco داشت؛ به علاوه بیشترین فعالیت آنزیمی در ۸ ساعت اولیه پس از شروع اعمال تیمار مشاهده شد. درحالی‌که در رقم Ecco روند فعالیت آنزیم نسبت به زمان رابطه‌ای معکوس داشته و با سپری‌شدن زمان پس از برداشت میزان فعالیت آنزیمی روند نزولی نشان داد.



شکل۱. تأثیر رقم (A) و اسید سالیسیلیک (B) بر فعالیت پس از برداشت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) در گل شاخه‌بریدهٔ ژربرا

(حروف غیرمشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنادار براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن (P<۰/۰۵) و خطای استاندارد (Mean ±SEM) است.)



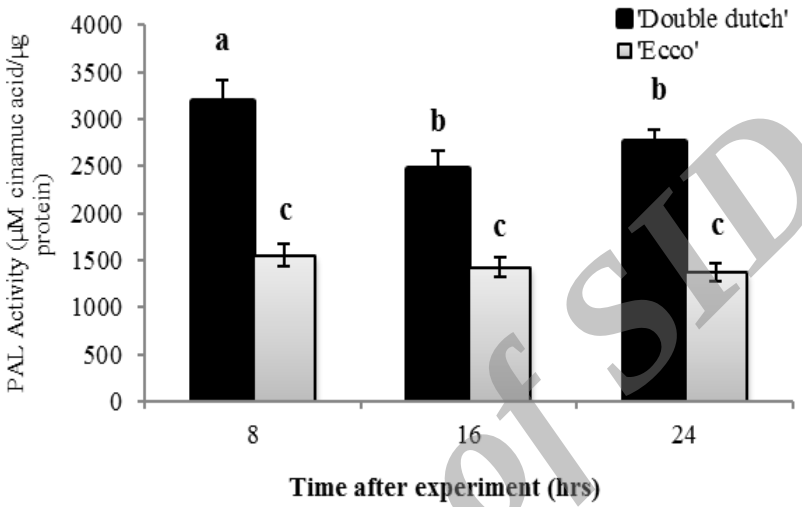
شکل ۲. تأثیر زمان و اسید سالیسیلیک بر فعالیت پس از برداشت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) در گل شاخه‌بریدهٔ ژربرا

(حروف غیرمشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنادار براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن (P<۰/۰۵) و خطای استاندارد (Mean ±SEM) است.)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲ بیانگر میزان و روند فعالیت پس از برداشت آنزیم PAL تحت‌تأثیر اثر متقابل هورمون اسید سالیسیلیک، زمان و رقم است. بر همین اساس بیشترین میزان فعالیت آنزیم PAL در رقم Double dutch، غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۸ ساعت پس از اعمال تیمار مشاهده شد. براساس نتایج آزمایش به‌ویژه در رقم Ecco با درصد خمیدگی زیاد، فعالیت آنزیمی ۲۴ ساعت پس از برداشت روند نزولی نشان داد، بر همین اساس تحریک فعالیت آنزیم PAL در راستای افزایش تشکیل لیگنین در دورهٔ پس از برداشت به‌ویژه برای گل شاخه‌بریدهٔ ژربرا که ساقهٔ گل‌دهندهٔ آن پس از برداشت نیز رشد می‌کند، می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد.



شکل ۳. تأثیر رقم و زمان بر فعالیت پس از برداشت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) در گل شاخه‌بریدهٔ ژربرا
(حروف غیرمشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنادار براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن (P<۰/۰۵) و خطای استاندارد (Mean ±SEM) است.)

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رقم، هورمون سالیسیلیک اسید و زمان بر فعالیت آنزیم PAL در ژربرا

رقم	هورمون سالیسیلیک اسید (mM)	زمان (ساعت) ۲۴	۱۶	۸
'Double dutch'	۰	۲۲۴۳/۳^{defgh†}	۲۱۲۴/۵^{efghi}	۳۷۲۳/۴^{ab}
	۰/۲۵	۳۲۷۱/۹^{bc}	۲۵۰۹/۲^{cdef}	۲۴۵۴/۸^{cdefg}
	۰/۵	۲۶۱۱/۲^{cde}	۳۱۱۶/۳^{bcd}	۴۳۴۲/۸^{a}
	۰/۷۵	۲۵۸۳/۳^{cde}	۱۹۵۰/۱^{efghij}	۳۰۲۳/۸^{bcd}
	۱	۳۰۵۶/۸^{bcd}	۲۶۸۰/۲^{cde}	۲۴۴۲/۱^{cdefg}
'Ecco'	۰	۱۰۶۰/۵^{jk}	۱۶۵۹/۸^{fghijk}	۱۶۰۳/۴^{ghijk}
	۰/۲۵	۱۴۷۹/۲^{hijk}	۱۴۲۹/۶^{hijk}	۱۴۵۶/۱^{hijk}
	۰/۵	۱۹۰۲/۷^{efghij}	۱۶۲۳^{ghijk}	۱۶۳۵/۶^{fghijk}
	۰/۷۵	۱۱۸۳/۳^{jk}	۱۴۵۶/۴^{hijk}	۱۵۸۰/۸^{ghijk}
	۱	۱۲۲۹/۶^{ijk}	۱۴۹۲/۸^{hijk}	۹۵۶/۱^{k}

† میانگین‌هایی که در ستون و ردیف با حروف مشترک مشخص شده‌اند با یکدیگر اختلاف معناداری براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

تشکیل لیگنین

بررسی هیستوشیمیایی ساقه‌های گل‌دهندهٔ ژربرا در تیمارهای مختلف نشان داد که الگوی لیگنینی‌شدن ساقهٔ گل‌دهندهٔ ژربرا بسته به رقم و تیمار هورمونی متفاوت است. همان‌طور که در شکل۴ مشاهده می‌شود میزان تشکیل لیگنین در هر دو رقم در تیمار شاهد (بدون تیمار هورمونی)، به‌مراتب کمتر از تیمار ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک که بیشترین فعالیت آنزیم

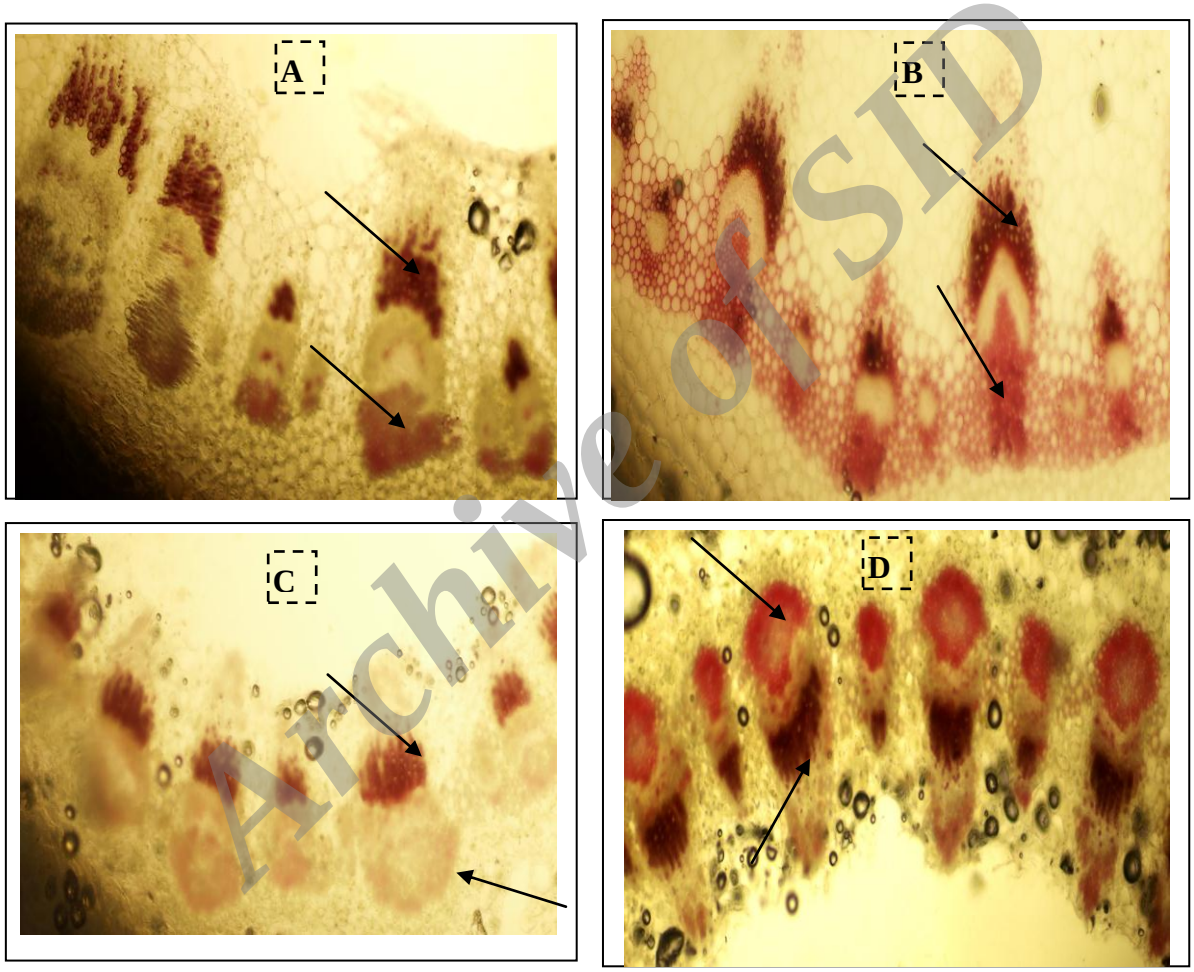
Archive of SID

www.SID.ir

PAL را داشت، بوده است. به عبارتی نتایج حاصل بیانگر ارتباط بین فعالیت آنزیم PAL به‌منزلهٔ کلیدی‌ترین آنزیم دخیل در مسیر بیوسنتز لیگنین و لیگنینی‌شدن ساقهٔ ژربراست.

خمیدگی ساقهٔ گل‌دهنده

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس بیانگر تأثیر معنادار رقم (P<۰/۰۱) و نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین بیانگر تأثیر معنادار رقم، هورمون و اثر متقابل رقم و هورمون بر خمیدگی ساقهٔ ژربراست (P<۰/۰۵). بر همین اساس رقم Double dutch درجهٔ خمیدگی به‌مراتب کمتری نسبت به رقم Ecco داشت. همچنین اسید سالیسیلیک بسته به غلظت و رقم منجر به کاهش درجهٔ خمیدگی پس از برداشت ژربرا شد؛ بر همین اساس رقم Double dutch در تمامی غلظت‌های استفاده‌شده درجهٔ خمیدگی کمتری دارد (شکل۵)؛ به‌طورکلی، بهترین غلظت برای کاهش درجهٔ خمیدگی ساقه، غلظت ۰/۲۵ میلی‌مولار برای هر دو رقم بود.



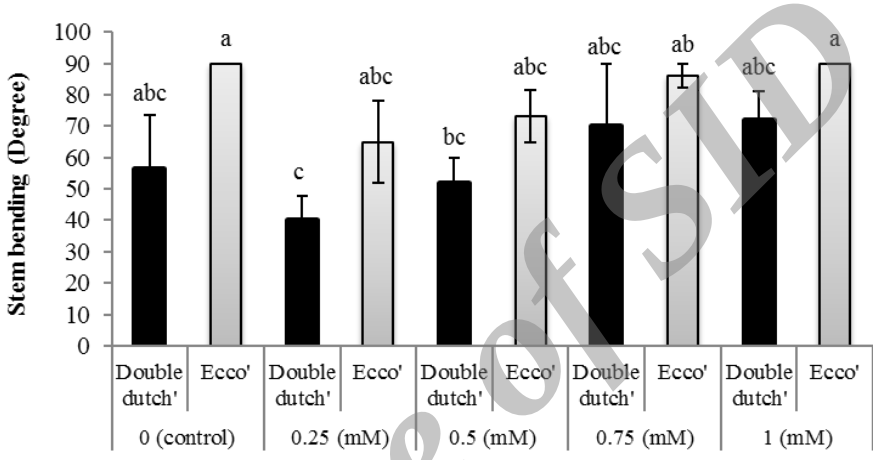
شکل ۴. مقطع عرضی ساقهٔ گل‌دهندهٔ ژربرا پس از برداشت در تیمارهای مختلف (A و B به‌ترتیب تیمار شاهد و ۰/۵ mM اسید سالیسیلیک - رقمDouble dutch؛ C و D به‌ترتیب تیمار شاهد و ۰/۵ mM اسید سالیسیلیک- رقم Ecco) (نواحی قرمزرنگ و مشخص‌شده در شکل بیانگر لیگنینی‌شدن ساقه هستند).

مدت ماندگاری یا دوام عمر پس از برداشت ژربرا تحت‌تأثیر ۲ عامل مهم یعنی پژمردگی و خمیدگی ساقهٔ گل‌دهنده قرار می‌گیرد؛ به عبارتی برخی از ارقام ژربرا پایان عمر گل‌هایشان با شاخص پژمردگی گل و بدون عارضهٔ خمیدگی ساقه تعیین می‌شود، لیکن برخی از ارقام به‌رغم عدم پژمردگی گل، ساقه دچار عارضه خمیدگی شده و براساس کیفیت و رتبه‌بندی گل، ساقه با خمیدگی بیش از ۹۰ درجه ارزش

Archive of SID

www.SID.ir

نگهداری نداشته (Celikle & Reid, 2002) بنابراین خمیدگی بیش از ۹۰ درجه پایان عمر گل محسوب می‌شود. با توجه به نتایج آزمایش رقم Double dutch دوام عمر تقریباً ۲ برابری نسبت به رقم Ecco داشت؛ براساس نتایج یادشده علت اصلی پایان عمر رقم Ecco با توجه به ظاهر شاداب گل، خمیدگی ساقه و نه پژمردگی بود؛ درحالی‌که در رقم Double dutch عمدتاً پژمردگی گل عامل اصلی پایان عمر بوده و خمیدگی مشاهده شده عملاً در روزهای پایانی عمر گل و به‌دلیل کاهش شدید در جذب آب و پژمردگی و درنتیجه عدم استحکام و توانایی ساقه برای نگهداری گل‌آذین به وجود آمده است. Van Meeteren (1978) نشان داد خمیدگی ساقه شدیداً تحت‌تأثیر جذب آب و شادابی گل اتفاق می‌افتد؛ به‌طوری‌که قبل از خمیدگی ساقه افت شدیدی در جذب آب و وزن تر گل رخ می‌دهد. با توجه به نتایج آزمایش کمترین خمیدگی ساقه درغلظت ۰/۲۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در هر دو رقم حاصل شده است.



شکل ۵. تأثیر اسید سالیسیلیک و رقم بر درجهٔ خمیدگی پس از برداشت ژربرای شاخه‌بریده
(حروف غیرمشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنادار براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن (P<۰/۰۵) و خطای استاندارد (Mean ±SEM) است.)

ژنتیک (Ferrante *et al.*, 2007)، تغذیه (Gerasopoulus & Chebli, 1999) دمای جابه‌جایی و انبارداری (Reid, 2001; Celikle & Reid, 2002)، هورمون‌های گیاهی (Mencarlli *et al.*, 1995; Emongor, 2004) و عدم تعادل آبی در آوند چوبی ساقهٔ گل‌دهنده (Hoogerwer & Van Doorn, 1992; Van Doorn & Witte 1994) از دلایل مهم خمیدگی ساقهٔ گل‌دهنده ژربرا هستند. براساس نتایج آزمایش تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک بر دوام عمر و خمیدگی ساقه از دو جنبهٔ بهبود جذب آب و درنتیجه تعادل در روابط آبی ساقهٔ گل‌دهنده و نیز پدیدهٔ تشکیل لیگنین و استحکام ساقه قابل بحث و بررسی است. براساس نتایج آزمایش اسید سالیسیلیک تأثیر مثبتی بر جذب آب، پایداری غشای سلولی و درنتیجه افزایش دوام عمر و کاهش خمیدگی ساقه در ژربرا نشان داد. تعادل آبی به‌منزلهٔ یکی از عوامل مهم کنترل کیفیت و تعیین‌کنندهٔ دوام عمر گل‌های شاخه‌بریده شدیداً تحت‌تأثیر تعادل بین جذب و از دست دادن (تعرق) آب قرار می‌گیرد (Da Silva, 2003). Perike *et al.* (2012) گزارش دادند بین خمیدگی ساقه و روابط آبی ژربرا ارتباط مستقیمی وجود دارد. درنتیجه هر عاملی که منجر به افزایش یا کاهش این تعادل شود نقش بسزایی در پژمردگی و تسریع در پیری گل ایفا می‌کند. بنابراین، تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک می‌تواند به نقش مثبت این هورمون در کنترل شادابی ناشی از بهبود جذب آب، حفظ پایداری غشای سلولی، تأخیر در پژمردگی و درنتیجه کنترل دوام عمر و عارضهٔ خمیدگی ساقه باشد. عامل دوم در ارتباط با تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک را می‌توان به تأثیر مثبت و نقش محرک هورمون اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنزیم PAL و درنتیجه تشکیل لیگنین در ساقهٔ گل‌دهنده مرتبط دانست. بر همین اساس

Archive of SID

www.SID.ir

Chen *et al.* (2006) با بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک در آنزیم PAL و فنیل پروپانوییدها در انگور بیان کردند که تیمار اسید سالیسیلیک منجر به افزایش فنل کل شد. همچنین تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۵۰µM سبب القای فعالیت PAL پس از ۸ ساعت از شروع تیمار شد و بیشترین فعالیت ۱۶ ساعت پس از اعمال تیمار به میزان ۱/۳۹ برابر در مقایسه با شاهد مشاهده شد. در آزمایش دیگری اسید سالیسیلیک با غلظت‌های مختلف از ۰/۰۱ الی ۵ میلی‌مولار در گل‌های شاخه‌بریدهٔ میمون، آنمون و لوپین به‌صورت تیمار کوتاه‌مدت (۲۰ ساعت) بررسی شد. نتایج آزمایش نشان داد که اسید سالیسیلیک مانع از خمیدگی ناشی از زمین‌گرایی در شاخه‌های گل‌دهنده بسته به غلظت استفاده‌شده می‌شود. در این آزمایش تیمار ۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک منجر به افزایش درصد پژمردگی گل‌ها به میزان ۱۰ـ ۱۵ درصد در گل‌های لوپینوس و ۲۰ـ ۵۰ درصد در گل‌های میمون پس از ۵ و ۱۱ روز از شروع آزمایش شد. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تأثیر اسید سالیسیلیک روی خمیدگی ساقه پدیده‌ای وابسته به نوع گل و غلظت اسید سالیسیلیک استفاده‌شده است (Friedman *et al*., 2003). همچنین Perike *et al.* (2012) در بررسی علل خمیدگی ساقه در ژربرا نشان دادند توسعهٔ اسکلرانشیم و تشکیل لیگنین در ساقهٔ گل‌دهنده یکی از عوامل اصلی خمیدگی در ساقهٔ ژربراست. در همین راستا Guosheng *et al.* (2011) در بررسی آناتومی و فیزیولوژی نهنج ساقهٔ گل‌دهندهٔ داوودی شاخه‌بریده فرم اسپری گزارش دادند که ارقام با دوام عمر بالا حاوی عناصر آوندی، مقدار لیگنین و مقدار آب نسبی بیشتری در مقایسه با ارقام با دوام عمر کمتر هستند که با نتایج این پژوهش مبنی بر تأثیر بسزای لیگنین به‌منزلهٔ عامل انتقال‌دهندهٔ آب در ساقه و نیز نقش مهم در استحکام ساقه و درنتیجه افزایش دوام عمر و کاهش خمیدگی ساقهٔ گل‌دهنده، مطابقت و همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادها

در حال حاضر پژوهش‌های بسیار وسیعی برای روشن‌شدن دلایل و برطرف‌کردن عارضهٔ خمیدگی ساقه در ژربرا در حال انجام است؛ بر همین اساس پدیدهٔ تشکیل لیگنین یکی از فرضیه‌های بررسی‌شده در ژربراست. براساس نتایج آزمایش مبنی بر ارتباط بین فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز و درجهٔ خمیدگی ساقه و نیز تأثیر مثبت و محرک اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز و درنتیجه تشکیل لیگنین به‌ویژه طی دورهٔ پس از برداشت هم‌زمان با رشد ساقه در نواحی وقوع خمیدگی گل‌آذین، استفاده از محرک‌های تخصصی این آنزیم و سایر آنزیم‌های دخیل در تشکیل لیگنین و نیز سنجش کمّی لیگنین در راستای افزایش قابل توجه تشکیل لیگنین و نیز حصول نتایج دقیق در آزمایش‌های بعدی ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

REFERENCES

1. Alaey, A., Babalar, M., Naderi, R. & Kafi, M. (2012). Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on physio-chemical attributes in relation to vase life of rose cut flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 61, 91-94.
2. Asrar, A.A. (2012). Effects of some preservative solutions on vase life and keeping quality of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) cut flowers. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11, 29-35.
3. Botondi, R., Esposito, G., Massantini, R. & Mencarlli, F. (1998). Influence of auxins on stem bending in cut gerbera flowers. *Advances in Horticultural Science*, 12, 127-131.
4. Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
5. Cai, C., Xu, C., Li, X., Ferguson, I. & Chen, K. (2006). Accumulation of lignin in relation to change in activities of lignifications enzymes in loquat fruit after harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 40, 163-169.
6. Celikle F. G. & Reid, M. S. (2002). Storage temperature affects the quality of the cut flowers from the Asteraceae. *Hortscience*, 37(1), 148-150.
7. Chen, J., Wen, P. F., Kong, W. F., Pan, Q. H., Zhan, J. c., Li, J. M., Wan, S. B. & Huang, W. D. (2006). Effect of salicylic acid on phenylpropanoids and Phenylalanine ammonia-lyase in harvested grape berries. *Postharvest Biology and Technology*, 40, 64-72.
8. Da Silva, J.A.T. (2003). The cut flower postharvest considerations. *Online Journal of Biological Sciences*, 3, 406-442.

Archive of SID

www.SID.ir

9. Ding, C.K., Wang, C.Y. & Gross, K.C. (2002). Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. *Planta*, 214, 895-901.
10. Elibox, W. & Umaharan, P. (2010). Cultivar differences in the deterioration of vase life in cut flowers of *Anthurium andraeanum* is determined by mechanisms that regulate water uptake. *Scientia Horticulturae*, 124, 102-108.
11. Emongor, V. E. (2004). Effect of gibberellic acid on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (*Gerbera jamesonii*). *Journal of Agronomy*, 3(3), 191-195.
12. Ezhilmathi, K., Singh, V. P., Arora, A. & Sairam, R. K. (2007). Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase of Gladiolus cut flowers. *Plant Growth Regulator*, 51, 99-108.
13. Ferrante, A., Alberici, A., Antonacci, S. & Serra, G. (2007). Effect of Promoter and inhibitors of Phenylalanine Ammonia-Lyase enzyme on stem bending of cut Gerbera flowers. *Acta Horticulturae*, 755, 471-476.
14. Friedman, H., Meir, S., Halvey, H. & Philosoph, S. (2003). Inhibition of the gravitropic bending response of flowering shoots by salicylic acid. *Plant Science*, 165, 905-911.
15. Gerasopoulus, D. & Chebli, B. (1999). Effect of pre and postharvest Calcium application on the vase life of cut gerberas. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74, 78-81.
16. Guosheng, L., Dejuan, T., Fadi, C., Ya, S., Weimin F., Zhiyong, G., Zhaolei, L. & Sumei, C. (2011). The anatomy and physiology of spray cut chrysanthemum pedicels, and expression of a caffeic acid 3-O-methyltransferase homologue. *Postharvest Biology and Technology*, 60, 244-250.
17. Hashemi, M., Mirdehghan, S. H., Farahmand, H. & Dashti, H. (2011). Effect of salicylic acid and methyl jasmonate on quality and vase life of gerbera cut flower (*Gerbera jamesonii* cv. Sazu). *Journal of Horticultural Science*, 26 (3), 311-320. (In Farsi).
18. Hatfield, R. & Vermerris, W. (2001). Lignin Formation in Plants. The dilemma of linkage specificity. *Plant Physiology*, 126, 1351-1357.
19. Hewett, E., Warrington, I. & Hale, C. (2012). Harvesting the Sun; A profile of world horticulture. *Scripta Horticulture*, A publication of the international society for horticultural science (ISHS).
20. Hoogerwerf, A. & Van Doorn, W. (1992). Numbers of bacteria in aqueous solutions used for postharvest handling of cut flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 1, 295-304.
21. Jalili Marandi, R., Hassani, A., Abdollahi, A., & Hanafi, S. (2011). Improvement of the vase life of cut gladiolus flowers by essential oils, salicylic acid and silver thiosulfate. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(20), 5039-5043.
22. Khan, W., Prithviraj, B., & Smith, D. L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal *of Plant Physiology*, 160, 485-492.
23. Li, X., Yang, Y., Yao, J., Chen, G., Li, X., Zhang, Q. and Wu, X. (2009). FLEXIBLE CULM 1 encoding a cinnamyl-alcohol dehydrogenase controls culm mechanical strength in rice. *Plant Molecular Biology*, 69, 685-697.
24. Mencarlli, F., Agostini, R., Botondi, R. & Masantini, R. (1995). Ethylene production, ACC content, PAL and POD activities in excited sections of straight and bent gerbera scapes. *Journal of Horticultural Science*, 70(3), 409-416.
25. Nazari Deljou, M. J., Pour Youssef, M., Karamian, R. & Jaberian, H. H. (2012). Effect of Cultivar on Water Relations and Postharvest Quality of Gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hook f.) Cut Flower. *World Applied Sciences Journal*, 18 (5), 698-703.
26. Perike R. J. P., Raze, D., Harkema, H., Zhong, Y. & Van Doorn, W. G. (2012). Bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. *Scientia Horticulturae*, 74, 11-18.
27. Poovaiah, B. W. & Leopold A. C. (1973). Defferal of leaf. Senescence with calcium. *Plant physiology*, 52, 236-239.
28. Ralph, J., Lundquist, K., Brunow, G., Lu, F., Kim, H., Schatz, P. F., Marita, J. M., Hatfield, R. D., Ralph, S. A. & Christensen, J. H. (2004). Lignins: Natural polymers from oxidative coupling of 4-hydroxyphenylpropanoids. *Phytochemistry Reviews*, 3, 29-60.
29. Raskin, I. (1992). Salicylate, a new plant hormone. *Plant Physiology*, 99, 799-803.
30. Redman, R. S., Freeman, S., Clifton, D. R., Morrel, J., Brown, G. & Rodroguez, R. J. (1999). Biochemical analysis of plant protection afforded by nonpathogenic endophytic mutant of *Colletotrichum magna*. *Plant physiology*, 119, 795-804.
31. Reid, M. (2001). Advances in shipping and handling of ornamentals. *Acta Horticulturae*, 543, 277-284.
32. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. & Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulator*, 30, 157-161.
33. Thulke, O. & Conrath, U. (1998). Salicylic acid has a dual role in the activation of defence-related genes in parsley. *Plant Journal*, 14, 35-42.

Archive of SID

www.SID.ir

34. Van Doorn, W. G. & Witte, Y. D. (1994). Effect of bacteria on scape bending in cut gerbera jamesonii flowers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119, 378- 657.
35. Van Meeteren, U. (1978). Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. The cause of stem break. *Scientia Horticulturae*, 8, 65-74.
36. Vanholme, R., Demedts, B., Morreel, K., Ralph, J. & Boerjan, W. (2010). Lignin Biosynthesis and Structure. *Plant Physiology*, 153, 895-905.
37. Zhong, R., Ripperger, A. & Ye, Z. (2000). Ectopic deposition of lignin in the pith of stems of two Arabidopsis mutants. *Plant Physiology*, 123, 59-69.

Archive of SID

www.SID.ir