مقاله پژوهشی

بررسی اثر ملاتونین بر عمر گلجایی، روابط آبی و ملاتونین درون‌زای گل بریده مریم رقم پرل (*Polianthes tuberosa* cv. Pearl)

خانی شاکرمی، بهمن زاهدی*، عبدالحسین رضایی‌نژاد و صادق موسوی‌فرد

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۱/۰۷)

چکیده

ملاتونین نقش‌های مهم و متفاوتی در بسیاری از جنبه‌های رشدونمو گیاهان دارد. اخیراً مشخص شده که ملاتونین دارای خواص آنتی‌اکسیدانی است و در فرآیندهای جوانه‌زنی، بلوغ، پیری، حفاظت سلولی و مقاومت در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده نقش دارد. با این‌حال نقش آن در فرآیندهای پس از برداشت و روابط آبی گل‌های بریده تا حالا مشخص نشده‌است. در این مطالعه اثر غلظت‌های مختلف ملاتونین در پنج سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار) و در سه زمان (دو، چهار و شش ساعت) به‌صورت تیمار ضربانی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمار ملاتونین منجر به افزایش عمر گلجایی، افزایش گلچه‌های بازشده در گل‌آذین، کاهش تعرق، حفظ تعادل آب، تغییر در کلروفیل، کاروتنوئید و میزان ملاتونین درون‌زا در گل بریده مریم شد. تیمار ۲۵۰ میکرومولار ملاتونین، منجر به افزایش ۱/۵ برابری عمر پس از برداشت گل بریده مریم نسبت به تیمار شاهد شد. بالاترین میزان جذب آب و تعرق در تیمار شاهد و پایین‌ترین میزان جذب آب و تعرق در تیمار ۵۰۰ میکرومولار ملاتونین مشاهده شد. با افزایش غلظت ملاتونین، میزان ملاتونین درون‌زا روند افزایشی نشان داد. کاربرد ملاتونین باعث تغییرات مثبت در میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئید شد. نقش ملاتونین در غلظت‌های بالا (۵۰۰ میکرومولار) ممکن است شبیه اسید آبسیزیک در بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش میزان تعرق باشد و یا در غلظت ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین ممکن است با حفظ رنگیزه‌های گیاهی باعث افزایش عمر گلجایی شود. همچنین ملاتونین با کاهش پتانسیل اسمزی سلول، باعث جذب آب و حفظ شادابی بافت‌های گیاه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تعادل آب، جذب آب، کلروفیل، میزان تعرق

مقدمه

گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) از مهم‌ترین گل‌های بریده (Barba-Gonzalez *et al*., 2012) بعد از گلایول و رز در ایران است (آزادی و همکاران، ۱۳۹۷) و در استان‌های تهران، مرکزی، اصفهان، خوزستان و فارس تولید می‌شود (شور و همکاران، ۱۳۸۴). حفظ کیفیت یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی کیفی گل‌های بریده برای بازارهای داخلی و صادرات بوده (رضایی‌نژاد و حسنوند، ۱۳۹۲) و زمینه‌ساز تحقیقات در گل‌های بریده است. روابط آبی گل‌های بریده وابسته به تعدادی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی و آناتومیکی است که میزان تعرق و جذب آب را تنظیم می‌کنند (Van Doorn, 2012; Fanourakis *et al*., 2012). یکی از عمده‌ترین مشکلات

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Zahedi.b@lu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]

در فیزیولوژی پس از برداشت گل‌های بریده، عدم تعادل بین جذب آب از طریق آوندهای چوبی و از دست‌رفتن آب از طریق روزنه‌های هوایی (تعرق) است (رضایی‌نژاد و اسماعیلی، ۱۳۹۳). کاهش جذب آب و تنش آبی (Van Meeteren and Van Gelder, 1999) در اثر انسداد آوندها منجر به ایجاد پیری و کاهش کیفیت در گل‌های بریده می‌شود (Pompodakis *et al*., 2004; He *et al*., 2006; Naznin *et al*., 2015). هر چند پیری در گل‌های بریده در اثر عواملی از جمله کاهش کربوهیدرات، رشد میکروارگانیسم‌ها (Van Doorn *et al*., 1990)، تولید اتیلن، افزایش دمای انبار و شرایط نامناسب حمل و نقل نیز ایجاد می‌شود (Iqbal *et al*., 2017).

برای افزایش عمر گلجایی گل‌های بریده از مواد مختلفی از جمله تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (Eisinger, 1977; Rezaei Nejad and Van Meeteren, 2007)، ترکیبات کلردار، هیدروکسی کینولین (Bayleyegn *et al*., 2012)، محرک‌های بسته‌شدن روزنه‌ها، اسیدی‌کننده محلول‌ها، قارچکش‌ها و باکتری‌کش‌ها، ساپونین‌ها و یون‌های نقره استفاده می‌شود (ادریسی و همکاران، ۱۳۸۷). این مواد یا به تنهایی و یا در ترکیب با دیگر مواد در محلول‌ها و یا روی بافت‌ها استعمال می‌شوند. در بین کاربرد مواد شیمیایی مختلف، واکنش‌های متفاوتی در کیفیت و عمر گلجایی گل‌های بریده ایجاد می‌شود (Elhindi, 2012; Nazemi Rafi and Ramezanian, 2013; Asif *et al*., 2016).

کاربرد سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های مختلف منجر به افزایش عمر گلجایی گل بریده مریم شد (علیپور و همکاران، ۱۳۹۳). در آزمایشی به‌منظور افزایش عمر گلجایی و روابط آبی در گل بریده مریم از محلول‌های نگهدارنده شامل ساکارز، اسید سیتریک، هیدروکسی کینولین سیترات، نیترات نقره و هیپوکلرید سدیم استفاده شد و بیش‌ترین عمر گلجایی در محلول نگهدارنده حاوی ساکارز + اسید سیتریک + هیدروکسی کینولین سیترات حاصل شد (Naznin *et al*., 2015). در مقایسه محلول‌های نگهدارنده حاوی ساکارز، تیوسولفات نقره، نیترات نقره و اسید سیتریک بر عمر گلجایی گل بریده مریم گزارش شد که بیش‌ترین عمر گلجایی مربوط به محلول حاوی اسید سیتریک و کم‌ترین آن در محلول حاوی تیوسولفات نقره بود (جوکار و صالحی، ۱۳۸۵).

در پژوهشی ویژگی‌های پس از برداشت هشت رقم رز مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به روابط آبی، عمر گلجایی در آن‌ها متفاوت بود. همچنین بهبود روابط آبی (وزن تر نسبی و جذب آب) باعث افزایش عمر گلجایی در برخی از ارقام شد (رضایی‌نژاد و اسماعیلی، ۱۳۹۳). در مطالعه مشاهیری و حسن‌پور اصیل (۱۳۹۶) بیان شد که کاربرد اسید جیبرلیک و اسید هیومیک باعث افزایش عمر گلجایی گل بریده نرگس شده است. اسید آبسیزیک یک القاکننده قدرتمند در بسته‌شدن روزنه‌ها است و کاربرد آن باعث افزایش عمر گلجایی در بعضی از ارقام برگ‌دار گل بریده رز در pH اسیدی شد (Pompodakis *et al*., 2004). در مطالعه Elibox و Umaharan (۲۰۱۰) عمر گلجایی ارقام مختلف گل آنتوریوم با توجه به روابط آبی مورد بررسی قرار گرفت، در این پژوهش عمر گلجای در ارقام با سرعت جذب آب بیش‌تر و تعرق کم‌تر، بالا بود.

ملاتونین (N-acetyl-5-methoxytryptamine) اولین بار توسط Lerner و همکاران (۱۹۵۸) در غده صنوبری مغز گاو شناسایی شد. مطالعات در مورد وجود و اثر ملاتونین در گیاهان از سال ۱۹۹۵ شروع شد (Hattori *et al*., 1995). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که ملاتونین به‌طور معمول در اندام‌های گیاهی مانند بذر، ریشه، برگ، ساقه و میوه و در گونه‌های مختلف گیاهی (برنج، ذرت، گندم، جو، توتون، انگور، یولاف، قهوه، چای، و آرابیدوپسیس) وجود دارد (Hu *et al*., 2016).

ملاتونین یک مولکول پیلوتروپیک با اثرات متعدد سلولی و فیزیولوژیکی است که نقش‌های متفاوتی را در بسیاری از جنبه‌های رشدونمو گیاهان دارد. شواهد نشان می‌دهد که کاربرد ملاتونین، منجر به تأخیر در فرآیند پیری، جمع‌آوری گونه‌های واکنشگر اکسیژن، حفاظت سلولی و افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده می‌شود (Arnao and

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]

Hernandez-Ruiz, 2006, 2013; Hu *et al*., 2016; Fan *et al*., 2018).

گیاهان قادرند ملاتونینی که به‌صورت برون‌زای استعمال شده را برای سنتز درون سلولی، در بافت‌های خود ذخیره کنند. کاربرد غلظت‌های کم ملاتونین (۰/۱ میلی‌مول) در گیاه خردل وحشی، تحریک‌کننده رشد ریشه و در غلظت‌های بالا (۱۰۰ میلی‌مول) بازدارنده رشد است. ملاتونین یک مولکول آب دوست و آب‌گریز (Amphipathic) است و به راحتی از غشای سلول وارد سیتوپلاسم و فضای زیرسلولی می‌شود (Zhang *et al*., 2015).

مطالعات در گیاه آرابیدوپسیس نشان داد که کاربرد ملاتونین با تأثیر بر عمل ژن‌ها، منجر به تأخیر در فرآیند پیری برگ می‌شود (Shi *et al*., 2014). غلظت‌های مختلف ملاتونین در گیاه دندروبیوم (رقم Sonia-28) منجر به افزایش تعداد شاخساره، شاخص رشد و تعداد اندام‌های رویشی (Protocorm-like bodies) شد (Lim *et al*., 2016). در پژوهشی اثر ملاتونین در عمر پس از برداشت کاساوا مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که ملاتونین به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم و با حفظ هموستازی گونه‌های فعال اکسیژن، باعث افزایش عمر پس از برداشت کاساوا شد (Ma *et al*., 2016). کاربرد ملاتونین منجر به کاهش آسیب‌های ناشی از خسارت سرمازدگی در گل بریده آنتوریوم شد (Aghdam *et al*., 2019).

کاربرد ملاتونین در گیاه جو (Barley) منجر به تأخیر در پیری برگ‌ها و کاهش تخریب کلروفیل شد (Hernandez-Ruiz and Arnao, 2009). مطالعات Wang و همکاران (۲۰۱۳) و Shi و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که حفاظت از کلروفیل، شامل کنترل پیری در برگ‌های سیب با میانجی‌گری ملاتونین ایجاد شده است. در بررسی خسارت گونه‌های فعال اکسیژن به کلروپلاست، محققین تصور می‌کنند که ملاتونین ممکن است تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن را خنثی کرده و درنتیجه تخریب کلروفیل کاهش یافته و فرآیند پیری به تأخیر بیافتد (Gao *et al*., 2016). Wang و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که کاربرد ملاتونین بیان ژن‌های تخریب‌کننده کلروفیل [pheide a oxygenase (PaO) و Senescence-associated gene (SAG 12)] را متوقف کرده و همچنین باعث افزایش چرخه اسید آسکوربیک و گلوتاتیون می‌شود درنتیجه موجب کاهش گونه‌های فعال اکسیژن و تأخیر در پیری برگ‌های درخت سیب می‌شود. علاوه بر این، نتایج تحقیقات مبتنی بر متابولومیک و پروتئومیک توانایی ملاتونین در تأخیر پیری برگ را نشان داد (Wang *et al*., 2013).

کاربرد ملاتونین با غلظت ۱۰۰ میکرومولار به‌مدت ۱۰ دقیقه در میوه‌های هلو، باعث تأخیر در روند کاهش وزن میوه‌ها در مدت انبارداری شد (Gao *et al*., 2016). براساس مطالعه Aghdam و Fard (۲۰۱۷) تیمار ملاتونین منجر به کاهش پوسیدگی در میوه‌های توت‌فرنگی شد. مطالعه انجام شده توسط Jannatizadeh و همکاران (۲۰۱۹) در مورد کاربرد ملاتونین در پس از برداشت میوه گوجه‌فرنگی نشان داد که کاهش آسیب‌های سرمازدگی در میوه‌های گوجه‌فرنگی در پاسخ به کاربرد ملاتونین ممکن است در اثر تأمین ATP کافی درون سلولی [که از طریق فعالیت آنزیم‌های H-ATPase، Ca-ATPase، Cytochrome c oxidase (CCO) و سوکسینات دهیدروژناز (SDH) در طی نگهداری در انبار سرد تولید می‌شوند] باشد.

با توجه به گل‌آذین خوشه‌ای و عدم بازشدن اکثر گلچه‌ها در مرحله پس از برداشت، ترکیباتی که باعث بهبود عمر گلجایی و تأخیر در فرآیند پیری گل بریده مریم شوند از نظر تجاری اهمیت زیادی دارند (شور و همکاران، ۱۳۸۹؛ علیپور و همکاران، ۱۳۹۳). با این حال اطلاعاتی در مورد اثر ملاتونین در افزایش عمر گلجایی و روابط آبی گل‌های بریده و گیاهان زینتی موجود نیست. بنابراین با توجه به نقش مفید ملاتونین در سایر گیاهان، این مطالعه با هدف بررسی اثرات کاربرد ملاتونین در روابط آبی، کیفیت پس از برداشت، عمر گلجایی و محتوای ملاتونین درون‌زای گل بریده مریم انجام شد.

مواد و روش‌ها

ملاتونین (نشان Merck) از شرکت کیمیا گستر تهران و گل‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]

بریده مریم رقم پرل (Pearl) از شرکت کشاورزی زنبق محلات تهیه شدند. این آزمایش در سال ۱۳۹۶ به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تکرار اجرا شد. تیمار ملاتونین در پنج سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار) به‌صورت تیمار ضربانی (کوتاه مدت) Pulse-treatment و در سه زمان (دو، چهار و شش ساعت) روی گل بریده مریم استفاده شد. گل‌های مریم، اوایل صبح و در مرحله‌ای که دو گلچه پایینی باز شده بودند تهیه، و بلافاصله به آزمایشگاه پس از برداشت پژوهشکده ملی گل و گیاهان زینتی محلات انتقال یافتند. در آزمایشگاه ابتدا چند سانتی‌متر پایین شاخه‌ها در زیر آب قطع گردید سپس درون سطل آب در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به‌مدت شش ساعت نگهداری شده تا به حداکثر محتوای آب نسبی برسند. بعد از آن تمام شاخه‌ها از نظر طول هم اندازه شده (با طول ۶۰ سانتی‌متر) و برگ‌های پایینی را حذف کرده و تیمارها در مدت زمان‌های مذکور در سطل‌های اتیکت‌دار و در تاریکی اعمال شد. پس از اعمال تیمارها، شاخه‌های گل در ظروف حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر و براساس نقشه طرح بر روی سکو در اتاق آزمایش چیده شدند. به‌منظور جلوگیری از تبخیر سطحی دهانه ظروف با فویل آلومینیومی مسدود شد. دمای آزمایشگاه ۱۸±۲ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵۰±۵ درصد و شدت نور ۱۰ میلی‌مولار بر مترمربع در ثانیه تأمین شد. در این آزمایش فاکتورهای ذیل مورد ارزیابی قرار گرفت.

وزن تر نسبی (Relative fresh weight (RFW: برای اندازه‌گیری وزن تر نسبی گل‌های بریده به‌طور روزانه وزن شاخه‌ها ثبت و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Pouri *et al.*, 2017).

$$RFW\ (\%) = (FW_t / FW_0) \times 100$$

FW_t: وزن شاخه بریده در روزهای صفر تا ۱۲. FW_0: وزن شاخه بریده در روز صفر

میزان جذب آب (Water uptake (WU: برای اندازه‌گیری میزان جذب آب (میلی‌لیتر بر گرم وزن تر در روز) به‌طور روزانه وزن محلول اندازه‌گیری و سپس از رابطه زیر میزان جذب آب محاسبه شد (Pouri *et al.*, 2017).

$$WU\ (ml \cdot gFW^{-1} \cdot d^{-1}) = (V_{t-1} - V_t) / FW_0$$

V_{t-1}: وزن محلول در روز قبل. V_t: وزن محلول در روزهای صفر تا ۱۲. FW_0: وزن شاخه بریده در روز صفر.

میزان از دست‌رفتن آب یا تعرق (Water loss (WL: برای اندازه‌گیری میزان تعرق (میلی‌لیتر بر گرم وزن تر در روز)، وزن کل (وزن محلول + وزن گل بریده) به‌طور روزانه اندازه‌گیری و از رابطه زیر محاسبه شد (Pouri *et al.*, 2017).

$$WL\ (ml \cdot gFW^{-1} \cdot d^{-1}) = (T_{t-1} - T_t) / FW_0$$

T_t: وزن کل در روزهای صفر تا ۱۲. T_{t-1}: وزن کل در روز قبل. FW_0: وزن گل در روز صفر.

تعادل آب (Water balance (WB: برای سنجش تعادل آب از روش Lu و همکاران (۲۰۱۰) استفاده شد (Lu *et al.*, 2010).

$$Water\ balance = WU\text{-}WL$$

WU: جذب آب، WL: تعرق.

درصد گلچه‌های باز شده (The percentage of (PFO florets opened: برای سنجش این فاکتور، تعداد کل گلچه‌ها و گلچه‌های بازشده در شروع آزمایش، و تعداد گلچه‌های باز شده در پایان آزمایش شمارش و ثبت شدند (Ahmad *et al.*, 2011).

عمر گلجایی (Vase life (VL: ابتدا تعداد گلچه‌ها در هر گل‌آذین شمارش و ثبت شد. عمر گلجایی در زمانی که یک سوم تا یک دوم گلچه‌ها پژمرده و یا ریزش می‌یافت، ثبت شد (Dole and Wilkins, 1999).

میزان ملاتونین درون‌زا: آماده‌سازی نمونه‌ها براساس روش Zheng و Ashihara (۲۰۰۴)، انجام شد. بدین منظور ۰/۵ گرم از بافت تر گیاه پس از ساییده‌شدن با نیتروژن مایع، با ۰/۵ گرم اکسید منیزیم مخلوط، و سپس ۱۰ میلی‌لیتر آب و متانول (50:50 v/v) به آن اضافه شد و سوسپانسیون حاصل درون فالکون‌ها ریخته شد. به‌منظور انجام واکنش، فالکون‌های حاوی سوسپانسیون به‌مدت پنج دقیقه در دستگاه التراسونیک و سپس به‌مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم (۸۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند و بلافاصله با استفاده از یخ خنک شدند. مخلوط به مدت پنج دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و با استفاده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]

از فیلترهای غشایی (۰/۴۵ میکرون) فیلتر گردید.

جداسازی و اندازه‌گیری کمی ملاتونین با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (High Performance Liquid Chromatography (HPLC مدل Infinity (Agilent, USA) 1260 با ستون RP-C18 به طول ۱۰ سانتی‌متر، قطر داخلی ۴/۶ میلی‌متر و اندازه ذرات پرکننده پنج میکرومتر صورت گرفت. دستگاه مجهز به یک پمپ رفت و برگشتی با چهار حلال و مدل G1311B، گاززدا، آشکارساز UV-Vis (190-600nm) مدل G1314F مجهز به سل کوارتز و لوپ تزریق نمونه با اندازه ۲۰µL بود. طول‌موج آشکارساز UV در ۲۲۰nm تنظیم گردید. فاز متحرک جهت شویش آنالیت از متانول و بافر فسفات با pH= ۲/۷ با نسبت حجمی (60:40, v/v) و با سرعت جریان $mL.min^{-1}$ ۱ استفاده شد. مقدار ۲۰ میکرولیتر از تمام نمونه‌ها برای اندازه‌گیری ملاتونین به دستگاه تزریق گردید. محلول استاندارد ملاتونین (۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) با حل‌کردن مقدار مشخصی از آن در متانول تهیه گردید. محلول‌های کاری استاندارد در غلظت‌های یک تا ۵۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر ملاتونین با رقیق‌کردن مقدار مشخصی از محلول استوک اصلی با متانول تهیه شدند. سپس منحنی کالیبراسیون استاندارد ترسیم گردید، و غلظت ملاتونین در نمونه‌های واقعی با منحنی استاندارد محاسبه شد (شکل ۱).

میزان کلروفیل و کاروتنوئید: محتوای کلروفیل برگ‌ها به روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) انجام شد. بدین منظور ۰/۱ گرم نمونه برگی در هاون چینی با نیتروژن مایع ساییده، و با ۱۰ میلی‌لیتر استون مخلوط شد. عصاره حاصله به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ، و میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-1800 Spectrophotometer) در طول‌موج‌های ۶۴۴/۸، ۶۶۱/۶ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. سپس میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید از طریق روابط زیر محاسبه شدند.

$$\text{Chlorophyll a} = 11.24 \times (A_{661.6}) - 2.04 \times (A_{644.8})$$
$$\text{Chlorophyll b} = 20.13 \times (A_{644.8}) - 4.19 \times (A_{661.6})$$
$$\text{Total Chlorophyll} = 7.05 \times (A_{661.6}) + 18.09 \times (A_{644.8})$$

$A_{661.6}$: جذب در ۶۶۱/۶ نانومتر، $A_{644.8}$: جذب در ۶۴۴/۸ نانومتر.

$$\text{Cartenoide} = (1000 \times A_{470} - 1.9 \times \text{Chlorophyll a} - 63.14 \times \text{Chlorophyll b}) / 214$$

A_{470}: جذب در ۴۷۰ نانومتر

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای آماری Excel 2016 و Minitab 19 پردازش شدند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار GraphPad.Prism.8 استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

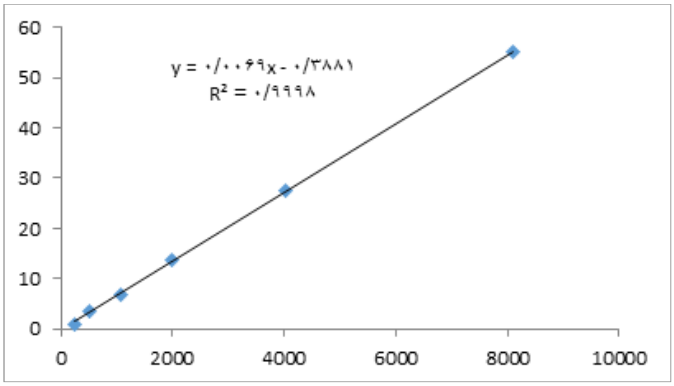
نتایج

عمر گلجایی: براساس نتایج تجزیه واریانس، بین مدت زمان تیمار ضربانی از نظر عمر گلجایی در سطح ۰/۰۱، کاربرد ملاتونین و اثر متقابل کاربرد ملاتونین و زمان تیمار ضربانی در سطح ۰/۰۰۱ اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین عمر گلجایی (۱۰/۱۷ روز) در تیمار ۲۵۰ میکرومولار ملاتونین و کم‌ترین آن (۶/۹۲ روز) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۱). بین غلظت‌های ۵۰ با ۱۰۰ و ۵۰ با ۵۰۰ میکرومولار ملاتونین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در بین مدت زمان اعمال تیمارهای ضربانی، بالاترین میانگین عمر گلجایی (۸/۴۸ روز)، در زمان چهار ساعت و کم‌ترین آن (۸/۰۵ روز) در زمان دو ساعت بود. بررسی اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی، بر عمر گلجایی نشان داد بالاترین عمر گلجایی در ملاتونین ۲۵۰ میکرومولار با زمان چهار ساعت و کم‌ترین آن در ملاتونین صفر میکرومولار با زمان چهار ساعت مشاهده گردید. بین ملاتونین شاهد با زمان‌های تیمار ضربانی اختلاف معنی‌دار نبود.

درصد گلچه‌های بازشده: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، بین مدت زمان تیمار ضربانی روی گلچه‌های باز، در سطح ۰/۰۱، کاربرد ملاتونین و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۰/۰۰۱ تفاوت معنی‌داری بود. نتایج مربوط به مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، بیش‌ترین (۵۹/۶۹٪) و کم‌ترین (۴۵/۳۸٪) درصد گلچه‌های بازشده به‌ترتیب در غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار ملاتونین حاصل شد. بین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]



شکل ۱- منحنی کالیبراسیون استاندارد ملاتونین در غلظت‌های یک تا ۵۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف ملاتونین بر شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده گل بریده مریم رقم پرل

ملاتونین (میکرومولار)	تیمار ضربانی (ساعت)	عمر گلجایی (روز)	گلچه‌های باز شده (٪)	میانگین جذب آب (میلی‌لیتر بر گرم وزن‌تر در روز)	میانگین تعرق	کلروفیل کل
	۲	۷^{e}	۴۷/۴۹^{ghi}	۰/۱۳۸^{ab}	۰/۱۶۱^{bc}	۵/۴۴^{h}
۰	۴	۶/۸۳^{e}	۴۸/۳۰^{fgh}	۰/۱۴۲^{a}	۰/۱۶۸^{a}	۸/۳۲^{g}
	۶	۶/۹۲^{e}	۴۸/۹۷^{fg}	۰/۱۴۰^{ab}	۰/۱۶۵^{ab}	۹/۱۰^{fg}
	۲	۸^{d}	۴۹/۷۸^{ef}	۰/۱۳۶^{b}	۰/۱۵۹^{c}	۱۰/۱۷^{ef}
۵۰	۴	۸/۳۳^{cd}	۵۲/۵۰^{cd}	۰/۱۳۹^{ab}	۰/۱۶۰^{bc}	۱۲/۲۰^{cd}
	۶	۷/۹۲^{d}	۵۲/۲۵^{cd}	۰/۱۳۹^{ab}	۰/۱۶۰^{bc}	۱۲/۱۱^{d}
	۲	۷/۹۲^{d}	۵۱/۶۷^{de}	۰/۰۹۵^{fg}	۰/۱۱۳^{gh}	۱۱/۸۷^{de}
۱۰۰	۴	۸/۲۵^{cd}	۵۱/۵۲^{de}	۰/۰۹۸^{f}	۰/۱۱۶^{g}	۱۷/۰۱^{a}
	۶	۸/۶۷^{c}	۵۲/۸۱^{cd}	۰/۰۹۲^{g}	۰/۱۱۱^{h}	۱۴/۰۳^{bc}
	۲	۹/۴۲^{b}	۵۴/۰۸^{c}	۰/۱۱۱^{e}	۰/۱۳۰^{f}	۸/۷۸^{fg}
۲۵۰	۴	۱۱/۲۵^{a}	۵۹/۶۹^{a}	۰/۱۳۱^{c}	۰/۱۴۶^{d}	۱۴/۱۱^{b}
	۶	۹/۸۳^{b}	۵۶/۷۵^{b}	۰/۱۲۰^{d}	۰/۱۳۵^{e}	۱۱/۷۲^{de}
	۲	۷/۹۲^{d}	۴۸/۴۷^{fgh}	۰/۰۸۶^{h}	۰/۱۰۳^{i}	۸/۳۷^{fg}
۵۰۰	۴	۷/۷۵^{d}	۴۶/۶۸^{hi}	۰/۰۸۷^{h}	۰/۱۰۵^{i}	۱۶/۲۹^{a}
	۶	۷/۸۳^{d}	۴۵/۳۸^{i}	۰/۰۸۶^{h}	۰/۱۰۶^{i}	۱۲/۶۶^{bcd}

میانگین‌های بدون حرف مشترک در ستون‌ها، براساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌داری هستند ($P<0.05$).

غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین اختلاف معنی‌دار نبود. در بین مدت زمان اعمال تیمارهای ضربانی، بالاترین میانگین درصد گلچه‌های بازشده، در زمان چهار ساعت و کم‌ترین آن در زمان دو ساعت بود. بررسی اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی، بر درصد گلچه‌های بازشده نشان داد بالاترین درصد گلچه‌های بازشده در ملاتونین ۲۵۰ میکرومولار با زمان چهار ساعت و کم‌ترین آن در ملاتونین ۵۰۰ میکرومولار با زمان شش ساعت مشاهده گردید (جدول ۱).

وزن تر نسبی گل بریده: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ملاتونین در روز اول در سطح ۰/۰۵ و در روزهای دوم تا دوازدهم در سطح ۰/۰۰۱ بر وزن تر نسبی گل بریده مریم معنی‌دار بود. اثر زمان تیمار ضربانی در روزهای اول،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]

چهارم، پنجم و ششم در سطح ۰/۰۰۱ و در روز هشتم در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار و در بقیه روزها اختلاف معنی‌دار نبود. اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی، هم در روزهای اول و دوم بر وزن تر نسبی گل بریده در سطح ۰/۰۵ و در بقیه روزها در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار بود. روند تغییرات وزن تر نسبی نشان می‌دهد که وزن تر نسبی همه گل‌های بریده ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد وزن تر نسبی در غلظت ۲۵۰ میکرومولار ملاتونین نسبت به شاهد با سرعت کم‌تری کاهش یافته است.

مقایسه میانگین داده‌های زمان تیمار ضربانی، نشان داد که بیش‌ترین وزن تر نسبی گل بریده در روز سوم (۱۰۵/۳۴٪)، و در زمان چهار ساعت تیمار بود با این حال بین زمان‌های تیمار ضربانی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. براساس نتایج تجزیه واریانس، در تیمار ملاتونین بیش‌ترین وزن تر نسبی در روز سوم به تیمار ۲۵۰ میکرومولار ملاتونین و کم‌ترین وزن تر نسبی در روز دوازدهم به تیمار صفر میکرومولار ملاتونین اختصاص یافت. بررسی اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی، بر وزن تر نسبی نشان داد بالاترین وزن تر نسبی (۹۸/۶۰ گرم) به ملاتونین ۲۵۰ میکرومولار با زمان چهار ساعت در روز چهارم (۱۰۸/۵۲٪)، و کم‌ترین (۹۰/۶۴ گرم) آن به ملاتونین صفر میکرومولار با زمان چهار ساعت در روز دوازدهم (۶۷/۶۱٪)، اختصاص یافت (شکل ۲، A-C).

میزان جذب آب: روند تغییرات جذب آب نشان داد که با افزایش مدت نگهداری گل‌های بریده، میزان جذب آب کاهش یافت. جذب آب در روزهای اول تا سوم افزایش و سپس کاهش نشان داد. براساس نتایج تجزیه واریانس، بین غلظت‌های استفاده‌شده از نظر تأثیر در میزان جذب آب اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان جذب آب در تیمار شاهد و کم‌ترین آن در تیمار ۵۰۰ میکرومولار ملاتونین بود (جدول ۱). بررسی اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی، در میانگین جذب آب نشان داد بالاترین میانگین جذب آب در تیمار ملاتونین صفر میکرومولار با زمان چهار ساعت و کم‌ترین آن در تیمار ملاتونین ۵۰۰ میکرومولار با زمان شش ساعت مشاهده گردید. بین ملاتونین ۵۰۰ میکرومولار با زمان‌های مختلف تیمار ضربانی اختلاف معنی‌دار نبود. روند تغییرات جذب آب نشان داد که با افزایش مدت نگهداری گل‌های بریده، میزان جذب آب کاهش یافت. جذب آب در روزهای اول تا سوم افزایش و سپس کاهش نشان داد.

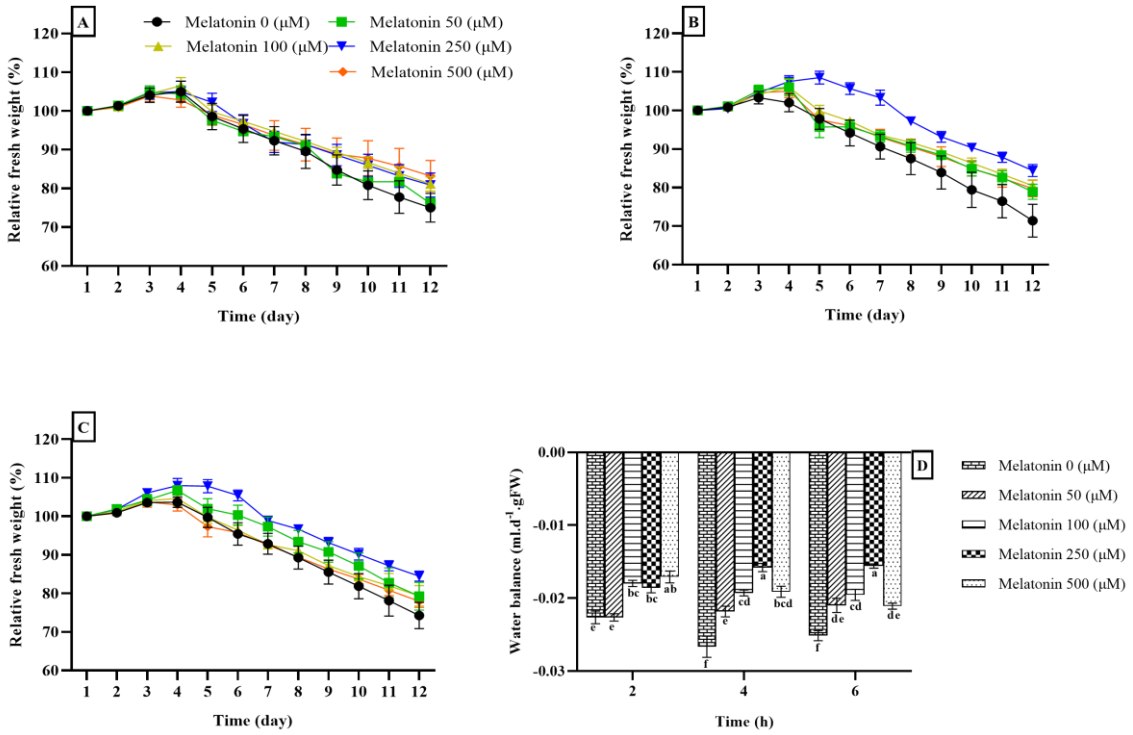
میزان از دست‌رفتن آب (تعرق): براساس نتایج تجزیه واریانس، بین غلظت‌های ملاتونین از نظر میزان تعرق اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان تعرق در تیمار شاهد و کم‌ترین آن در تیمار ۵۰۰ میکرومولار ملاتونین بود (جدول ۱). بررسی اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی، در میانگین تعرق نشان داد بالاترین میانگین تعرق در ملاتونین صفر میکرومولار با زمان چهار ساعت و کم‌ترین آن در ملاتونین ۵۰۰ میکرومولار با زمان دو ساعت مشاهده گردید. بین ملاتونین ۵۰۰ میکرومولار با زمان‌های مختلف کاربرد اختلاف معنی‌دار نبود.

تعادل آب: براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر کاربرد ملاتونین و اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی ملاتونین در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار بود اما اثر مدت زمان تیمار ضربانی ملاتونین با تعادل آب، اختلاف معنی‌داری نشان نداد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعادل آب در تیمار ۲۵۰ میکرومولار و کم‌ترین آن در تیمار شاهد بود. بین تیمارهای ۵۰۰ و ۵۰ میکرومولار ملاتونین اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۱). بررسی اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی، در تعادل آب نشان داد بالاترین تعادل آب در ملاتونین ۲۵۰ میکرومولار با زمان شش ساعت و کم‌ترین آن در ملاتونین صفر میکرومولار با زمان چهار ساعت مشاهده گردید. بین ملاتونین صفر میکرومولار با زمان‌های چهار و شش ساعت اختلاف معنی‌دار نبود.

میزان کلروفیل و کاروتنوئید: نتایج آنالیز تجزیه واریانس نشان داد اثر ملاتونین و زمان تیمار ضربانی ملاتونین بر کلروفیل "a"، کلروفیل "b" و کلروفیل کل در سطح ۰/۰۰۱

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]

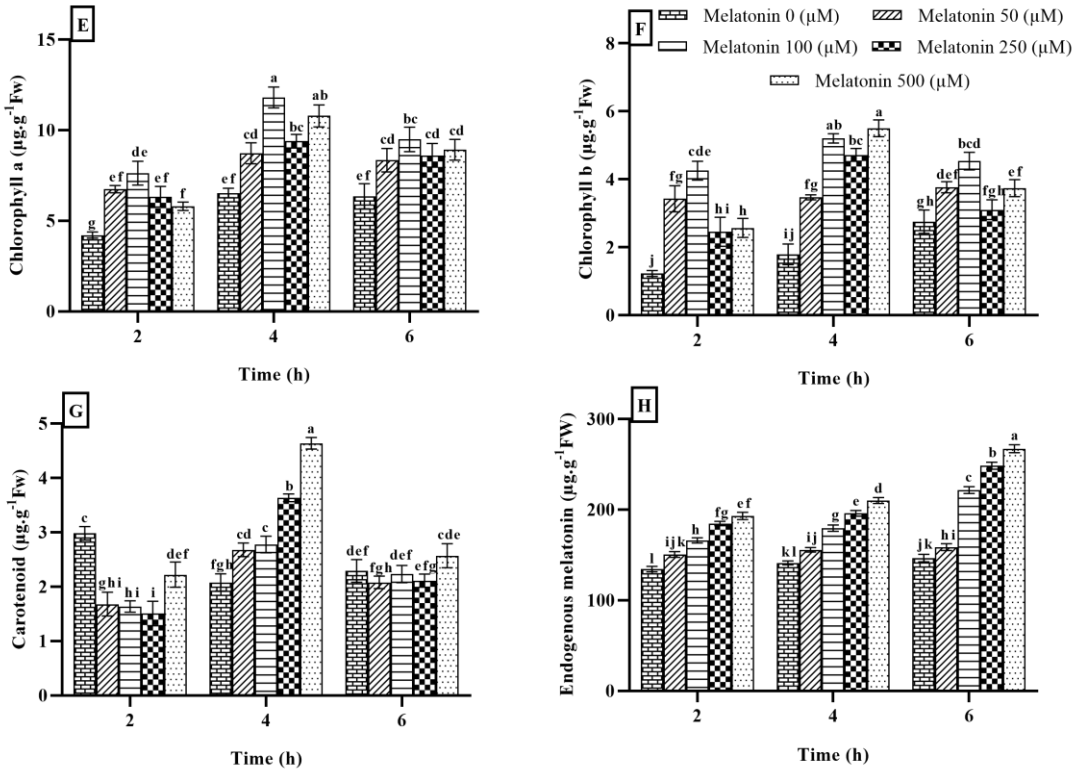


شکل ۲- روند تغییرات وزن تر نسبی گل بریده مریم در پاسخ به کاربرد ضربانی ملاتونین به‌مدت دو ساعت (A). روند تغییرات وزن تر نسبی گل بریده مریم در پاسخ به کاربرد ضربانی ملاتونین به‌مدت چهار ساعت (B). روند تغییرات وزن تر نسبی گل بریده مریم در پاسخ به کاربرد ضربانی ملاتونین به‌مدت شش ساعت (C). مقایسه میانگین غلظت‌های ملاتونین و زمان تیمار ضربانی در تعادل آب گل بریده مریم (D). در نمودارهای A, B, C هر نقطه نشان‌دهنده میانگین ۱۲ تکرار ± خطای استاندارد، و در نمودار D هر ستون نشان‌دهنده میانگین ۱۲ تکرار ± خطای استاندارد است.

معنی‌دار بود. در بین این رنگیزه‌ها اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی ملاتونین، بر میزان کلروفیل "b" و کلروفیل کل در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بود. بررسی مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد میزان کلروفیل "a"، کلروفیل "b" و کلروفیل کل (جدول ۱) در زمان تیمار ضربانی، به‌مدت چهار ساعت دارای بیش‌ترین میزان و در زمان دو ساعت تیمار دارای کم‌ترین میزان بودند. بررسی اثر ملاتونین بر میزان کلروفیل نشان داد بیش‌ترین میزان کلروفیل "a" و "b" و کلروفیل کل در تیمار ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین و کم‌ترین آن‌ها در تیمار شاهد بود. همچنین بررسی اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی ملاتونین در کلروفیل "b" نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل "b" در زمان چهار ساعت و ملاتونین ۵۰۰ میکرومولار و کم‌ترین آن در زمان دو ساعت و ملاتونین صفر میکرومولار مشاهده گردید. بررسی اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی ملاتونین در کلروفیل کل نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل کل در زمان چهار ساعت و ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار و کم‌ترین آن در زمان دو ساعت و ملاتونین صفر میکرومولار مشاهده گردید.

نتایج آنالیز تجزیه واریانس نشان داد اثر ملاتونین، زمان تیمار ضربانی ملاتونین و اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی، بر کاروتنوئیدها در گل مریم به‌ترتیب در سطوح ۰/۰۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ معنی‌دار بود. بررسی اثر ملاتونین بر میزان کاروتنوئید نشان داد بیش‌ترین میزان کاروتنوئید در تیمار ۵۰۰ میکرومولار ملاتونین و کم‌ترین آن‌ها در تیمار میکرومولار ۵۰ ملاتونین بود، بین تیمارهای صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ میکرومولار ملاتونین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بررسی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]



شکل ۳- مقایسه میانگین غلظت‌های ملاتونین و مدت زمان تیمار ضربانی بر میزان کلروفیل "a" گل بریده مریم (E). مقایسه میانگین غلظت‌های ملاتونین و مدت زمان تیمار ضربانی بر میزان کلروفیل "b" گل بریده مریم (F). مقایسه میانگین غلظت‌های ملاتونین و مدت زمان تیمار ضربانی بر میزان کاروتنوئید گل بریده مریم (G). مقایسه میانگین غلظت‌های ملاتونین و مدت زمان تیمار ضربانی بر میزان ملاتونین درون‌زا در گل بریده مریم (H). هر ستون نشان‌دهنده میانگین سه تکرار ± خطای استاندارد است. میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (P<0.05).

اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی ملاتونین روی کاروتنوئید نشان داد که بیش‌ترین میزان کاروتنوئید در زمان چهار ساعت تیمار و ملاتونین ۵۰۰ میکرومولار و کم‌ترین آن در زمان دو ساعت تیمار و ملاتونین ۲۵۰ میکرومولار مشاهده گردید (شکل ۳، E-G).

میزان ملاتونین درون‌زا: بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر غلظت‌های ملاتونین، زمان تیمار ضربانی ملاتونین و اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی، هر سه در سطح ۰/۰۰۱ روی میزان ملاتونین درون‌زا، تأثیر معنی‌داری داشته‌اند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان ملاتونین درون‌زای در زمان شش ساعت تیمار، دارای بیش‌ترین مقدار و در زمان دو ساعت تیمار، دارای کم‌ترین میزان بود. به‌طوری‌که میزان ملاتونین درون‌زای گیاهان در زمان شش ساعت تیمار ۱/۶۹ برابر گیاهان در زمان دو ساعت تیمار بود. همچنین بیش‌ترین میزان ملاتونین درون‌زای در کاربرد تیمار ۵۰۰ میکرومولار ملاتونین و کم‌ترین آن در تیمار صفر میکرومولار ملاتونین بود. به‌طورکلی با افزایش کاربرد سطوح ملاتونین میزان ملاتونین درون‌زای افزایش نشان داد.

بررسی اثر متقابل ملاتونین و زمان تیمار ضربانی ملاتونین، بر میزان ملاتونین درون‌زای نشان داد بالاترین میزان ملاتونین درون‌زای در زمان شش ساعت تیمار و ملاتونین ۵۰۰ میکرومولار و کم‌ترین آن در زمان دو ساعت تیمار و ملاتونین صفر میکرومولار مشاهده گردید (شکل ۲، H و شکل‌های ۴، ۵ و ۶).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]

بحث

کاربرد ملاتونین در مرحله پس از برداشت باعث افزایش عمر گلجایی، بهبود روابط آبی، پایداری رنگیزه‌های گیاهی و محتوای ملاتونین درون‌زای گل بریده مریم شد. تعرق مداوم و کاهش جذب آب از محلول‌های گلدانی، منجر به تنش کمبود آب و کاهش کیفیت در گل‌های بریده می‌شود (van Doorn, 2012; Pompodakis *et al*., 2004). در این آزمایش عمر گلجایی گل بریده مریم در غلظت ۲۵۰ میکرومولار ملاتونین نسبت به تیمار شاهد بیش‌تر بود. تیمار ضربانی ۲۵۰ میکرومولار ملاتونین به‌مدت چهار ساعت، منجر به افزایش ۱/۵ برابری عمر پس از برداشت گل بریده مریم نسبت به تیمار شاهد شد که ممکن است مربوط به میزان اسید آبسیزیک و بسته‌شدن روزنه‌ها باشد. نتایج ما با نتایج مطالعه Pompodakis و همکاران (۲۰۰۴) در مورد اثر اسید آبسیزیک بر عمر گلجایی و کاهش تعرق در گل رز رقم Baccara مطابقت داشت. کاهش عمر گلجایی گل مریم در تیمار شاهد، ممکن است ناشی از روابط آبی ضعیف باشد (Mortensen and Gislerod, 1999).

تغییرات وزن تر یکی از مهم‌ترین فاکتورهای نشان‌دهنده کیفیت گل بریده پس از برداشت است زیرا این فاکتور برآیندی از میزان جذب آب و تعرق در گل بریده است. حفظ وزن تر در گل‌های بریده، از پژمردگی گل جلوگیری کرده و عمر گل را افزایش می‌دهد. همچنین از نظر روند تغییرات وزن تر با زمان، سریع‌ترین کاهش وزن در تیمار شاهد و حداقل کاهش وزن در غلظت ۲۵۰ میکرومولار مشاهده شد (رضایی‌نژاد و اسماعیلی، ۱۳۹۳).

پیری یک فرآیند طبیعی و برنامه‌ریزی‌شده، در همه موجودات زنده است و بیش از ۸۰۰ ژن مرتبط با پیری در آن دخیل هستند. در فرآیند پیری ماکروملکول‌ها (پروتئین‌ها و لیپیدها) هیدرولیزشده و ترکیبات حاصله به مناطق مصرف در گیاه منتقل می‌شوند. شکسته‌شدن پروتئین‌هایی مانند روبیسکو و پروتئین‌های متصل به کلروفیل، منجر به تجزیه کلروپلاست می‌شود. تخریب فتوسیستم‌های I و II با انتشار و تجزیه کلروفیل‌ها همراه است در این حالت ممکن است ملاتونین نقش آنتی‌اکسیدانی داشته و از تجمع رادیکال‌های آزاد جلوگیری کرده و منجر به تأخیر در فرآیند پیری شود (Arnao and Hernandez-Ruiz, 2009). روند پیری در گیاهان معمولاً با زردی و کاهش کلروفیل برگ‌ها شروع می‌شود. کاربرد ملاتونین روند زردی و کاهش کلروفیل در برگ درخت سیب را سرکوب می‌کند (Wang *et al*., 2013). نتایج این تحقیق با نتایج Arnao و Hernandez-Ruiz (۲۰۰۹) در گیاه جو (Barley) و Wang و همکاران (۲۰۱۱) در درخت سیب و مؤثربودن ملاتونین در مورد افزایش میزان کلروفیل در برگ مطابقت داشت.

یکی از صفات مطلوب در گل بریده مریم، تعداد گلچه‌های باز در گل‌آذین است (شور و همکاران، ۱۳۸۴). حفظ تعادل آبی باعث افزایش تعداد گلچه‌های بازشده در گل مریم و افزایش بازارپسندی می‌شود (علیپور و همکاران، ۱۳۹۳). تیمار ۲۵۰ میکرومولار ملاتونین باعث افزایش تعداد گلچه‌های باز در گل‌آذین شد که ممکن است در اثر تعادل مناسب آب در بافت‌های گیاهی باشد. در این آزمایش، تیمارهای ضربانی ۱۰۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار ملاتونین باعث کاهش میزان تعرق و تعادل آبی مطلوب نسبت به تیمار شاهد شد. این یافته‌ها با نتایج اثر ملاتونین در کاهش میزان تعرق در گیاه گاردنیا (Gardenia) مطابقت داشت (Zhao *et al*., 2017) کاهش میزان تعرق منجر به تأخیر در شروع تنش آبی می‌شود (van Doorn, 2012). همچنین نتایج ما با تحقیقات Gao و همکاران (۲۰۱۶)، Ma و همکاران (۲۰۱۶) همخوانی داشت.

به‌نظر می‌رسد که دلایل عمده در افزایش عمر گلجایی گل بریده مریم در پاسخ به کاربرد ملاتونین، جلوگیری از تجزیه کلروفیل، کنترل تعرق و بهبود روابط آبی باشد. در مطالعه Gao و همکاران (۲۰۱۶) تأخیر در روند کاهش وزن (میزان تعرق) میوه‌ها با کاربرد ملاتونین گزارش شده‌است.

در این مطالعه افزایش عمر گلجایی با افزایش جذب آب مرتبط نبود، اما با کاهش میزان تعرق ارتباط داشت و از این نظر با مطالعه Elibox و Umaharan (۲۰۱۰) مطابقت نشان داد. کاربرد ملاتونین پتانسیل اسمزی سلول را کاهش داده، درنتیجه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]

منجر به افزایش جذب آب می‌شود (Bhatla, 2018). در مطالعه Zhai و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شد که کاربرد ملاتونین در گلابی به‌عنوان متعادل‌کننده تولید اتیلن عمل کرده و باعث تأخیر در فرآیند رسیدن میوه (Ripening) می‌گردد. محدودیت در تولید اتیلن از نرم‌شدن و پیری میوه جلوگیری می‌کند (Zhang *et al*., 2018; Zhai *et al*., 2018). کاربرد ملاتونین در گل مریم به‌نظر می‌رسد که از تولید اتیلن جلوگیری کرده و روند پیری را با تأخیر مواجه می‌کند.

نتیجه‌گیری

کاربرد ملاتونین در سال‌های اخیر به‌عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدان، در پس از برداشت گیاهان رو به افزایش است. به طورکلی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد، که کاربرد ملاتونین در حفظ کیفیت گل بریده مریم تأثیرگذار بوده و بر ویژگی‌های مهمی مثل عمر گلجایی، بازشدن گلچه‌های بسته، روابط آبی، رنگیزه‌های گیاهی و میزان ملاتونین درون‌زا تأثیر قابل‌توجهی داشت. همچنین با توجه به آثار مخرب زیست‌محیطی برخی از ترکیبات در محلول‌های نگهداری گل‌های بریده، ملاتونین فاقد اثرات زیانبار بوده و از این نظر می‌تواند در پس از برداشت گل‌های بریده مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

ادریسی، ب.، کلایی، ع. و حسینی نیا، ا. (۱۳۸۷) بررسی اثر مواد شیمیایی بر ماندگاری و کیفیت رز شاخه بریده رقم Ilona. مجله کشاورزی ۱۰: ۳۲-۲۱

آزادی، پ.، خرازی، س. م.، نالوسی، ا. و حسن‌پور، آ. (۱۳۹۷) آمار و اقتصاد گل و گیاهان زینتی در ایران و جهان. چاپ اول. انتشارات تایماز. تهران.

جوکار، م. م. و صالحی، ح. (۱۳۸۵) تأثیر محلول‌های نگهدارنده مختلف بر عمر گلجایی گل بریده مریم گل درشت محلات. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۳: ۳۰۸-۲۹۹.

رضایی‌نژاد، ع. و اسماعیلی، ا. (۱۳۹۳) مقایسه برخی ویژگی‌های فیزیومورفولوژیکی هشت رقم رز شاخه بریده. به‌زراعی کشاورزی ۱۶: ۶۷۴-۶۶۳.

رضایی‌نژاد، ع. و حسنوند، ع. (۱۳۹۲) تأثیر حذف برگ به همراه افزودن ساکارز بر عمر گل بریده و ویژگی‌های روابط آبی سه رقم رز گلخانه‌ای (*Rosa hybrid* L.). تولیدات گیاهی ۳۶: ۱۲۰-۱۰۹.

شور، م.، تهرانی‌فر، ع. و خشنود یزدی، ا. (۱۳۸۹) اثر برخی عناصر غذایی کم مصرف بر صفات کمی گل مریم رقم دابل. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴: ۴۵-۵۲.

شور، م.، خلیقی، ا.، امیدبیگی، ر. و نادری، ر. (۱۳۸۴) اثر اسید جیبرلیک و ۶- بنزیل آدنین بر روی صفات کمی گل مریم *Polianthes tuberosa* L.. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۲: ۴۴-۳۸.

علیپور، س.، نصیبی، ف. و فرهمند، ه. (۱۳۹۳) بررسی اثر غلظت‌های متفاوت سدیم نیتروپروساید (SNP) بر صفات فیزیولوژیکی و افزایش عمر گلجایی گل شاخه بریده مریم (*Polianthes tuberosa* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۲۷: ۹۱۴-۹۰۴.

مشاهیری، ی. و حسن‌پور اصیل، م. (۱۳۹۶) بررسی اثرات اسید جیبرلیک و اسید هیومیک بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک و عمر گلجایی گل شاخه بریدنی نرگس. نشریه پژوهش‌های گیاهی ۲۴: ۹۲-۷۹.

Aghdam, M. S. and Fard, J. R. (2017) Melatonin treatment attenuates postharvest decay and maintains nutritional quality of strawberry fruits (*Fragaria* × *anannasa* cv. Selva) by enhancing GABA shunt activity. Food Chemistry 221: 1650-1657.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]

Aghdam, M. S., Jannatizadeh, A., Sabzi Nojadeh, M. S. and Ebrahimzadeh, A. (2019) Exogenous melatonin ameliorates chilling injury in cut anthurium flowers during low temperature storage. Postharvest Biology and Technology 148: 184-191.

Ahmad, I., Joyce, D. C. and Faragher, J. D. (2011) Physical stem-end treatment effects on cut rose and acacia vase life and water relations. Postharvest Biology and Technology 59: 258-264.

Arnao, M. B. and Hernandez-Ruiz, J. (2006) The physiological function of melatonin in plants. Plant Signaling and Behavior 3: 89-95.

Arnao, M. B. and Hernandez-Ruiz, J. (2009) Protective effect of melatonin against chlorophyll degradation during the senescence of barley leaves. Journal of Pineal Research 46: 58-63.

Arnao, M. B. and Hernandez-Ruiz, J. (2013) Growth conditions determine different melatonin levels in *Lupinus albus* L. Journal of Pineal Research 55: 149-155.

Asif, M., Ahmad, I., Qasim, M. and Ahmad, R. (2016) Effect of pulsing with various preservatives on postharvest performance of cut *Polianthes tuberosa* L. 'Single' spikes. Pakistan Journal Agriculture Science 2: 331-338.

Barba-Gonzalez, R., Rodriguez-Dominguez, J. M., Castaneda-Saucedo, M. C., Rodriguez, A., Van Tuyl, J. M. and Tapia-Campos, E. (2012) Mexican Geophytes I. The Genus Polianthes. Floriculture and Ornamental Biotechnology.

Bayleyegn, A., Tesfaye, B. and Workneh, T. S. (2012) Effects of pulsing solution, packaging material and passive refrigeration storage system on vase life and quality of cut rose flowers. African Journal of Biotechnology 16: 3800-3809.

Bhatla, S. C. (2018) Recently discovered plant growth regulators. In: Plant Physiology, Development and Metabolism (eds. Bhatla, S. C. and Lal, M. A.) Pp. 681-728. Springer Nature Singapore, Pte Ltd.

Dole, J. M. and Wilkins, H. F. (1999) Floriculture Principles and Species. Prentice-Hall, Inc.

Eisinger, W. (1977) Role of cytokinins in carnation flower senescence. Plant Physiology 59: 707-709.

Elhindi, K. M. (2012) Evaluation of several holding solutions for prolonging vase-life and keeping quality of cut sweet pea flowers (*Lathyrus odoratus* L.). Saudi Journal of Biological Sciences 19: 195-202.

Elibox, W. and 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 1: 102-108.

Fan, J., Xie, Y., Zhang, Z. and Chen, L. (2018) Melatonin: A multifunctional factor in plants. International Journal of Molecular Sciences 5: 1528.

Fanourakis, D., Carvalho, S. M. P., Almeida, D. P. F., van Kooten, O., van Doorn, W. G. and Heuvelink, E. (2012) Postharvest water relations in cut rose cultivars with contrasting sensitivity to high relative air humidity during growth. Postharvest Biology and Technology 64: 64-73.

Gao, H., Zhang, Z. K., Chai, H. K., Cheng, N., Yang, Y., Wang, D. N., Yang, T. and Cao, W. (2016) Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit. Postharvest Biology and Technology 118: 103-110.

Hattori, A., Migitaka, H., Iigo, M., Itoh, M., Yamamoto, K., Ohtani-Kaneko, R., Hara, M., Suzuki, T. and Reiter, R. J. (1995) Identification of melatonin in plants and its effects on plasma melatonin levels and binding to melatonin receptors in vertebrates. Biochemistry Molecular Biology International 3: 627-634.

He, S., Joyce, D. C., Irving, D. E. and Faragher, J. D. (2006) Stem end blockage in cut Grevillea 'Crimson Yul-lo'inflorescences. Postharvest Biology and Technology 1: 78-84.

Hu, W., Kong, H., Guo, Y., Zhang, Y., Ding, Z., Tie, W., Yan, Y., Huang, Q., Peng, M., Shi, H. and Guo, A. (2016) Comparative physiological and transcriptomic analyses reveal the actions of melatonin in the delay of postharvest physiological deterioration of cassava. Frontiers in Plant Science 7: 736.

Iqbal, N., Khan, N. A., Ferrante, A., Trivellini, A., Francini, A. and Khan, M. I. R. (2017) Ethylene role in plant growth, development and senescence: Interaction with other phytohormones. Frontiers in Plant Science 1-19.

Jannatizadeh, A., Aghdam, M. S., Luo, Z. and Razavi, F. (2019) Impact of exogenous melatonin application on chilling injury in tomato fruits during cold storage. Food and Bioprocess Technology 5: 741-750.

Lerner, A. B., Case, J. D., Takahashi, Y., Lee, T. H. and Mori, W. (1958) Isolation of melatonin, the pineal gland factor that lightens melanocyte S1. Journal of the American Chemical Society 10: 2580-2587.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Academic Press 350-382.

Lim, M. S., Antony, J. J. J., Shahinul Islam, S. M., Suhana, Z. and Sreeramanan, S. (2016) Effects of melatonin on colchicine-treated PLBs of dendrobium sonia-28 orchid. Applied biochemistry and biotechnology 1-17.

Lu, P., Cao, J., He, S., Liu, J., Li, H., Cheng, G., Ding, Y. and Joyce, D. C. (2010) Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. Movie Star Flowers, Postharvest Biology and Technology 3: 196-202.

Ma, Q., Zhang, T., Zhang, P. and Wang, Z. Y. (2016) Melatonin attenuates postharvest physiological deterioration of cassava storage roots. Journal of Pineal Research 4: 424-434.

Mortensen, L. M. and Gislerod, H. R. (1999) Influence of air humidity and lighting period on growth, vase life and water relations of 14 rose cultivars. Scientia Horticulturae 3-4: 289-298.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]

Nazemi Rafi, Z. and Ramezanian, A. (2013) Vase life of cut rose cultivars 'Avalanche' and 'Fiesta' as affected by nano-silver and S-carvone treatments. South African Journal of Botany 86: 68-72.

Naznin, A., Hossain, M. M., Ara, K. A., Islam, M. M. and Mokarroma, N. (2015) Effect of different preservatives on vase life of Tuberose. Journal of Ornamental Plants 2: 105-113.

Pompodakis, N. E., Joyce, D. J., Terry, L. A. and Lydakis, D. E. (2004) Effects of vase solution pH and absisic acid on the longevity of cut 'Baccara' roses. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 79: 828-832.

Pouri, H. A., Rezaei Nejad, A. and Shahbazi, F. (2017) Effects of simulated in-transit vibration on the vase life and post-harvest characteristics of cut rose flowers. Horticulture, Environment, and Biotechnology 1: 38-47.

Rezaei Nejad, A. and van Meeteren, U. (2007) The role of abscisic acid in disturbed stomatal response characteristics of *Tradescantia virginiana* during growth at high relative air humidity. Journal of Experimental Botany 3: 627-636.

Shi, H., Reiter, R. J., Tan, D. and Chan, Z. (2014) Indole-3-acetic acid inducible 17 positively modulates natural leaf senescence through melatonin-mediated pathway in Arabidopsis. Journal of Pineal Research 1-8.

van Doorn, W. G. (2012) Water relations of cut flowers: An update. Horticultural Reviews 40-55.

van Doorn, W. G., de Witte, Y. and Perik, R. R. J. (1990) Effect of antimicrobial compounds on the number of bacteria in stems of cut rose flowers. Journal of Applied Bacteriology 68: 117-122.

van Meeteren, U. and van Gelder, H. (1999) Effect of time since harvest and handling conditions on rehydration ability of cut chrysanthemum flowers. Postharvest Biology and Technology 16: 169-177.

Wang, P., Sun, X., Chang, C., Feng, F., Liang, D., Cheng, L. and Ma, F. (2013) Delay in leaf senescence of *Malus hupehensis* by long-term melatonin application is associated with its regulation of metabolic status and protein degradation. Journal of Pineal Research 4: 424-434.

Wang, P., Yin, L. H., Liang, D., Li, C., Ma, F. W. and Yue, Z. Y. (2011) Delayed senescence of apple leaves by exogenous melatonin treatment: Toward regulating the ascorbate-glutathione cycle. Journal of Pineal Research 53: 11-20.

Zhai, R., Liu, J., Liu, F., Zhao, Y., Liu, L., Fang, C., Wang, H., Li, X., Wang, Z., Ma, F. and Xu, L. (2018) Melatonin limited ethylene production, softening and reduced physiology disorder in pear (*Pyrus communis* L.) fruit during senescence. Postharvest Biology and Technology 139: 38-46.

Zhang, N., Sun, Q., Zhang, H., Cao, Y., Weeda, S., Ren, S. and Guo, Y. (2015) Roles of melatonin in abiotic stress resistance in plants. Journal of Experimental Botany 3: 647-656.

Zhang, Y. J., Huber, D., Hu, M., Jiang, G., Gao, Z., Xu, X., Jiang, Y. and Zhang, Z. (2018) Melatonin delays postharvest browning in litchi fruit by enhancing anti-oxidative processes and oxidation repair. Journal of Agricultural and Food Chemistry 66.

Zhao, D., Wang, R., Meng, J., Li, Z., Wu, Y. and Tao, J. (2017) Ameliorative effects of melatonin on dark-induced leaf senescence in gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis): Leaf morphology, anatomy, physiology and transcriptome. Scientific Reports 1: 10423.

Zheng, X. and Ashihara, H. (2004) Distribution, biosynthesis and function of purine and pyridine alkaloids in *Coffea arabica* seedlings. Plant Science 3: 807-813.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]

The effects of melatonin on the vase life, water relations and endogenous melatonin of cut Tuberose cv. Pearl (*Polianthes tuberosa* L.)

Khani Shakarami, Bahman Zahedi*, Abdolhossein Rezaei Nejad, Sadegh Mousavi-fard

Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

(Received: 19/10/2019, Accepted: 26/01/2021)

Abstract

Melatonin plays important and different roles in many aspects of plant growth and development. Recently, it has been shown that melatonin possesses antioxidant properties and plays in processes of germination, maturation, senescence, cytoprotection, as well as resistance to biotic and abiotic stress and etc. However, its role in post-harvest processes and water relations cut flowers has not yet been determined. In this study, the effects of different concentrations of melatonin on five levels (0, 50, 100, 250 and 500 µM) and three times (2, 4 and 6 hours) on the cut tuberose cv. Pearl were investigated as pulse treatments. Therefore cut flowers were transferred to distilled water and evaluated daily for vase life and water relations. However, pulse treatments for 4 h with 250 µM melatonin solutions extended vase life and suppressed a reduction in fresh weight during the post-harvest period. The amounts of water uptake and water loss by the cut flowers decreased upon melatonin treatment. The results showed that melatonin treatment resulted in prolonged vase life, increasing the number of opened florets in the inflorescence, reducing water loss and maintaining the water balance in cut tuberose. Treatment of 250 µM melatonin resulted in a 1.5-fold increase in vase life of cut tuberose compared to the control treatment. The highest water uptake and water loss were observed in the control treatment and the lowest water uptake and water loss were observed in treatment with 500 µM melatonin. As melatonin concentration increased, endogenous melatonin levels increased. Melatonin application caused a positive change in chlorophyll and carotenoid levels. The role of melatonin at high concentrations (500 µM) may be similar to the abscisic acid in stomata closure and transpiration reduction, or at concentrations of 100 and 250 µM melatonin, possibly maintaining cells membrane integrity, might cause turgidity of cells.

Keywords: Chlorophyll, Water balance, Water loss, Water uptake.

Corresponding author, Email: Zahedi.b@lu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.20.6]