Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 52, No 2, Summer 2021 (269-280)
DOI: 10.22059/ijhs.2020.287494.1701

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۰ (ص ۲۸۰-۲۶۹)

مقاله پژوهشی:

اثر پلی‌آمین‌ها بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گل شاخه‌بریدنی زنبق (*Iris hollandica* 'Blue Magic')

سید هاشم مرتضوی[۱]، مسعود ارغوانی[۲*]، معظم حسن‌پور اصیل[۳] و عزیزاله خیری[۲]
۱ و ۲. دانشجوی دکتری و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۳. استاد، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲)

چکیده

پلی‌آمین‌ها گروهی از پلی‌کاتیون‌های آلی با وزن مولکولی کم هستند که دو یا تعداد بیشتری گروه آمین دارند و به دلیل نقش مثبت آنها در بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه، کاربرد آنها در کشاورزی رو به افزایش است. این پژوهش گلخانه‌ای به منظور بررسی اثر پلی‌آمین‌ها بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گل شاخه‌بریدنی زنبق (*Iris hollandica* 'Blue Magic') به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو نوع پلی‌آمین پوتریسین و اسپرمین هر کدام در چهار سطح (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) انجام شد. محلول پاشی تیمارها از مرحله ۳ برگی، هر هفته یک بار به مدت ۹ هفته انجام شد. نتایج نشان داد پوتریسین و اسپرمین عمر گلجای و قطر گل را افزایش دادند و بیشترین تأثیر مربوط به تیمار پوتریسین با غلظت ۲ میلی‌مولار بود. بالاترین میزان آنتوسیانین‌های گلبرگ‌ها و محتوای کلروفیل کل برگ ها در گیاهانی که با ۲ میلی‌مولار پوتریسین و اسپرمین تیمار شده بودند، مشاهده شد. تمام تیمارهای پلی‌آمین باعث افزایش وزن تر و مواد جامد محلول گل ها پس از برداشت شدند و بیشترین افزایش با تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار به‌دست آمد. بر اساس نتایج تحقیق تیمارهای پوتریسین ۲ میلی‌مولار و اسپرمین ۱ میلی‌مولار با توجه به کاهش میزان نشت‌یونی، تجمع کمتر مالوندی‌آلدهید و بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و آسکوربات‌پراکسیداز بهترین نتایج را در بر داشتند.

واژه‌های کلیدی: **آنتوسیانین گلبرگ، آنزیم کاتالاز، اسپرمین، پوتریسین، عمر گلجای.**

Effect of polyamines on morphophysiological characteristics of Dutch iris (*Iris hollandica* 'Blue Magic') cut flower

Seyed Hashem Mortazavi[1], Masoud Arghavani[2*], Moazzam Hassanpour Asil[3] and Azizollah Kheiri[2]
1, 2. Ph. D. Candidate and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
3. Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
(Received: Aug. 18, 2019- Accepted: Jan. 22, 2020)

ABSTRACT

Polyamines are low molecular weight organic polycations containing two or more amino groups and their application in agriculture is going to increase as a result of their positive impact on plant physiological responses. This greenhouse study was applied in a factorial experiment based on completely randomized design to evaluate the effects of polyamines (putrescine and spermine) at four levels (0, 0.5, 1 and 2 mM) on morphophysiological characteristics of Dutch iris (*Iris hollandica* 'Blue Magic'). Foliar spraying treatments were performed from 3-leaf stage, weekly. The results showed that putrescine and spermine increased vase life and flower diameter and the highest record was observed in 2 mM putrescine treatment. Plants that treated with 2 mM putrescine and spermine had the greatest amount of petals anthocyanin and leaf chlorophyll content. All polyamines treatments increased post-harvest flower fresh weight and petals soluble solids content and the maximum rise was detected by 2 mM putrescine application. According to the results of this study, the best results were found in both 2 mM putrescine and 1 mM spermine treatments, where the lowest electrolyte leakage and malondialdehyde content and the most antioxidant enzymes catalase and ascorbate peroxidase activities was obtained.

Keywords: Catalase, petals anthocyanin, putrescin, spermine, vase life.

* Corresponding author E-mail: arghavani@znu.ac.ir

مقدمه

زنبق متعلق به تیره Iridaceae و یکی از گیاهان پیازی و زینتی مهم در مناطق معتدل می‌باشد که گونه‌ها و رقم‌های آن در اکثر نقاط جهان به‌خوبی رشد می‌کنند. این گیاه در سطح وسیعی برای تزئین پارک‌ها و تولید گل شاخه‌بریدنی استفاده می‌شود. زنبق‌ها در سراسر مناطق معتدل و نیمه گرمسیری نیمکره شمالی وجود دارند و بیش از ۳۰۰ گونه از آنها شناخته شده اند. زنبق‌های هلندی دارای ساقه ذخیره‌ای از نوع سوخ هستند (Naseri & Ebrahimgourvi, 2014). با توجه به اهمیت اقتصادی گل‌های شاخه‌بریدنی و عمر پس از برداشت کوتاه گل این گیاه، ارائه راهکارهایی برای افزایش ماندگاری آن ضروری به‌نظر می‌رسد. پلی‌آمین‌ها نقش حیاتی در زیست شناسی، فیزیولوژی و چرخه‌های زیستی گیاهان دارند. میزان رشد گیاهان به طور مستقیم به میزان پلی‌آمین‌های یاخته وابسته است و توقف بیوسنتز این مواد باعث کندی و یا توقف رشد گیاه می‌شود (Bais & RavishanKar, 2002). پلی‌آمین‌ها (PAs)، پلی‌کاتیون‌های آلی با وزن مولکولی کم هستند که دو یا تعداد بیشتری گروه آمین (NH_2) دارند و به عنوان گروه جدیدی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی معرفی شده‌اند. دی آمین پوتریسین (PUT) و مشتقات آن تری آمین اسپرمیدین (SPD) و تترا آمین اسپرمین (SPM)، معمولی ترین پلی‌آمین‌ها در گیاه هستند که در فرآیندهای فیزیولوژیکی زیادی مانند رویان‌زایی، تقسیم سلولی، تمایز، گلدهی، رسیدن میوه‌ها، ریشه‌زایی و مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی نقش دارند (Abdel Aziz Nahed *et al.*, 2009). پلی‌آمین‌ها به‌عنوان دسته جدیدی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، پیام‌رسان‌های ثانویه هورمونی و یکی از منابع تأمین‌کننده کربن و نیتروژن (حداقل در کشت بافت) نیز شناخته شده‌اند (Liu *et al.*, 2007). نتایج تحقیقات انجام‌شده نشان می‌دهد که با کاربرد پوتریسین ویژگی‌های گل‌ها و محتوای رنگ دانه‌های نور ساختی در گل شاخه‌بریدنی داودی بهبود یافت (Mahros *et al.*, 2013). بررسی اثر پلی‌آمین‌ها بر فیزیولوژی و کیفیت پس از برداشت رز شاخه‌بریدنی رقم رد برلین نشان داد که تیمار پلی‌آمین‌ها باعث افزایش محتوای آنتوسیانین‌ها و جلوگیری از تخریب رنگیزه‌های نورساختی شده و عمر گلجای را افزایش داد (Rubinowska *et al.*, 2013). بررسی تأثیر پوتریسین بر پیری برگ گیاه گلدانی آفتابگردان زینتی نشان داد کاربرد بیرونی پوتریسین وضعیت فیزیولوژیکی گیاه آفتابگردان زینتی را بهبود بخشیده و باعث بهبود فعالیت آنزیم کاتالاز شد و همچنین تجمع رنگیزه‌ها را نسبت به گیاهان شاهد افزایش داد (Rubinoska & Miachalek, 2009). تیمار قبل و بعد از برداشت پوتریسین در گل شاخه‌بریدنی آلسترومریا منجر به افزایش عمر گلجایی، حفظ کیفیت و بهبود رابطه آبی نسبت به تیمار شاهد شده است (Soleimany-Fard *et al.*, 2014). نتایج یک تحقیق روی گل شاخه‌بریدنی لیزیانتوس نشان داد تیمار پیش از برداشت پوتریسین با غلظت ۲ میلی‌مولار منجر به افزایش عمر گلجایی، حفظ بهتر وزن تر نسبی و جذب آب نسبی و همچنین باعث کاهش میزان نشت یونی، تجمع کمتر مالون دی آلدهید، فعالیت کمتر آنزیم لیپوکسیژناز، تجمع کمتر H_2O_2 و بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز نسبت به تیمار شاهد گردید (Ataee *et al.*, 2017). از آنجایی‌که پلی‌آمین‌ها در تنظیم فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی گیاه نقش دارند، می‌توان با استفاده از آن‌ها به تحریک و یا افزایش کیفیت گل‌ها اقدام کرد، بنابر این کاربرد پلی‌آمین‌ها به صورت محلول پاشی برگ‌ها در زمان رشد تأثیر مطلوبی بر گلدهی دارد که در این خصوص تیمار محلول پاشی برگ‌ها با پوتریسین موجب افزایش عملکرد گل و بهبود خصوصیات کمی و کیفی گل‌ها در کوکب شد (Mhgoub *et al.*, 2011). همچنین نتایج تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که محلول پاشی برگ‌ها با پوتریسین در گلایل، سبب افزایش کیفیت صفات رویشی و گلدهی و افزایش کربوهیدرات کل و کلروفیل شد (Abdel Aziz Nahed *et al.*, 2009). با توجه به اهمیت بهبود خصوصیات کمی و کیفی و عمر گلجایی گل شاخه‌بریدنی زنبق، این آزمایش با هدف مطالعه اثر پوتریسین و اسپرمین بر رشد، کیفیت و ماندگاری این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

جهت اجرای این پژوهش سوخ وارداتی از کشور هلند رقم *Blue Magic* از واردکننده معتبر تهیه و به مدت ۸ هفته در انکوباتور با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد جهت تأمین نیاز سرمایی قرار گرفت. بعد از ضد عفونی سوخ‌ها، در گلدان‌های از پیش آماده شده در گلخانه با دهانه ۱۸ سانتی‌متر که حاوی ترکیبی از خاک برگ پوسیده و ماسه (۱:۱) بود کشت گردید. پس از ضد عفونی بستر کاشت داخل هر گلدان یک پیاز کشت شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار در ۴ تکرار و هر تکرار ۳ گلدان و جمعاً ۱۹۲ گلدان انجام شد. تیمارها شامل محلول پاشی با پلی‌آمین پوتریسین با چهار غلظت صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار و پلی‌آمین اسپرمین با چهار غلظت صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار انجام گردید. تیمارها در مرحله ۳ برگی هر هفته یک بار انجام گرفت. بعد از سبز شدن سوخ‌های کاشته شده در گلدان، جهت تأمین نور مورد نیاز (۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ لوکس) از ۴ عدد لامپ سدیمی فشار قوی ۴۰۰ وات که در ارتفاع یک و نیم متری بالای گلدان‌ها نصب شده بودند، استفاده گردید. مدت زمان روشنایی ۱۱ ساعت (هفت صبح تا شش بعدازظهر) در نظر گرفته شد. در طول دوره رشد صفات مختلف مورفولوژیک مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت گل‌ها در مرحله رنگ گرفتن غنچه برداشت و بعد از قرار گرفتن در آزمایشگاه (رطوبت نسبی آزمایشگاه ۷۰ درصد، دما ۱ ±۲۰ درجه سلسیوس و میزان نور ۱۵ میکرومول بر متر مربع در ثانیه به مدت ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی)، تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک آنها پس از برداشت نیز بررسی شد.

قطر گل و عمر گلجایی

قطر گل به وسیله کولیس ورنیه اندازه‌گیری (بر حسب میلی‌متر) شد.گل‌ها در مرحله رنگ گرفتن غنچه‌ها برداشت و عمر گلجایی از زمان برداشت گل‌ها تا زمانی که گلبرگ‌ها تورژسانس و شادابی خود را کامل از دست دادند بر حسب روز ثبت گردید. طول دوره روشنایی ۱۴ ساعت در شبانه روز بود.

آنتوسیانین گلبرگ‌ها و مقدار سبزینه برگ (کلروفیل)

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل در گلبرگ، نیم گرم گلبرگ با کمک نیتروژن مایع در داخل هاون آسیاب شده و سپس به آن متانول اسیدی (متانول به نسبت حجمی یک درصد کلریدریک اسید) اضافه شد، حلال مورد استفاده جهت استخراج آنتوسیانین‌ها، متانول اسیدی بود. برای سنجش میزان آنتوسیانین، نمونه‌ها به مدت یک شبانه روز در بافر استخراج قرار گرفت و در یخچال گذاشته شدند و سپس سانتریفیوژ گردیده، مایع بالایی نمونه‌ها جدا شده و برای خواندن با استفاده از روش اختلاف جذب در pH های مختلف {بافر ۱(pH=۱) و بافر ۲ (pH=۴/۵)} با اسپکتروفوتومتر مدل (JENWAY-6405.UV/Vis) در دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر استفاده گردید (Sankla *et al.*, 2005). به منظور اندازه‌گیری کلروفیل کل از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته استفاده گردید و دیسک‌های کوچکی از برگ تهیه شد. ۰/۵ گرم از بافت برگ را با استون ۸۰ درصد به‌تدریج ساییده و حجم محلول با استون ۸۰ درصد به ۲۰ میلی‌لیتر رسانیده شد و محلول حاصل در ۵۰۰۰ دور به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ گردید و سپس جذب نوری محلول رویی توسط اسپکتروفتومتر در طول موج های ۶۴۵ و۶۶۳ نانومتر به ترتیب برای کلروفیل a وb قرائت شد و کلروفیل کل بر اساس رابطه ذیل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Arnon, 1967).

Chlorophyll a+ b = 20.2 (A645) + 8.02 (A663)

مواد جامد محلول و وزن تر نسبی

میزان مواد جامد محلول گلبرگ توسط دستگاه رفراکتومتر (CETI, Belgium) اندازه‌گیری شد. به این صورت که قطعاتی از گلبرگ هر نمونه تهیه و قطره‌ای از عصاره آن بر روی منشور دستگاه قرار داده شد و عدد مربوطه جهت تعیین میزان مواد جامد محلول که برحسب درصد بیان می‌شود، قرائت شد. برای اندازه‌گیری وزن تر نسبی، گل‌های شاخه‌بریدنی در روزهای صفر (روز برداشت)، سوم و هشتم با یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۱ درصد توزین گردید و سپس اعداد به‌دست‌آمده توسط فرمول زیر محاسبه شد (Chamani *et al.*, 2012).

Relative fresh weight=$W_t/W_{t=0}\times100$ (وزن تر نسبی)

W_t= وزن شاخه در روز ۳ و ۸، $W_{t=0}$= وزن همان شاخه در روز صفر.

وزن‌تر نسبی هر تیمار در روز اول به منزله وزن تر پایه (روز صفر) در نظر گرفـه شده و تغییرات در روزهای بعد نسبت به آن سنجیده شد.

اندازه‌گیری نشت یونی گلبرگ‌ها

برای اندازه‌گیری نشت یونی، برش‌هایی از گلبرگ‌ها تهیه شده و درون فالکون‌های ۵۰ میلی‌لیتری قرار داده شد و آنگاه میزان ۲۵ میلی لیتر آب مقطر دو بار تقطیر شده به آن اضافه شد. سپس فالکون‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق روی دستگاه شیکر قرار داده شد و پس از این مدت با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی، هدایت الکتریکی (EC1) آنها اندازه‌گیری شد. فالکون‌های حاوی نمونه‌ها به مدت سی دقیقه در دمای ۱۲۱ درجهٔ سلسیوس و فشار ۱ اتمسفر اتوکلاو شدند. پس از سرد شدن فالکون‌های حاوی نمونه‌ها تا دمای اتاق، دوباره هدایت الکتریکی (EC2) آنها اندازه‌گیری شد و میزان نشت یونی از رابطهٔ زیر محاسبه گردید (Jiang & Chen, 1995).

$EL(\%) = (EC_1/EC_2) \times 100$

EL= درصد نشت یونی، EC= هدایت الکتریکی اولیه، EC_2= هدایت الکتریکی ثانویه

اندازه‌گیری میزان مالون‌دی‌آلدهید

میزان ۱ گرم از بافت گلبرگ همراه با نیتروژن مایع در هاون خرد شد. پودر گلبرگ درون فالکون‌های ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد، آنگاه میزان ۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷)، که درون ظرف یخ قرار داشت به آن اضافه شد. فالکون‌ها در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس به مدت سی دقیقه با سرعت ۱۴۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ شدند. سپس ۱ میلی‌لیتر از محلول رویی ناشی از سانتریفیوژ به لوله‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل گردید و ۱ میلی‌لیتر محلول ۰/۵ درصد تیوباربیوتیک اسید حاوی تری کلرواستیک اسید ۲۰ درصد به آن افزوده شد و در حمام آب گرم به مدت سی دقیقه گرما داده شد. در این مرحله به منظور توقف واکنش، ظرف محتوای مخلوط گرما داده شد و به سرعت درون بستر یخ قرار گرفت و اجازه داده شد به مدت سی دقیقه در بستر یخ بماند. مخلوط سرد شده با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ده دقیقه در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس سانتریفوژ شد. سپس میزان جذب مخلوط با دستگاه طیف سنج نوری در دو طول موج ۵۳۲ نانومتر و ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان مالون دی آلدهید با استفاده از رابطهٔ زیر بر حسب نانومول بر گرم وزن تر بیان شد (Stewart & Beweley, 1980).

$MDA= [(532\ nm - 600\ nm) / (QDX\ QF)] \times DF$

MDA= میزان مالون‌دی‌آلدهید بر حسب نانومول بر گرم وزن تر، QD= قطر کووت (۱سانتی‌متر)، QF= ضریب خاموشی ۱۵۵ میلی‌مولار بر سانتی‌متر، DF= عامل رقت (در این روش ۲۰ است).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT)

فعالیت آنزیم کاتالاز در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس بااستفاده از طیف سنج نوری اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز طول موج ۲۴۰ نانومتر استفاده شد. محلول‌ها و مواد استفاده‌شده شامل ۳۰۰۰ میکرو لیتر بافر فسفات (pH=7) ۵۰ میلی‌مولار، ۱۰۰ میکرولیتر عصارهٔ آنزیمی، ۵ میکرو لیتر پراکسیدهیدروژن (H_2O_2)، ۳۰ درصد به آن اضافه و فعالیت آنزیم به مدت دو دقیقه در فاصله‌های ۲۰ ثانیه‌ای ثبت شد (Aebi, 1984). بیشترین جذب پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر صورت گرفت. از این رو با آغاز واکنش به وسیلهٔ آنزیم کاتالاز به تدریج از میزان پراکسید هیدروژن در مخلوط واکنش کم و در نتیجه میزان جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر نیز کاهش یافت. فعالیت آنزیم کاتالاز به صورت واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین عصاره ارزیابی شد. یک واحد آنزیم معادل مقدار آنزیمی است که یک میکرومول پراکسید هیدروژن را در یک دقیقه خنثی می‌کند.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX)

در نتیجهٔ واکنش بین آسکوربات پراکسیداز و آسکوربیک اسید و H_2O_2 دهیدروآسکوربات تولید می‌شود که در طول موج ۲۹۰ نانومتر خوانده می‌شود. محیط واکنش حاوی ۶۰۰ میکرولیتر از EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، ۱۵۰۰

میکرولیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷)، ۴۰۰ میکرولیتر آسکوربیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار، ۴۰۰ میکرولیتر (H_2O_2) ۳۰ درصد و ۱۰۰ میکرولیتر عصارهٔ آنزیمی بود. سنجش فعالیت آنزیم درطول ۴ دقیقه ثبت شد. با گذشت زمان واکنش، روند افزایش در میزان جذب مشاهده شد. فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به‌صورت واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین عصاره ارزیابی شد. یک واحد آنزیم معادل مقدار آنزیمی است که یک میکرومول آسکوربیک اسید را در یک دقیقه خنثی می‌کند. (Ranieri *et al*., 2003).

آنالیز آماری داده ها با نرم افزار SAS، مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون توکی و رسم نمودار با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

قطر گل و عمر گلجایی

با افزایش غلظت پوتریسین تا ۲ میلی‌مولار قطر گل و عمر گلجایی افزایش پیدا کرد. بیشترین قطر گل‌ها در تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار با میانگین ۱۰۵/۰۴ میلی-متر و کمترین آن‌ها در تیمار آب مقطر (شاهد) با میانگین ۹۵/۹۳ میلی‌متر مشاهده گردید (شکل ۱). همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمین با میانگین ۱۰۴/۳۹ میلی‌متر با تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد با میانگین ۹۴/۳۹ میلی‌متر توانست قطر گل‌ها را افزایش دهد (شکل ۱). اثر متقابل پوترسین و اسپرمین بر صفات مطالعه شده معنی دار نشد (جدول ۱). بیشترین عمر گلجایی گل‌ها در تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار با میانگین ۱۵/۲۹ روز و کمترین آن‌ها در تیمار آب مقطر (شاهد) با میانگین ۱۰/۹۳ روز مشاهده گردید (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد تیمار اسپرمین ۲ میلی‌مولار با میانگین ۱۴/۹۵ روز با تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد با میانگین ۱۱/۱۴ روز توانست عمر گلجایی گل‌ها را افزایش دهد (جدول ۲). افزایش قطر گل در تیمار پلی‌آمین به دلیل افزایش میزان جذب محلول و مواد جامد محلول در گل‌های تیمار شده نسبت به گیاهان شاهد است. نتایج مشابهی از کاربرد پلی‌آمین‌ها و افزایش قطر گل رز مشاهده گردیده است (Hosseini Farahi *et al*., 2013). همچنین گزارش شده است که محلول‌پاشی قبل از برداشت اسپرمین، در حدود سه روز عمر گلجایی ژربرا را نسبت به شاهد افزایش داد (Mohammadi *et al*., 2021). بررسی‌های پیشین نشان داد کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پوتریسین به همراه تیامین و آسکوربیک اسید منجر به بهبود ویژگی‌های رویشی و زایشی گلایل شده است (Abdel Aziz Nahed *et al*., 2009). نتایج تحقیقات پیشین نشان داد که در رز، طول ساقه گل، قطر گل و طول گل به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار پلی‌آمین‌ها قرار گرفت (Hosseini-Farahi *et al*., 2013). گزارش شده محلول‌پاشی با تیمار ۲۰۰ قسمت در میلیون پوتریسین در داوودی قطر گل‌آذین را نسبت به شاهد افزایش داد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (Mahros *et al*., 2011). ارتباط متضاد بین تولید اتیلن و پلی‌آمین‌ها به سبب ساز و کار رقابتی زیست توده این دو ماده است که دارای پیش ماده مشترک s-آدنوزیل متیونین (SAM) هستند (Sood & Nagar, 2008). پلی‌آمین‌ها با جلوگیری از نسخه برداری، تولید و فعالیت آنزیم ACC سنتاز تولید اتیلن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. توانایی پلی‌آمین‌ها در متوقف کردن فعالیت آنزیم ACC اکسیداز با از بین‌بردن رادیکال‌های آزاد سوپر اکسید که برای تبدیل ACC به اتیلن ضروری اند، به کاهش تولید اتیلن منجر می‌شود (Drolet *et al*., 1986). همچنین، کاربرد پلی‌آمین‌ها می‌تواند به طور معنی‌داری وزن‌تر، جذب محلول نگدارنده، باز شدن گل و عمر گلجایی گل رز را بهبود دهد. تیمار با ۰/۱ میلی‌مولار در لیتر اسپرمین باعث حفظ قندهای احیا و پروتئین محلول در طی مرحله عمر گلجایی در گل رز شاخه‌بریدنی گردید و تولید اتیلن را کاهش داد. (Chen Wei *et al*., 2000). نشان داده شده است که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها مثل پوتریسین می‌تواند گیاهان را در برابر صدمات اکسیداتیو و پرکسیداتیو ناشی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی محافظت کند (Valero *et al*., 2002). کاربرد برگی پلی‌آمین‌ها باعث افزایش عمر گلجای و میزان تنظیم‌کننده‌های رشد درونی گل رز رقم دولیس ویتا گردید (Hosseini-Farahi & Zadehbagheri, 2015) که نتایج این محققین با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر پوترسین و اسپرمین بر برخی صفات گل شاخه‌بریدنی زنبق بلومجیک.
Table 1. Results of variance analysis effect of putrescine and spermine on some traits of cut flower Dutch iris, Blue Magic.

Source of variation	df	Mean of squares							
		Flower diameter	Vase life	TSS			Relative fresh weight		
				start	3rd day	8th day	start	3rd day	8th day
Putrescin (a)	3	248.02**	62.138**	0.1125**	0.1689**	0.0538**	0.8647^{ns}	175.93**	142.9**
Spermine (b)	3	334.69**	22.67**	0.0749**	0.1156**	0.0775**	1.4314^{ns}	160.67**	125.8**
Interaction (a×b)	9	2.008^{ns}	0.382^{ns}	0.031^{ns}	0.0035^{ns}	0.0023^{ns}	0.7432^{ns}	1.497^{ns}	0.967^{ns}
Error	48	1.398	0.3693	0.0142	0.0113	0.0111	3.518	1.2008	1.2
C.V. (%)		4.17	4.43	4.28	6.18	6.1	4.5	5.1	2.46

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * , **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر پوتریسین و اسپرمین بر برخی صفات گل شاخه‌بریدنی زنبق بلومجیک.
Table 2. Mean comparison effect of putrescine and spermine on some traits of cut flower Dutch iris, Blue Magic.

Treatment	(mM)	Vase life (day)	TSS (%)			Relative fresh weight (%)		
			start	3rd day	8th day	start	3rd day	8th day
Putrescine	0	10.93^{c}	4.928^{c}	4.719^{b}	2.522^{c}	124.25^{a}	94.58^{d}	83.98^{d}
	0.5	13.64^{b}	5.06^{b}	4.865^{a}	3.621^{b}	124.5^{a}	98.57^{c}	87.23^{c}
	1	14.91^{a}	5.061^{b}	4.914^{a}	3.642^{a}	124.64^{a}	100.9^{b}	89.56^{b}
	2	15.29^{a}	5.128^{a}	4.954^{a}	3.659^{a}	124.8^{a}	102.1^{a}	90.77^{a}
Spermine	0	11.14^{d}	4.94^{b}	4.738^{b}	2.508^{c}	124.14^{a}	94.35^{c}	83.75^{c}
	0.5	13.52^{c}	5.058^{a}	4.887^{a}	3.613^{b}	124.56^{a}	99.97^{b}	88.63^{b}
	1	14.16^{b}	5.084^{a}	4.895^{a}	3.621^{b}	124.85^{a}	100.58^{ab}	89.25^{ab}
	2	14.95^{a}	5.091^{a}	4.931^{a}	3.646^{a}	124.64^{a}	101.25^{a}	89.91^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

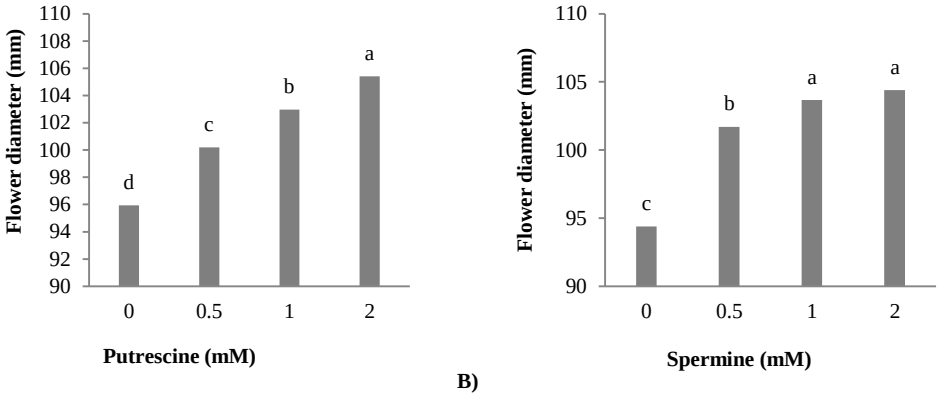
In each column means followed by at least a common letter, are not statistically different at 5% probability level.

مواد جامد محلول و وزن تر نسبی

بیشترین میزان مواد جامد محلول و وزن تر نسبی در روز سوم و هشتم بعد از برداشت، مربوط به تیمار با پوتریسین ۲ میلی‌مولار بوده است (جدول ۲). بیشتر گل-های شاخه‌بریدنی که پژمرده می‌شوند، هنوز سطوحی از قندهای محلول در گلبرگ‌های آنها وجود دارد. اعتقاد بر این است که بسیاری از گیاهان که توانایی افزایش قندهای محلول را در خود دارند، توانایی مقابله با شرایط نامساعد محیط را نیز دارند. قندهای محلول در پایداری غشا نقش دارند و سبب کاهش میزان پژمردگی گل می‌شوند. پلی‌آمین‌ها باعث کاهش تولید اتیلن و در نتیجه کاهش مصرف پروتئین و قندهای محلول در طی فرآیند تنفس می‌گردند (Chen Wei *et al.*, 2000). گزارش شده است که تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین در گیاه میخک رقم رد کورسا باعث افزایش مواد جامد محلول گردید که با نتایج تحقیقات حاضر همخوانی دارد (Kamiab, 2015). پلی‌آمین‌ها با افزایش تجمع تولیدات فتوسنتزی در بافت‌ها باعث افزایش وزن‌تر و خشک می‌شوند (Mahgoub *et al.*, 2011). افزایش وزن‌تر سبب تورژسانس و شادابی و ماندگاری بیشتر گلبرگ‌ها می‌شود. کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پوتریسین در گل‌های گلایل سبب افزایش وزن تر و خشک شد (Abdel-Aziz, 2007). نتیجه تحقیقات قبلی در گل شب بو نشان داد که تیمار پلی‌آمین‌ها باعث افزایش وزن‌تر و خشک در گل‌های شب بو شد (Youssef *et al.*, 2004).

مقدار کلروفیل و آنتوسیانین

بیشترین میزان کلروفیل برگ و آنتوسیانین گلبرگ‌ها مربوط به کاربرد تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار و اسپرمین ۲ میلی‌مولار است (جدول ۴). ازآنجاکه اتیلن سبب تجزیه کلروفیل می‌شود، پلی‌آمین‌ها به علت نقش ضد اتیلنی که دارند مانع از تولید آنزیم‌های مداخله کننده در ساخت اتیلن می‌شوند و از تولید رادیکال‌های آزاد که سبب تجزیه کلروفیل می‌شوند، جلوگیری می‌کنند. همچنین، پلی‌آمین‌ها از تخریب کلروفیل از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک روی غشای تیلاکوئید جلوگیری می‌کنند (Valero *et al.*, 2002).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر پوتریسین(A) و اسپرمین(B) بر قطر گل بریدنی زنبق بلومجیک.

Figure 1. Mean comparison effect of putrescine (A) and spermine (B) on flower diameter of cut flower Dutch iris, Blue Magic.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر پوترسین و اسپرمین بر برخی صفات گل شاخه‌بریدنی زنبق بلومجیک.

Table 3. Results of variance analysis effect of putrescine and spermine on some traits of cut flower iris, Blue Magic.

Source of variation	df	Mean of squares							
		Chlorophyll	anthocyanin	Ionic leakage			Malondialdehyde (MDA)		
				start	3rd day	8th day	start	3rd day	8th day
Putrescin (a)	3	0.2147^{**}	76.57^{**}	11.02^{**}	28.54^{**}	82.49^{**}	0.0018^{ns}	0.896^{**}	4.684^{**}
Spermine (b)	3	0.308^{**}	44.04^{**}	6.334^{**}	17.67^{**}	59.92^{**}	0.004^{ns}	0.654^{**}	3.688^{**}
Interaction (a×b)	9	0.09^{**}	0.849^{*}	0.438^{*}	8.48^{**}	35.63^{**}	0.0063^{ns}	0.243^{**}	1.714^{**}
Error	48	0.0032	0.301	0.155	0.201	0.252	0.0069	0.0051	0.0047
C.V. (%)		4.151	6.2784	3.12	3.001	2.937	5.134	4.134	2.367

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * , **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% of probability levels, respectively.

پلی‌آمین‌ها مانع فعال شدن رونویسی ژن PG که بعد از سنتز اتیلن صورت می‌گیرد، می‌شوند (Perez-Vicente *et al.*, 2002). پلی‌آمین‌ها با کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز مانع از تجزیه کلروفیل می‌شوند (Bais & Ravishankar, 2002). در پژوهشی که روی گل محمدی انجام شد کاربرد اسپرمین با غلظت ۱ میلی‌مولار، کلروفیل برگ‌ها را در حدود ۳۰ درصد افزایش داد (Mirzaabolghasemi *et al.*, 2021) آنتوسیانین‌ها رنگدانه قابل حل در آب هستند و در واکوئل های اپیدرم گیاهان تجمع پیدا می‌کنند. توسعه رنگدانه‌های سلول و سنتز آنتوسیانین با بالا رفتن میزان کربوهیدرات‌ها نسبت مستقیم داشته و هر فاکتوری که بتواند در افزایش، جذب یا ساخته شدن قندها مؤثر باشد باعث افزایش میزان آنتوسیانین در گلبرگ‌ها می‌شود. پلی‌آمین‌ها به طور معنی‌داری موجب افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول می‌شوند. تخریب آنتوسیانین‌ها طی پیری ممکن است به دلیل فرآیندهای اکسیداتیو باشد. گزارش‌های قبلی نشان داده‌اند که افزایش معنی‌دار در فعالیت آنزیم پراکسیداز با میزان تخریب آنتوسیانین در ارتباط می‌باشد (Noctor & Foyer, 1998). در گزارشی میزان آنتوسیانین گل رز در مرحله پیری کاهش یافت (Schmitzer *et al.*, 2010). نتایج حاصل با تحقیقاتی در خصوص اثر تیمارهای پلی‌آمینی بر ساقه رز رد برلین بر ویژگی‌های کیفی پس از برداشت این گل مطابقت داشت. میزان آنتوسیانین رابطه مستقیمی با pH درون واکوئل‌های گیاهی دارد. استعمال پلی‌آمین به صورت خارجی باعث افزایش آنتوسیانین شده است. که این موضوع با ویژگی‌های اکسیداتیو رنگدانه ها قابل توجیه می‌باشد. پلی‌آمین‌ها از تخریب رنگدانه‌های فتوسنتز جلوگیری می‌کنند، علاوه بر آن آنتوسیانین داخل گلبرگ‌ها را افزایش می‌دهند (Rubinowska *et al.*, 2013). نتایج حاصل با نتایج گزارشی در خصوص تأثیر تیمار پلی‌آمین‌ها بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل‌های شاخه‌بریدنی رز گرند پریکس مطابقت داشت (Razm Avar, 2015).

نشت یونی و میزان تجمع مالون‌دی‌آلدهید

نتایج مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل پوتریسین و اسپرمین به طور معنی‌داری باعث کاهش درصد نشت یونی و میزان تجمع مالون‌دی‌آلدهید پس از برداشت گل در مقایسه با گیاهان شاهد شد (جدول‌های ۳ و ۴). نشت یونی در گیاهان شاهد در روز هشتم بعد از برداشت ۲۹/۷۷ درصد بود، درحالی‌که در گیاهان تیمارشده با پوتریسین ۲ میلی‌مولار و اسپرمین ۱ میلی‌مولار در روز هشتم بعد از برداشت ۱۵/۰۹ درصد بود. همچنین میزان تجمع مالون‌دی‌آلدهید در گیاهان شاهد در روز هشتم بعد از برداشت ۵/۷۷ نانومول بر گرم وزن تر بود، درحالی که در گیاهان تیمار شده با پوتریسین ۲ میلی‌مولار و اسپرمین ۱ میلی‌مولار در روز هشتم بعد از برداشت ۲/۳۹۶ نانومول بر گرم وزن تر مشاهده شد. در طول دوره نگهداری گل‌ها میزان نشت یونی به همراه میزان مالون‌دی‌آلدهید افزایش می‌یابد که می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز باشد که مسئول پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع غشا است. تیمار پلی‌آمین‌ها به طور معنی‌داری موجب کاهش نشت یونی و تجمع مالون‌دی‌آلدهید در مقایسه با گیاهان شاهد شده است. گزارش شده است که تیمار پیش از برداشت پوتریسین و اسپرمیدین موجب کاهش نشت یونی و تجمع مالون‌دی‌آلدهید در گلپوش گل شاخه‌بریدنی سوسن در طول عمر گلجایی شد (Majidiyan, 2013). همچنین تیمار اسپرمین ۰/۱ میلی‌مولار در گل شاخه‌بریدنی رز از تجمع مالون‌دی‌آلدهید در گلبرگ و تولید اتیلن جلوگیری کرد (Yang *et al.*, 2000). پلی‌آمین‌ها می‌توانند به عنوان غیرفعال‌کننده‌های رادیکال‌های آزاد عمل کرده و غشای سلولی را در برابر اکسید شدن حفظ نمایند و بدین ترتیب مقاومت غشاها را افزایش دهند. پلی‌آمین‌ها سبب توقف سنتز اتیلن شده و غشاهای سلولی را پایدار می‌نمایند. پلی‌آمین‌ها به‌دلیل اثر آنتی‌اکسیدانی از تخریب غشای سلولی جلوگیری می‌کنند. پلی‌آمین‌ها به عنوان غیر فعال کننده رادیکال های آزاد عمل کرده با حفظ سیالیت غشا، افزایش سطح پلی‌آمین‌های داخلی، نشت یونی و قهوه‌ای شدن پوست را کاهش می‌دهند (Velikova *et al.*, 2000). نقش اسپرمیدین و اسپرمین در حفاظت از غشا و جلوگیری از نشت الکترولیت‌ها و اسیدهای آمینه در طول تنش شوری در گیاه جو گزارش گردیده است (Liu *et al.*, 2007). تخریب غشای سلولی در نتیجه تجزیه اسیدهای چرب غشا، به دلیل افزایش فعالیت آنزیم فسفولیپاز D و لیپوکسیژناز است که این دو آنزیم باعث تخریب بیوشیمیایی لیپیدهای غشا می‌شوند و با کاهش پایداری غشا در گل‌های میخک و رز ارتباط دارند (Fukuchi-Mizutani *et al.*, 2000). تأثیر آنتی‌اکسیدانی پلی‌آمین‌ها به ویژگی کاتیونی آنها مرتبط است (Liu *et al.*, 2007)، که با این نتایج همخوانی دارد.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل پوتریسین و اسپرمین بر برخی صفات گل شاخه‌بریدنی زنبق بلومجیک.

Table 4. Mean comparison interaction effect of putrescine and spermine on some traits of cut flower Dutch iris, Blue Magic.

Treatment	Chlorophyll (mg/g FW)	Antho cyanin (mg/g FW)	Ionic leakage (%)			Malondialdehyde (MDA) (nmol/g FW)		
			Start	3rd day	8th day	Start	3rd day	8th day
Control	3.806^{e}	3.72^{e}	16.04^{a}	21.31^{a}	29.77^{a}	1.619^{a}	2.899^{a}	5.766^{a}
Spermine 0.5 (mM)	4.447^{d}	5.52^{d}	13.51^{b}	16.3^{b}	18.57^{b}	1.615^{a}	1.941^{b}	3.452^{b}
Spermine 1 (mM)	4.525^{c}	6.11^{d}	12.71^{bc}	15.21^{bc}	17.05^{bc}	1.591^{a}	1.714^{c}	2.695^{cd}
Spermine 2 (mM)	4.59^{b}	7.32^{cd}	12.17^{c}	14.81^{c}	16.05^{cd}	1.62^{a}	1.706^{c}	2.758^{c}
Putrescine 0.5 (mM)	4.425^{de}	5.71^{d}	13.57^{b}	16.14^{b}	18.17^{b}	1.613^{a}	1.939^{b}	3.424^{b}
Putrescine 0.5 (mM) × Spermine 0.5 (mM)	4.516^{c}	9.35^{bc}	13.15^{b}	15.36^{bc}	17.24^{bc}	1.65^{a}	1.718^{c}	2.721^{cd}
Putrescine 0.5 (mM) × Spermine 1 (mM)	4.57^{bc}	10.55^{b}	12.52^{bc}	14.63^{c}	16.38^{c}	1.555^{a}	1.632^{cd}	2.731^{cd}
Putrescine 0.5 (mM) × Spermine 2 (mM)	4.612^{ab}	10.44^{b}	12.14^{c}	14.25^{cd}	15.69^{d}	1.612^{a}	1.667^{cd}	2.765^{c}
Putrescine 1 (mM)	4.505^{c}	8.4^{c}	12.14^{c}	14.25^{cd}	16.05^{cd}	1.627^{a}	1.755c	2.796^{c}
Putrescine 1 (mM) × Spermine 0.5 (mM)	4.592^{b}	9.23^{bc}	12.29^{c}	14.3^{cd}	15.99^{cd}	1.554^{a}	1.657^{cd}	2.674^{d}
Putrescine 1 (mM) × Spermine 1 (mM)	4.614^{ab}	10.32^{b}	12.12^{c}	14.14^{cd}	15.68^{d}	1.656^{a}	1.622^{d}	2.589^{d}
Putrescine 1 (mM) × Spermine 2 (mM)	4.623^{a}	11.61^{a}	12.08^{cd}	14.104^{d}	15.59^{d}	1.641^{a}	1.607d	2.515^{de}
Putrescine 2 (mM)	4.511^{c}	8.44^{c}	12.81^{bc}	13.83^{de}	15.67^{d}	1.675^{a}	1.558^{de}	2.479^{de}
Putrescine 2 (mM) × Spermine 0.5 (mM)	4.608^{ab}	9.45^{bc}	12.04^{cd}	14.05^{d}	15.25^{de}	1.571^{a}	1.506^{de}	2.434^{e}
Putrescine 2 (mM) × Spermine 1(mM)	4.617^{ab}	11.93^{a}	11.49^{d}	13.37^{e}	15.09^{e}	1.649^{a}	1.451e	2.396^{e}
Putrescine 2 (mM) × Spermine 2 (mM)	4.625^{a}	12.13^{a}	11.5^{d}	13.61^{de}	15.29^{de}	1.633^{a}	1.497^{de}	2.399^{e}

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not statistically different at 5% probability level.

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز

نتایج مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل پوتریسین و اسپرمین، در طول نگهداری گل‌های شاخه‌بریدنی زنبق بلومجیک، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی را کمتر از گیاهان شاهد کاهش می‌دهد (جدول‌های ۵ و ۶). میزان آنزیم کاتالاز گیاهان شاهد در روز هشتم بعد از برداشت ۰/۹۶ میکرومول پراکسید هیدروژن در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین بود، در حالی که در گیاهان تیمار شده با پوتریسین ۲ میلی‌مولار و اسپرمین ۱ میلی‌مولار در روز هشتم بعد از برداشت ۱/۶۷ میکرومول پراکسید هیدروژن در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین اندازه‌گیری شد. همچنین میزان آنزیم آسکوربات پراکسیداز در گیاهان شاهد در روز هشتم بعد از برداشت ۱/۱۱ میکرومول در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین و میزان آنزیم آسکوربات پراکسیداز در گیاهان تیمارشده با پوتریسین ۲ میلی‌مولار و اسپرمین ۱ میلی‌مولار در روز هشتم بعد از برداشت ۲/۰۵ میکرومول در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین اندازه‌گیری شد. گیاهان برای حفاظت در برابر گونه‌های فعال اکسیژن از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی همانند کاتالاز و آسکوربات‌پراکسیداز استفاده می‌کنند (Agarwal *et al*., 2005). پلی‌آمین‌ها به عنوان غیرفعال‌کننده‌های رادیکال‌های آزاد، عمل می‌کنند (Pang *et al*., 2007). افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی در اثر کاربرد پلی‌آمین‌ها را می‌توان ناشی از باند شدن پلی‌آمین‌ها با مولکول‌های پروتئین دانست که مانع شکسته‌شدن آن‌ها می‌شوند (Alborz *et al*., 2015). گزارش شده است که در کاربرد قبل از برداشت پوتریسین و اسپرمیدین در گل شاخه‌بریدنی سوسن رقم رویال باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی کاتالاز و پراکسیداز شده است (Majidiyan, 2013).

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس اثر پوترسین و اسپرمین بر برخی صفات گل شاخه‌بریدنی زنبق بلومجیک.

Table 5. Results of variance analysis effect of putrescine and spermine on some traits of cut flower Dutch iris, Blue Magic.

Source of variation	df	Mean of squares					
		Catalase (CAT)			Ascorbate peroxidase (APX)		
		start	3rd day	8th day	start	3rd day	8th day
Putrescin (a)	3	0.0001^{ns}	0.0158**	0.1047**	0.0002^{ns}	0.0564**	1.11**
Spermine (b)	3	0.0002^{ns}	0.0231**	0.142**	0.0012^{ns}	0.0555**	0.266**
Interaction (a×b)	9	0.0003*	0.0121**	0.128**	0.0085^{ns}	0.0388**	0.11**
Error	48	0.0001	0.0008	0.0005	0.0128	0.0128	0.0074
C.V. (%)		3.917	3.718	4.448	4.121	4.501	4.706

ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * , **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل پوتریسین و اسپرمین بر برخی صفات گل شاخه‌بریدنی زنبق بلومجیک.

Table 6. Mean comparison interaction effect of putrescine and spermine on some traits of cut flower Dutch iris, Blue Magic.

Treatment	Catalase (CAT) (U/mg protein)			Ascorbate peroxidase (APX) (U/mg protein)		
	start	3rd day	8th day	start	3rd day	8th day
Control	2.826^{b}	2.249^{d}	0.956^{d}	2.586^{a}	2.173^{e}	1.113^{e}
Spermine 0.5 (mM)	2.849^{a}	2.509^{c}	1.648^{dc}	2.569^{a}	2.452^{d}	1.433^{d}
Spermine 1 (mM)	2.841^{a}	2.531^{b}	1.653^{c}	2.552^{a}	2.537^{c}	1.64^{c}
Spermine 2 (mM)	2.852^{a}	2.533^{b}	1.658^{bc}	2.592^{a}	2.578^{b}	1.491^{b}
Putrescine 0.5 (mM)	2.856^{a}	2.513^{c}	1.652^{c}	2.563^{a}	2.448^{d}	1.418^{d}
Putrescine 0.5 (mM) × Spermine 0.5 (mM)	2.847^{a}	2.521^{bc}	1.659^{bc}	2.632^{a}	2.542^{bc}	1.489^{b}
Putrescine 0.5 (mM) × Spermine 1 (mM)	2.849^{a}	2.537^{b}	1.661^{b}	2.571^{a}	2.557^{bc}	1.998^{ab}
Putrescine 0.5 (mM) × Spermine 2 (mM)	2.858^{a}	2.542^{ab}	1.666^{b}	2.523^{a}	2.598^{a}	2.038^{a}
Putrescine 1 (mM)	2.856^{a}	2.519^{bc}	1.657^{bc}	2.611^{a}	2.51^{dc}	1.95^{b}
Putrescine 1 (mM) × Spermine 0.5 (mM)	2.85^{a}	2.539^{b}	1.661^{b}	2.515^{a}	2.502^{dc}	1.958^{b}
Putrescine 1 (mM) × Spermine 1 (mM)	2.845^{a}	2.545^{ab}	1.663^{b}	2.534^{a}	2.521^{dc}	1.961^{b}
Putrescine 1 (mM) × Spermine 2 (mM)	2.851^{a}	2.543^{ab}	1.661^{b}	2.616^{a}	2.603^{a}	2.043^{a}
Putrescine 2 (mM)	2.846^{a}	2.541^{ab}	1.652^{c}	2.533^{a}	2.55^{bc}	1.998^{ab}
Putrescine 2 (mM) × Spermine 0.5 (mM)	2.856^{a}	2.546^{ab}	1.662^{b}	2.624^{a}	2.611^{a}	2.024^{a}
Putrescine 2 (mM) × Spermine 1(mM)	2.847^{a}	2.551^{a}	1.675^{a}	2.597^{a}	2.617^{a}	2.051^{a}
Putrescine 2 (mM) × Spermine 2 (mM)	2.854^{a}	2.549^{a}	1.66^{b}	2.555^{a}	2.584^{a}	2.032^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not statistically different at 5% probability level.

اثر پوتریسین بر برگ آفتابگردان زینتی باعث تحریک فعالیت آنزیم کاتالاز شد (Rubinowska & Miachałek, 2009). فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به طور کلی در گل‌های جوان بالا بود و در مرحله پیری گل در گلایول (Hossain *et al*., 2006) و زنبق (Bailly *et al*., 2001) کاهش یافت. کاهش در فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز آغازگر مرگ سلولی است. پیش تیمار پوتریسین با اثر مثبت بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز باعث تأخیر در پیری گل‌های شاخه‌بریده لیزانتوس شده است (Ataee *et al*., 2017).

نتیجه گیری کلی

براساس پژوهش انجام‌گرفته می‌توان نتیجه گرفت محلول‌پاشی زنبق با پلی‌آمین‌های پوتریسین و اسپرمین از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه از جمله میزان کلروفیل و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان می‌تواند سبب بهبود رشد، کیفیت و ماندگاری گل شاخه‌بریدنی زنبق شود. با توجه به قیمت مناسب پوتریسین و اسپرمین، مقدار کم مورد مصرف، سازگاری با محیط زیست و اثر مثبت بر افزایش عمر گلجایی گل شاخه‌بریدنی زنبق، استفاده از آن‌ها برای بهبود و بازار پسندی این گل پرطرفدار به تولیدکنندگان توصیه می‌شود.

REFERENCES

1. Abdel Aziz Nahad, G., Taha Lobna, S. & Ibrahim Soad, M. M. (2009). Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of gladiolus plants at Nubian. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 2, 169-179.
2. Aebi H. (1984). Catalase *in vitro*. *Methods Enzymology*, 105, 121-126.
3. Agarwal S., Sairam R. K., Srivatava G. C. & Meena R. C. (2005). Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plantarum*, 49, 541-550.
4. Alborz, Z., Habibi, F. & Mortazavi S. N. (2015). Effect of putresin and spermin foliar application on increasing the gelatin life of *Alstroemeria Sacrifice*. *Quarterly Journal of Agricultueral Crop*, 17 (1), 241-255. (in Farsi).
5. Arnon A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
6. Ataee, D., Naderi, S. & Khandan Mirkouhi, A. (2017). Impact of preharvest putrescine treatment on quantitative, qualitative traits and postharvest vase life of lisianthus (*Eustoma grandi florum* cv. Miarichi Grand white) cut flowers. *Iranian Journal of Horticultueral Science*, 48 (2), 242-229. (in Farsi).
7. Bailly, C., Corbineau, F. & van Doorn, W. G. (2001). Free radical scavenging and senescence in *Iris* tepals. *Plant Physiology and Biochemistry*, 39, 649-656.
8. Bais, H. P. & Ravishankar, G. A. (2002). Role of polyamines in the ontogeny of plants and their biotechnological applications. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 69, 1-34.
9. Chamani, A., Esmail pour, A., Pourbirami Hir, Y., Malakol Lajair, H. & Saadati, A. (2012). Study of the effects of thidiazouron and humic acid on alstroemeria flowers postharvest life. *Journal of Horticulture Science (Agricultural Sciences and Technolgy)*, 26 (2), 147-152. (in Farsi).
10. Chen Wei Y. ShengGen, H. YueMing J & Su, Y. (2000). Effects of polyamines on biochemical and physiological changes and vase life of cut rose (*Rosa chinensis Jacq*. cv. Bellamie) flowers during senescence. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 8(2), 104-108.
11. Drolet G, Dumbroff E. B., Legge R. L. & Thompson J. E. (1986). Radical scavenging properties of polyamines. *Phytochemistry*, 25, 367-371.
12. Fukuchi-Mizutani, M., Ishiguro, K., Nakayama, T., Utsunomiya, Y., Tanaka, Y., Kusumi, T. & Ueda, T. (2000). Molecular and functional characterization of a rose lipoxygenase cDNA related to flower senescence. *Plant Science*, 160, 129-137.
13. Hosseini Farahi, M., Eshghi, S., Kavoosi, B., Amiri Fahliani, R. & Dastyaran M. (2013). Effects of spermidine and calcium sulfate on quantitative and qualitative traits and vase life of rose (*Rosa hybrida* cv. Dolcvita) grown in hydroponic system. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 14(4), 15-25
14. Hosseini-Farahi, M., Khalighi, A., Kholdbarin, Mashhadi, B., Akbar-boojar, M. & Eshghi, S. (2013). Morphological responses and vase life of *Rosa hybrida* cv. Dolcvita to polyamines spray in hydroponic system. *World Applied Sciences Journal*, 21(11), 1681-1686.
15. Hosseini-Farahi, M. & Zadehbagheri**,** M. (2015). Effect of foliar application of polyamines on growth properties, vase life and endogenous plant growth regulators contents of cut rose flower (*Rosa hybrida* cv. Dolcvita). *Iranian Journal of Horticultueral Science*, 47 (4), 717-729. (in Farsi).

16. Hossain, Z., Mandal, A. K. A., Datta, S. K. & Biswas, A. K. (2006). Decline in ascorbate peroxidase activity a prerequisite factor for tepal senescence in *Gladiolus*. *Journal of Plant Physiology*, 163, 186-194.
17. Jiang, Y. M. & Chen, F. (1995). A study on polyamine change and browning of fruit during cold storage of litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 5, 245-250.
18. Kamiab, F. (2015). Effect of different polyamines on gelatin life, ethylene production and some physiological characteristics of Cornflower cultivar 'Kordsa'. *Quarterly Journal of Agricultueral Crop*, 18 (2), 275-288. (in Farsi).
19. Liu, J. H., Kitashiba, H., Wang, J., Ban, Y. & Moriguchi, T. (2007). Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. *Plant Biotechnology*, 24 (1), 117-126.
20. Mahgoub, H. M., Abd El-Aziz, G. N. & Mazhar, M. A. (2011). Response of *Dahlia pinnata* L. plant to foliar spray with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. *American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 10(5), 769-775.
21. Mahros, K. M., El-saady, M. B. Mahgoub, M. H., Afaf, M. H. & El-Sayed, M. I. (2011). Effect of putrescine and uniconzole treatments on flower character and photosynthetic pigments of chrysanthemum indicum L. plant. *Journal of American Science*, 7, 399-408.
22. Majidiyan, N. (2013). *Study some aspects of flower Senescence in Asiatic hybrid lily Seb Dassel*. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. (in Farsi).
23. Mirzaabolghasemi, M., Aelaei, M., Kheiry, A. & Ghahremani, Z. (2021). Effect of γ-aminobutyric acid and spermine on morphophysiological traits and pigmentation of Rosa damascena Mill. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52, 47-60. (in Farsi).
24. Mohammadi, M., Aelaei, M. & Saidi, M. (2021). The effect of time and stage of preharvest spraying by spermine and γ-aminobutyric acid on vase life and postharvest quality of "Stanza" cultivar of Gerbera cut flowers. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51, 753-771. (in Farsi).
25. Naseri, M. & Ebrahimgourvi, M. (2014). *Production of bulb flowers*. Astan Quds Razavi, Publishing. 264p.
26. Noctor G. & Foyer C.H. (1998). Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 249-279.
27. Paksasorn A, Hayasaka T, Matsui H, Ohara H & Hirata N. (1995). Relationship of polyamine content to ACC content and ethylene evolution in Japanese apricot fruit. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 63, 761-766.
28. Pang X., Zhang Z., Wen X., Ban Y. & Moriguchi T. (2007). Polyamines, all-purpose players in response to environment stresses in plants. *Plant Stress*, 1, 173-188.
29. Perez-Vicente A., Martinez-Romero D., Carbonell A., Srrano M., Riquelme F., Guillen F. & Valero D. (2002). Role of polyamines in extending shelf life and reduction of mechanical damage during plum (*Prunus salicina* L.) storage. *Postharvest Biology and Technology*, 25, 25-32.
30. Ranieri, A., Castagna, J., Pacini, B., Baldan, A. & Mensuali Sodi, G. F. (2003). Soldatini early production and scavenging of hydrogen peroxide in the apoplast of sunflowers plants exposed to ozone. *Journal of Experimental Botany*, 54, 2529-2540.
31. Razm Avar, Z. (2015). Effect of pulse putrescine, spermine and spermidine treatment on some quantitative, qualitative and vase life of cut rose flowers cv. Grand Prix. *Cellular & Molecular Plant Biology Journal*, 9, 35-41. (in Farsi).
32. Rubinowska, K., Pogroszewska, E. & Michalek, w. (2013). The effect of polyamineson physiological parameters of post harvest quality of Rosa, “red Berlin”. *Acta Scientiarum Polonorm Hortorum Culture*, 11 (6) : 888-990.
33. Rubinowska, K. & Miachalek, W. (2009). Influence of putrescine on leaf senescence of *Helianthus annuus* L. potted plants. *Horticulture and Landscape Architecture*, 30, 57-67.
34. Sankhla N, Mackay W. A. & Davis T. D. (2005). Corrola cission and petal color in cut phlox flower head effect of a sucrose and thidiazuron. *Acta Horticulture*, 669:389-394.
35. Schmitzer V., Veberic R., Osterc G. & Stampar F. (2010). Color and phenolic content changes during flower development in groundcover rose. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 135, 195-202.
36. Soleimany-Fard, E., Hemmati, K. & Khalighi, A. (2014). Impact of pre and postharvest putrescine application on water relations and vase life of cut alstroemeria flowers. *Advances in Environmental Biology*, 8 (12), 158-165.
37. Sood, S. & Nagar, P. K. (2005). Alteration in endogenous polyamines in bulbs of tuberosa (*polianthes tuberosa* L.) during dormancy. *Scientia Horticulture*, 105, 483-490.
38. Stewart, R. C. & Beweley, J. D. (1980). Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiology*, 25, 136-1.

39. Valero D., Martnes-Romero D. M. R. & Serrano M. S. (2002). The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. *Trends in Food Science and Technology*, 13, 228-234.
40. Velikova V, Yordanov I. & Edreva A. (2000). Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines, *Plant Science*, 151, 59-66.
41. Yang, C. W., He, S. G., Jiang, Y. M. & Yi, S. (2000). Effects of polyamines on biochemical and physiological changes and vase life of cut rose *(Rosa chinensis Jacq*. cv. Bellamie) flowers during senescence. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 8(2), 104-108.
42. Youssef A. A, Mona H., Mahgoub A. & Talaat I. M. (2004) Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana* L. plants under the effect of putrescine and kinetin treatments. *Egyptian Journal of Applied Science*, 19, 425-433.