

تأثیر گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپریمین بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و رنگیزه‌های گیاهی گل محمدی

محمدامین میرزاابوالقاسمی^۱، میترا اعلائی^{۲*}، عزیزاله خیری^۲ و زهرا قهرمانی^۲
۱ و ۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۴ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۲۷)

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپریمین بر برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل محمدی، آزمایشی بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی در بهار و تابستان ۱۳۹۶ در دانشگاه زنجان در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل سه غلظت محلول‌پاشی گاما آمینو بوتیریک اسید (یک، پنج و ۱۰ میلی‌مولار) و سه غلظت اسپریمین (نیم، یک و ۱/۵ میلی‌مولار) بودند. صفات مورد ارزیابی شامل صفات مورفولوژیکی (ارتفاع گیاه، تعداد گل، تعداد شاخه گل‌دهنده، قطر سایه انداز گیاه، متوسط تعداد گل در شاخه، وزن خشک گلبرگ) و صفات فیزیولوژیکی (کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، فلاونوئید برگ و گلبرگ و فعالیت آنزیم پراکسیداز) بودند. نتایج نشان داد همه صفات، به جزء ارتفاع گیاه، قطر سایه انداز گیاه و شمار شاخه‌های گل‌دهنده در مقایسه با شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بودند. بر اساس نتایج غلظت پنج میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید و غلظت یک میلی‌مولار اسپریمین باعث بهبود صفات مورفوفیزیولوژیکی در مرحله زایشی شدند.

واژه‌های کلیدی: پراکسیداز، فلاونوئید، کاروتنوئید، کلروفیل.

Effect of γ -aminobutyric acid and spermine on morphophysiological traits and pigmentation of *Rosa damascena* Mill.

Mohammadamin Mirzaabolghasemi¹, Mitra Aelaei^{2*}, Azizollah Kheiry² and Zahra Ghahremani²
1, 2. Graduate M. Sc. and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
(Received: Feb. 3, 2019 - Accepted: Jul. 18, 2019)

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of γ -aminobutyric acid and spermine on some morphological and physiological traits of Damask rose plant, a completely randomized design was carried out in spring and summer 2017 and in Zanjan University in three replications. Experimental treatments consisted of three levels of gamma aminobutyric acid (1, 5, 10 mM) and three levels of spermine (0.5, 1, 1.5 mM). The evaluated traits included morphological traits (plant height, number of flowers, number of flowering branches, plant shadow diameter, average number of flowers per branch and petal dry weight) and physiological traits (total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, leaf flavonoids, petal flavonoids and peroxidase enzyme activity). The results showed that there was a significant difference in all the traits, except plant height, plant shadow diameter and number of flowering branches, compared to the control. Based on the results the concentration of 5 mM gamma aminobutyric acid and 1 mM spermine improved the morphophysiological traits in reproductive stage.

Keywords: Carotenoids, chlorophyll, flavonoids, peroxidase.

* Corresponding author E-mail: mitraaelaei@gmail.com

مقدمه

گل محمدی با نام علمی *Rosa damascena* Mill. متعلق به جنس *Rosa* و تیره Rosaceae است. از مهمترین گیاهان معطر گونه‌های گل رز در دنیا و از مشهورترین گیاهان در تاریخ باغبانی است و دارای تنوع ژنتیکی بالایی در ایران بوده و از جنبه‌های زینتی، دارویی، صنعتی و صادراتی دارای اهمیت می‌باشد (Ghahreman, 1996; Yousefi, 2018, Nazarolmolk et al., 2015). سابقه کشت آن در بسیاری از کشورها از جمله ایران، آمریکا، انگلستان، بلغارستان، ترکیه، ژاپن و هند گزارش شده است. این گیاه به صورت خودرو در بسیاری از نقاط جهان پراکنش دارد (Babaei et al., 2008). خاستگاه و رویشگاه آغازین گل محمدی، ایران و خاورمیانه می‌باشد (Chevallier, 1996). گیاهان زینتی بخشی از گیاهان موجود در دنیا هستند. بسیاری از این گیاهان زینتی که هم اکنون در طراحی فضای سبز شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای ارزش دارویی می‌باشند که با شناخت گیاهان دو منظوره، می‌توان از پتانسیل این گیاهان نهایت بهره را برد. با توجه به سازگاری‌ها و توانایی‌های گیاهان دارویی و پایین بودن سطح توقعشان نسبت به آب و مواد غذایی و مقاومت آن‌ها به شوری، عمر طولانی و استقامت بالا، نیاز به استفاده از این گیاهان زینتی-دارویی در فضای سبز شهری بیش از پیش احساس می‌شود (Amiri Fadradi & Hosseini, 2013). از گل محمدی در طراحی فضای سبز برای پرچین و به صورت تکی استفاده می‌شود (Jabbarzadeh, 2003). امروزه استفاده از ترکیبات محرکی که موجب بهبود فعالیت‌های متابولیکی، عملکرد و کیفیت محصولات گیاهی می‌شوند، به یک روش مرسوم در باغبانی تبدیل شده است و توصیه می‌گردد. همچنین محلول‌پاشی به‌عنوان یک روش سریع، جدید و بحث برانگیز در گیاهان می‌باشد که با کاربرد روی برگ‌ها انجام می‌شود و به‌طور مستقیم جذب بافت‌ها و اندام‌های گیاه می‌شود (Lanauskas et al., 2006). گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA) دارای وزن مولکولی ۱۰۳/۱۲ گرم بر مول، یک آمینو اسید غیر پروتئینی چهار کربنه و یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که می‌تواند رشد و عملکرد را در محصولات مختلف کنترل کند و اثر قابل

توجهی روی تنظیم رشد داشته باشد و به‌دلیل ساختار مولکولی انعطاف پذیر توانایی ترکیب با ساختارهای گوناگونی را دارد. گاما آمینو بوتیریک اسید بسیار محلول در آب است و دارای ساختاری شبیه به پرولین است. در همه پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها شناخته شده است و به‌عنوان مولکول سیگنالی سلولی عمل می‌کند. این پیام‌رسان نقش‌های متعددی دارد از جمله پیام‌دهنده، هدایت سلولی، دفاع در برابر حشرات، رشد و هدایت لوله‌ی گرده، تنظیم pH، تنظیم چرخه تری‌کربوکسیلیک اسید، تنظیم اکسیداسیون، تعادل انرژی و متابولیسم نیتروژن، کربن و تنظیم اسمزی و فعالیت گلوتامات به‌عنوان یک منبع پیام‌رسان برای جذب نیترات و برای پاسخ گیاه به شرایط محیطی مهم است (Deewatthanawong et al., 2010). این ماده همچنین از طریق کاتابولیسم پلی‌آمین‌ها در گیاه تولید می‌شود و سبب افزایش سطح هورمون‌های درونی گیاه می‌شود که در نتیجه بر رشد صفات فیزیولوژیکی و عملکرد کل مؤثر است (Hoque, 2002). کاربرد گاما آمینو بوتیریک اسید رشد، عملکرد و صفات مربوط به عملکرد را در گندم افزایش داد (Hoque, 2002). در مطالعه‌ای که تأثیر گاما آمینو بوتیریک اسید روی گل رز انجام گرفت، صفات مربوط به گل بهبود یافت. همچنین استفاده از گاما آمینو بوتیریک اسید تعداد گل و عملکرد را در بادام زمینی افزایش داد (Samsuzzaman, 2004). تیمار گاما آمینو بوتیریک اسید موجب تجمع گلابسین بتایین (GB) شد و اثرات مثبتی بر کیفیت و خصوصیات پس از برداشت گل‌های آنتوریوم طی انبار سرد داشت (Aghdam et al., 2016). کاربرد خارجی گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA) بهبود صفات مورفولوژیکی گیاه، عملکرد دستگاه فتوسنتز، ظرفیت تبادل گازی، بیوسنتز کلروفیل و پایداری غشا در گوجه‌فرنگی را تحریک کرد (Yin et al., 2010). همچنین گاما آمینو بوتیریک اسید تأثیر تنظیمی مثبتی بر رشد و عملکرد در خیار چمبر تلخ داشت و غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر آن بهترین تیمار بود (Ashrafuzzaman et al., 2010). پلی‌آمین‌ها هیدروکربن‌های آلیفاتیک با وزن مولکولی کم و دارای زنجیره سه تا ۱۵ کربنه و دو گروه آمین (NH_2) انتهایی هستند. این ترکیبات تقریباً در همه موجودات یافت

گل سه روز زودتر از شاهد در گل‌های داوودی شد (Ding *et al.*, 2006). تأثیر محلول‌پاشی نیم میلی‌مولار اسپرمین بر روی قلمه‌های ریشه دار گل محمدی صفات ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک گیاه، محتوی نسبی آب، محتوی کلروفیل کل، محتوی پرولین، شاخص پایداری غشا، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و محتوی اسپرمین درون زا را تحت تأثیر قرار داد و موجب افزایش آن‌ها نسبت به تیمار شاهد شد (Hassan *et al.*, 2018). با توجه به این‌که گل محمدی از سوی سازمان جهاد کشاورزی و منابع طبیعی به‌تازگی جزو اولویت‌های کاری استان زنجان قرار گرفته، هدف از انجام این پژوهش بهبود خصوصیات رشد رویشی و زایشی گل محمدی، بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک این گیاه به تنظیم‌کننده‌های رشد، پیدا کردن غلظت بهینه و تولید گل‌های با کمیت و کیفیت مناسب به‌عنوان یک گیاه زینتی، دارویی و صنعتی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در فصل‌های بهار و تابستان ۱۳۹۶ به منظور بررسی تأثیر گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین بر خصوصیات مورفولوژیکی، رنگیزه‌ها و ترکیبات فلاونوئیدی گیاه گل محمدی بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار و هر تکرار شامل سه مشاهده (هر مشاهده شامل یک بوته سه ساله داخل گلدان با تعداد متعددی شاخه گل‌دهنده بود)، در گلخانه دانشگاه زنجان انجام گرفت. بوته‌ها در گلدان‌های ۲۰ لیتری پر شده با خاک شنی رسی (۷۰ درصد شن، ۶ درصد سیلت، ۲۴ درصد رس) در گلخانه در دمای متوسط ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۵ درصد رشد یافته بوده بودند و هر کدام با سه گرم کود NPK (۱۷:۱۷:۱۷) طبق دستور شرکت سازنده تغذیه شدند و بسته به خشکی خاک گلدان هفته‌ای دو بار آبیاری به صورت دستی برای تمام گلدان‌ها به میزان یکسان انجام گرفت.

می‌شوند و در طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله رشد و نمو گیاهان و جانوران، تحریک تقسیم سلولی، سنتز DNA و پروتئین‌ها، تعدیل فعالیت آنزیمی، کنترل ریشه‌زایی و جنین‌زایی، گل‌دهی و واکنش به تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده مانند دماهای پایین، بالا، شوری و تنش آبی نقش ایفا می‌کنند. آن‌ها همچنین به‌عنوان پیام آور ثانویه هورمونی بوده و در ذخیره کربن و نیتروژن در کشت بافت کاربرد دارد. پلی‌آمین‌های معمول عبارتند از پوترسین (دی‌آمین)، اسپرمیدین (تری‌آمین) و اسپرمین (تترا‌آمین) (Liu *et al.*, 2007). پلی‌آمین‌ها در داخل گیاه یا به صورت آزاد یا به صورت ترکیب یا پیوسته با ترکیبات دیگر هستند که در صورت پیوسته بودن ممکن است محلول یا نامحلول در آب باشند. پلی‌آمین‌های پیوسته محلول به صورت گسترده در گیاهان توزیع شده است و از ترکیب با فنولیک‌ها حاصل شده اند. غلظت‌های مختلف اسپرمین تأثیر معنی‌داری بر کلیه خصوصیات اندازه‌گیری شده در گیاه همیشه بهار، به غیر از ارتفاع بوته، داشت (Baniasadi *et al.*, 2014). تیمار ۱۰۰ پی پی ام اسپرمین به تنهایی موجب افزایش خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی از جمله قطر گل، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، ماندگاری گل، شاخص پایداری غشا، آنتوسیانین، کلروفیل کل برگ، پرولین و پروتئین در گل رز رقم Black baccara روی بوته شده است (Ismaeilkhan Zandi & Danaee, 2014). کاربرد ۴ میلی‌مولار اسپرمین موجب بهبود ویژگی‌های رویشی گل رز رقم Dolcvita گردید (Hosseini Farahi & Zadehbagheri, 2016). همچنین تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسپرمین موجب بهبود بسیاری از صفات مثل محتوی پروتئین، آنتوسیانین گلبرگ، محتوی نسبی آب، وزن تر گل، شاخص پایداری غشا و قطر گل در گل رز رقم Grand prix نسبت به شاهد شد و بهترین نتایج را در بین تیمارها نشان داد (Razmavar *et al.*, 2015). محلول پاشی برگی غلظت ۰/۱ میلی‌مولار اسپرمین موجب تسریع گل‌دهی و بهبود کیفیت گل‌ها و تشکیل

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌های مورد آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil used in pots

EC (dSm ⁻¹)	pH	N (%)	PO ₄ ³⁻ (%)	K ⁺ (%)	Organic matter (%)	Ca ²⁺ (meq.l ⁻¹)	Na ⁺ (meq.l ⁻¹)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
2.1	8.1	0.16	0.043	0.051	0.12	42	3.5	70	6	24

$$\text{Carotenoids (mg/g FW)} = \text{رابطه ۴} \\ \left[(7.6 (A_{480})) - (1.49 (A_{510})) \right] \times \left(\frac{v}{1000 \times w} \right)$$

برای اندازه‌گیری فلاونوئید برگ از روش اتانول اسیدی استفاده شد (Krizek *et al.*, 1998).

$$A = \varepsilon bc \quad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه، A میزان جذب، ε ضریب خاموشی، b عرض کوط برابر یک سانتی‌متر و c مقدار فلاونوئید برحسب مول بر گرم است.

برای اندازه‌گیری فلاونوئید گلبرگ از روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلرید استفاده شد (Chang *et al.*, 2002).

$$\text{Flavonoid (mg QE/ g DW.1mlit)} = \text{رابطه ۶} \\ ((A_{415}) + 0.0026) / 0.0494$$

فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX) با استفاده از پیش ماده گایاکول (Guaiacol) اندازه‌گیری شد و بر حسب (mmol/lit.min) بیان شد (Mac-Adam *et al.*, 1992).

$$\text{Enzyme activity} = \text{رابطه ۷}$$

$$(\Delta \text{Abs} \times \text{TV}) / (\Delta t \times \varepsilon \times L \times \text{SV})$$

در این فرمول ΔAbs تغییرات جذب، TV حجم کلی عصاره بر حسب mlit مدت زمان بر حسب min ، ε ضریب خاموشی آنزیم پراکسیداز برابر $2.6/6 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ، L عرض کووت برابر 1 cm ، SV حجم نمونه برحسب mlit می‌باشد.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS v9.4، دست‌بندی داده و رسم نمودار از Excel 2016 و برای مقایسه میانگین از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین بر تعداد گل، متوسط تعداد گل در هر شاخه، وزن خشک گلبرگ، کلروفیل کل، کلروفیل a و b، کاروتنوئید، فلاونوئید برگ و گلبرگ و فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر آن‌ها بر ارتفاع گیاه، تعداد شاخه گل‌دهنده و قطر سایه‌انداز گیاه معنی‌دار نشد (جدول‌های ۲ و ۳).

تیمارهای آزمایش شامل گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA) در سه غلظت (یک، پنج و ۱۰ میلی‌مولار)، و اسپرمین در سه غلظت (نیم، یک و ۱/۵ میلی‌مولار) و همچنین شاهد (آب مقطر) بودند. مواد موردنظر (GABA, A2129) و (Spermine, S3256) تهیه و محلول‌ها در حجم ۱۱۰ میلی‌لیتر برای هر بوته تهیه شدند. برای جذب بهتر این مواد توسط برگ‌ها، به‌ازای هر لیتر ۵ قطره Tween 20 به محلول‌ها اضافه شد. بوته‌های کشت بافتی سه ساله گل محمدی که در خرداد ماه در مرحله گل‌دهی قرار داشتند، در دو نوبت (نوبت اول دو هفته و نوبت دوم یک هفته قبل از غنچه‌دهی) در اردیبهشت‌ماه صبح زود محلول‌پاشی شدند. نمونه‌برداری (برگ و گلبرگ) و اندازه‌گیری خصوصیات مورفولوژیکی در مرحله گل‌دهی انجام شد و صفات فیزیولوژیکی آزمایشگاه پس از برداشت گروه باغبانی دانشگاه زنجان مورد سنجش و بررسی قرار گرفت. ارتفاع و قطر سایه‌انداز گیاه با متر و وزن خشک گلبرگ پس از خشک کردن گل و جداکردن نهنگ‌ها با ترازو به‌طور دقیق مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تعداد گل از مجموع شمارش گل‌ها همراه با غنچه‌ها درکل بوته به‌دست آمد. همچنین صفت متوسط تعداد گل در شاخه از تقسیم تعداد کل گل و غنچه بر تعداد شاخه گل‌دهنده در همان بوته حاصل گشت.

اندازه‌گیری کلروفیل a، b، محتوی کلروفیل کل و کاروتنوئیدها از روش استون ۸۰ درصد استفاده شد. میزان کلروفیل با استفاده از استون ۸۰ درصد استخراج و در نهایت میزان جذب نور توسط دستگاه اسپکتوفتومتر Safas monaco مدل RS 232 در دو طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل و دو طول موج ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر برای کاروتنوئید قرائت و طبق رابطه‌های زیر محاسبه شد.

$$\text{Chlorophyll a (mg/g FW)} = \text{رابطه ۱} \\ \left[(12.7 (A_{663})) - (2.69 (A_{645})) \right] \times \left(\frac{v}{1000 \times w} \right)$$

$$\text{Chlorophyll b (mg/g FW)} = \text{رابطه ۲} \\ \left[(22.9 (A_{645})) - (4.68 (A_{663})) \right] \times \left(\frac{v}{1000 \times w} \right)$$

$$\text{Total Chlorophyll (mg/g FW)} = \text{رابطه ۳} \\ \left[(20.2 (A_{645})) + (8.02 (A_{663})) \right] \times \left(\frac{v}{1000 \times w} \right)$$

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپریمین بر ویژگی‌های مورفولوژیکی گل محمدی

Table 2. Results of variance analysis effect GABA and spermine on morphological traits of *Rosa damascena* Mill.

Source of variation	df	Mean of squares					
		Plant height	Number of flowers	Number of flowering branches	Plant diameter	Number of fowers per branch	Petal dry weight
Treatment	6	253.20 ns	2052.62**	62.71 ns	137.53 ns	4.20**	144.74**
Error	14	191.95	71.76	197.19	334.80	0.08	5.54
CV%	-	13.17	5.05	45.22	16.61	5.09	10.39

ns, *, **, Non significant, significant difference at 5 and 1% of probability levels, respectively. ns, *, **: نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپریمین بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گل محمدی

Table 3. Results of variance analysis effect of GABA and spermine on physiological traits of *Rosa damascena* Mill.

Source of variation	df	Mean of squares						
		Total chlorophyll	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Carotenoids	Leaf flavonoids	Petal flavonoids	Peroxidase activity
Treatment	6	0.023**	0.0074**	0.0053**	4.21E-9**	1.02E-6**	1.85**	6.04E-14**
Error	14	0.00051	0.00022	0.00013	5.19E-10	4.45E-8	0.06	7.30E-16
CV%	-	2.80	2.92	4.13	5.98	1.74	2.00	5.15

ns, *, **: Non significant, Significant at 5 and 1% of probability levels, respectively. ns, *, **: نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

کشت و کار و بهره‌برداری از این گیاه خواهد داشت (Kudori & Taba'i Aghda'i, 2007). شمار گل‌های ماده و نر در خیار چنبر تلخ به‌طور معنی‌داری با محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف گاما آمینو بوتیریک اسید افزایش یافت و بیشترین تعداد گل نر و ماده به‌وسیله گیاهان تیمار شده با ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر گاما آمینو بوتیریک اسید ثبت شد (Ashrafuzzaman *et al.*, 2010). تیمار نیم میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید بیشترین تأثیر را روی وزن گیاه، شمار گره‌ها، شاخه‌ها، گل‌ها، برگ‌ها، قطر گل، وزن خشک گیاه در گیاه زینتی پروانش داشت (Bayanloo, 2017). در آزمایش‌های دیگر، کاربرد گاما آمینو بوتیریک اسید در نیم و پنج میلی‌مولار، به‌ترتیب رشد *Stellaria longipes* و *Lemna* را تحت شرایط رشد طبیعی افزایش داد (Kinnersley & Lin, 2000). اثر بهبودی گاما آمینو بوتیریک اسید القاشده در گونه‌های گیاهی به‌دلیل بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب، تجمع اسمولیت، آماس برگ، تحریک تقسیم سلولی و طول‌شدن سلول‌ها بوده و با دیگر مکانیسم‌های فیزیو- متابولیکی مرتبط می‌باشد، همچنین این ماده روی فرآیند علامت‌دهی هورمون‌های گیاهی در طول انتقال از مرحله رویشی به زایشی تأثیر داشته و از این طریق میزان گل‌دهی را افزایش می‌دهد (Deewatthanawong *et al.*, 2010). غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسپریمین بیشترین تأثیر را نسبت به

تعداد گل در بوته و متوسط تعداد گل در شاخه

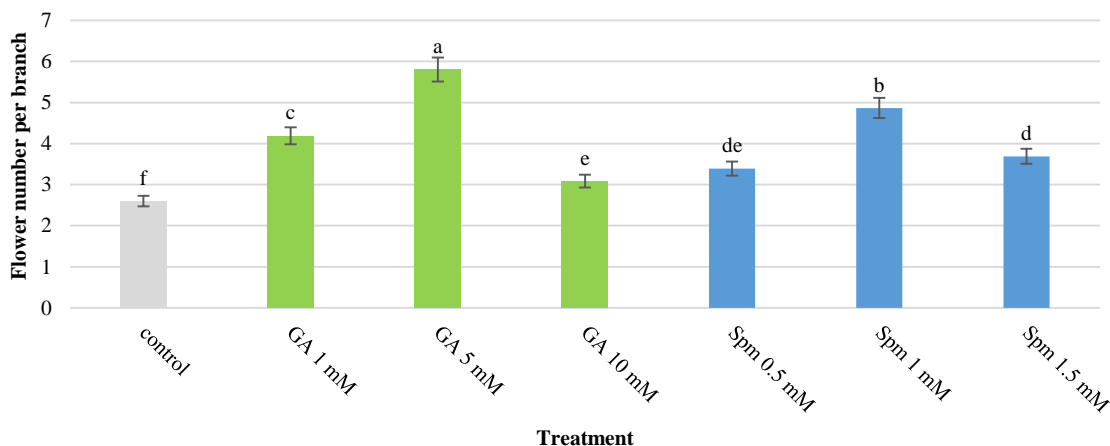
نتایج به‌دست‌آمده نشان داد اثر گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپریمین بر تعداد گل در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد گل در تیمار ۱۰ میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید با میانگین ۱۵۰ گل در بوته به‌دست آمد (شکل ۲). همچنین در بین غلظت‌های مختلف اسپریمین تیمار یک میلی‌مولار با میانگین ۱۳۱ گل در بوته، بهترین نتیجه را به‌دست داد (شکل ۲). نتایج به‌دست‌آمده نشان داد اثر همه تیمارها نسبت به شاهد در صفت متوسط تعداد گل در شاخه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بالاترین عملکرد در این صفت مربوط به غلظت پنج میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید و یک میلی‌مولار اسپریمین بود. که با توجه به (شکل ۱) در تیمار پنج میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید متوسط تعداد گل در شاخه بیشتر از تیمار ۱۰ میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید بود (شکل ۱). در ارتباط با گیاهان زینتی، مهم‌ترین صفت زینتی میزان گل‌دهی می‌باشد. بنابراین لازم است گیاه طی یک دوره طولانی گل‌دهی تعداد گل بیشتری داشته باشد که تعداد گل در گیاه بستگی به سن گیاه، حاصلخیزی خاک و شرایط آب و هوایی دارد. همچنین ارزشمندترین اندام گیاه گل محمدی هم از نظر زینتی و هم از نظر دارویی، گل آن می‌باشد که بهبود کمیت و کیفیت آن نقش مؤثری در توسعه

اسپرمین در گیاه موجب کاهش میزان ریزش جوانه‌های گل می‌شود که به دلیل افزایش سنتز کربوهیدرات‌ها و آسیمیلات‌ها در گیاه می‌باشد. پلی‌آمین‌ها در فرآیندهای تقسیم و نمو سلولی گل‌ها، گل‌دهی، گل‌انگیزی و توسعه اندام گل شرکت دارند (Liu *et al.*, 2006).

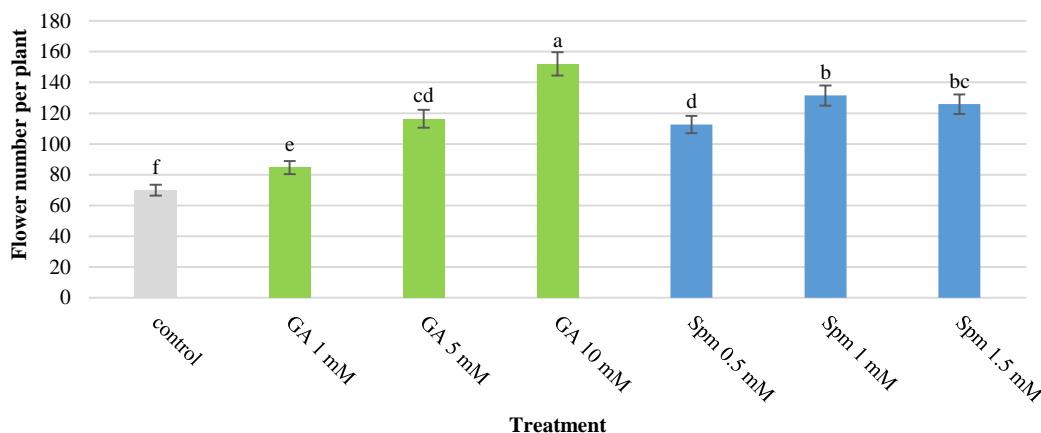
وزن خشک گلبرگ

همچنین نتایج به دست آمده تفاوت معنی‌داری را در سطح یک درصد بین سطوح مختلف محلول پاشی گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین روی وزن خشک گلبرگ نشان داد.

دیگر پلی‌آمین‌ها و گیاهان شاهد در گیاه زینتی گلابول داشت (Zadnour *et al.*, 2011). تیمار یک میلی‌مولار اسپرمین موجب افزایش تعداد گلچه در گل آذین اصلی و تعداد گلچه در شاخه‌های گل‌دهنده جانبی در گل فریضیا نسبت به تیمار شاهد شد. افزایش معنی‌دار در ویژگی‌های رویشی و زایشی در استفاده از اسپرمین نسبت به سایر پلی‌آمین‌ها به دلیل نقش اسپرمین در فعال کردن دریچه‌های کانال‌های یون کلسیم می‌باشد. کلسیم در ارتباط با عمل اکسین بوده و باعث افزایش تقسیم و طول‌شدن یاخته‌ای می‌شود و همچنین در استحکام و حفظ دیواره اولیه یاخته‌ای نیز شرکت دارد (Zadnour *et al.*, 2011). کاربرد



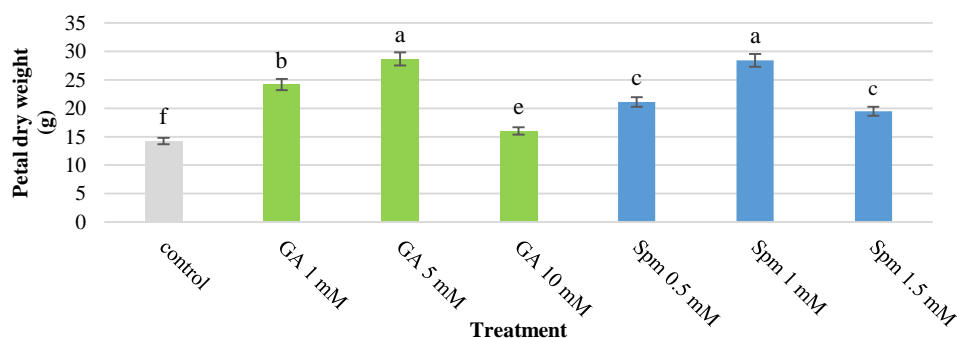
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین بر متوسط تعداد گل در شاخه گل محمدی
Figure 1. Mean comparison effect of GABA and spermine spraying on average number of flowers per branch in *Rosa damascena* Mill.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین بر صفات تعداد گل در بوته گل محمدی
Figure 2. Mean comparison effect of GABA and spermine spraying on number of flowers per plant in *Rosa damascena* Mill.

بیشترین تأثیر را بر وزن تر و خشک گل داشت (Baniasadi *et al.*, 2014). پلی‌آمین‌ها به‌طور معنی‌داری وزن تر و قطر گل گلابول را افزایش دادند و با بهبود ثبات و پایداری غشا، طول عمر گل داوودی را افزایش دادند. کاربرد پلی‌آمین‌ها در راستای افزایش وزن تر برگ‌ها و گلچه‌ها در گل بریدنی گلابول موجب افزایش دو برابری وزن خشک آن‌ها نیز می‌گردد (Nahed *et al.*, 2009). تیمار گل‌های آلسترومیریا رقم Sukari با غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسپرمین موجب افزایش وزن تر و خشک گلبرگ شد (Alborz *et al.*, 2013). تیمار ۱۰ پی‌پی‌ام اسپرمین بیشترین وزن تازه گل رز واریته Samurai را به‌دست داد. تأثیر مثبت پلی‌آمین‌ها به این دلیل است که در تقسیم و بزرگ شدن سلول دخالت دارند و چون یک منبع نیتروژنی هستند، می‌توانند رشد گیاه را تحریک کنند و سطح داخلی هورمون‌های درونی گیاه مثل جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها را بالا ببرند که انتقال مواد غذایی به جوانه‌ها را از طریق افزایش تقسیم سلولی و یا افزایش ارتباط آوندی بین جوانه‌های جانبی و ساقه اصلی تسهیل می‌کند، همچنین می‌تواند به‌دلیل اثر آنتی‌اکسیداتیو و کمک به تعادل کاتیون-آنیون باشد (Tang and Newton, 2005). پلی‌آمین‌ها بر روند گل‌دهی از طریق القای گل‌دهی تأثیر می‌گذارند و اندام‌های گل را توسعه می‌دهند و وزن تر و خشک را می‌توانند بهبود بخشند و علت تأثیر بیشتر اسپرمین نسبت به دیگر پلی‌آمین‌ها به‌دلیل وجود تعداد گروه آمینی بیشتر در ساختار آن می‌باشد (Baniasadi *et al.*, 2014).

بالاترین میانگین وزن خشک مربوط به غلظت پنج میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید (۲۸/۶۷ گرم در بوته) و یک میلی‌مولار اسپرمین (۲۸/۴۳ گرم در بوته) گزارش شد (شکل ۳). مطابق با نتایج یک مطالعه، کاربرد خارجی گاما آمینو بوتیریک اسید به‌طور معنی‌داری رشد مورفولوژیکی نهال ذرت و گوجه‌فرنگی را بهبود بخشید (Yin *et al.*, 2010). علاوه بر این، در آزمایش‌های دیگر، کاربرد گاما آمینو بوتیریک اسید در نیم و پنج میلی‌مولار، به‌ترتیب رشد *Stellaria longipes* و *Lemma* را تحت شرایط رشدی طبیعی افزایش داد (Kinnersley & Lin, 2000). تیمار نیم میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید بیشترین تأثیر را روی وزن تر گیاه، شمار گل‌ها و وزن خشک در گیاه زینتی پروانش داشت (Bayanloo, 2017). گاما آمینو بوتیریک اسید موجب جذب و بیان ژن انتقال نیترات در گیاهان می‌شود. بنابراین گاما آمینو بوتیریک اسید در متابولیسم عمومی و ذخیره و یا انتقال نیتروژن شرکت دارد. محلول‌پاشی تیمار گاما آمینو بوتیریک اسید، رشد گیاهان، وزن تر و خشک را با افزایش مقاومت به تنش‌ها با تنظیم فعالیت آنزیم‌های دخیل در متابولیسم اولیه نیتروژن و جذب نیترات افزایش می‌دهد. همچنین با توجه به شواهد موجود گاما آمینو بوتیریک اسید از یک طرف باعث تغییر چرخه سلولی و تحریک تقسیم سلولی و از طرف دیگر رشد طولی و گسترش سلولی را امکان‌پذیر می‌سازد که در نتیجه موجب افزایش وزن تر و خشک گل می‌گردد (Barbosa *et al.*, 2010). در تحقیقی که بر روی گل همیشه بهار انجام شد تیمار یک میلی‌مولار اسپرمین



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین بر وزن خشک گلبرگ در بوته گل محمدی
Figure 3. Mean comparison effect of Gaba and spermine spraying on dry petal weight per plant in *Rosa damascena* Mill.

کلروفیل و کاروتنوئید

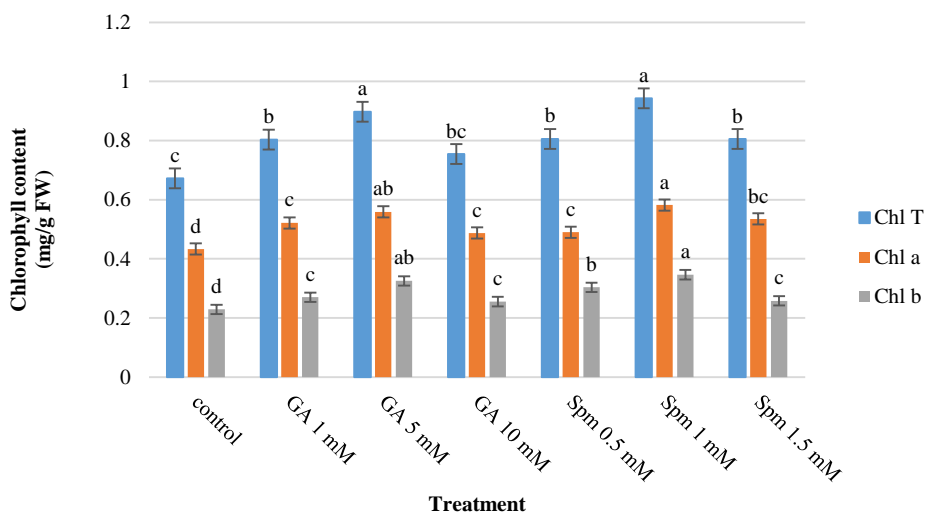
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر محلول پاشی گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین بر میزان کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید برگ در سطح یک درصد معنی دار شده است (جدول ۳). در هر ۴ صفت شامل کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید غلظت‌های یک میلی‌مولار اسپرمین و پنج میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید بهترین نتایج را به دست دادند (شکل‌های ۴ و ۵). اثر گاما آمینو بوتیریک اسید خارجی با تسریع در بیوسنتز پلی‌آمین‌ها و ممانعت از تجزیه شدن پلی‌آمین‌ها در گیاه خربزه همراه بود (Wang *et al.*, 2014, a). کاربرد خارجی گاما آمینو بوتیریک اسید رشد مورفولوژیکی، عملکرد دستگاه فتوسنتز، ظرفیت تبادل گازی، بیوسنتز کلروفیل و پایداری غشا در گوجه‌فرنگی را تحریک می‌کند (Yin *et al.*, 2010). در مطالعه، پرایمینگ بذر فلفل سیاه تحت تیمار گاما آمینو بوتیریک اسید، فعالیت فتوسیستم یک و دو به طور معنی‌داری افزایش یافت (Vijayakumari & Puthur, 2016). اثر محافظتی گاما آمینو بوتیریک اسید در سیستم فتوسنتزی و محتوی کلروفیل در نشاء برنج گزارش شد (Nayyar *et al.*, 2005). افزایش محتوی کلروفیل کل در گل شاخه بریده رز با به کار بردن گاما آمینو بوتیریک اسید با غلظت ۱۵ میلی‌مولار گزارش شده است. اثرات بهبودی گاما آمینو بوتیریک اسید القاشده در تعداد گونه‌های گیاهی شناسایی شده است که ممکن است به دلیل بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی، محتوی نسبی آب، تجمع اسمولیت، آماس برگ و دیگر مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مرتبط، باشد (Deewatthanawong *et al.*, 2010). گاما آمینو بوتیریک اسید موجب تسریع در بیوسنتز پلی‌آمین‌ها (پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین) و پیش ماده‌های پلی‌آمین‌ها (گلوتامین، اورنتین، آرژنین و متیونین) شده و همچنین از تجزیه پلی‌آمین‌ها ممانعت به عمل می‌آورد. بالا رفتن سطح پلی‌آمین‌ها و اتصال یونی آن‌ها به غشای تیلاکوئید، سبب حفظ پایداری غشا و مانع از تجزیه‌ی رنگیزه‌های گیاهی از جمله کلروفیل و افزایش محتوی کاروتنوئیدها می‌گردد و اینگونه در حفظ

فتوسنتز دخالت دارد (Wang *et al.*, 2014, a). گاما آمینو بوتیریک اسید سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئیدها را تحریک می‌کند که می‌تواند موجب افزایش میزان کلروفیل شده و در نتیجه عملکرد سیستم فتوسنتز را افزایش دهد. تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسپرمین به تنهایی موجب افزایش خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی از جمله قطر گل، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، ماندگاری گل، شاخص پایداری غشا، آنتوسیانین، کلروفیل کل برگ، پرولین و پروتئین در گل رز رقم Black baccara روی بوته شده است (Ismaeil Khan Zandi & Danaee, 2014). تیمار یک و دو میلی‌مولار اسپرمین میزان کلروفیل را در گل میخک رقم رد کورسا نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (Kamyab *et al.*, 2016). در خربزه تیمار پلی‌آمین‌ها منجر به پراکسیداسیون کمتر غشا و نگهداری و حفظ بیشتر کلروفیل شد (Lester, 2000). بالاترین میزان کلروفیل در گیاه بادام رقم یلدا با تیمار اسپرمین ۰/۱ میلی‌مولار به دست آمد (Mousavi Rad, 2012). تیمار ۱۰۰ میکرو مولار اسپرمین در شرایط *in vitro* سبب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل در گل سوسن چلچراغ گردید و بهترین نتایج را به دست داد (Younesnia Omran, 2015). تیمار گل‌های آلسترومیا رقم Sukari با غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اسپرمین موجب حفظ شاخص کلروفیل برگ شد و همچنین فعالیت آنزیم کلروفیلاز را کاهش داد (Alborz *et al.*, 2013). کاربرد اسپرمین روی برگ‌های گندم نیز مانع کاهش کلروفیل شد. پلی‌آمین‌های خارجی موجب حفظ پایداری غشاهای کلروپلاست و مانع از تجزیه و تخریب کلروفیل می‌شوند و تأثیر خود را از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک روی غشاهای تیلاکوئید کلروپلاست و کاهش تجزیه و اتلاف مواد می‌گذارند (Lee *et al.*, 1997). اثر پلی‌آمین‌ها در مهار تخریب سبزینه ممکن است به مهار فعالیت آنزیم پروکسیداز مرتبط باشد، از آنجاکه اتیلن موجب تجزیه کلروفیل می‌شود، پلی‌آمین‌ها به علت نقش ضد اتیلنی که دارند، مانع از تولید آنزیم‌های

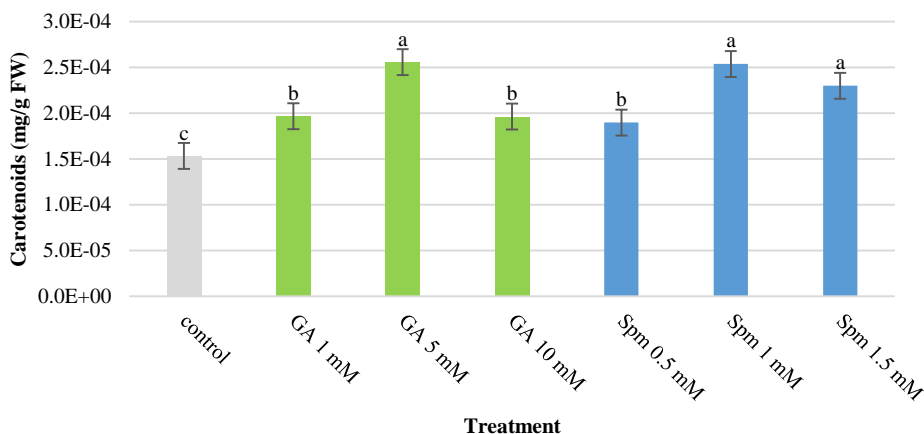
فلاونوئید برگ و گلبرگ

نتایج به دست آمده از میزان فلاونوئید برگ و گلبرگ نشان داد که اثر همه‌ی تیمارها نسبت به شاهد در سطح یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۳). بهترین نتیجه فلاونوئید برگ مربوط به غلظت پنج میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید و یک میلی‌مولار اسپریمین و همچنین بهترین نتیجه‌ی فلاونوئید گلبرگ هم مربوط به غلظت پنج میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید و یک میلی‌مولار اسپریمین بود (شکل ۶ و ۷). بیشترین میزان محتوی فلاونوئید کل در آلوی شابلون در تیمار ۱۰ میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید مشاهده شده است (Hemmatjo Mahmoudalilo *et al.*, 2016).

مداخله‌کننده در ساخت اتیلن می‌شوند و از تولید رادیکال‌های آزاد که سبب تجزیه‌ی کلروفیل می‌شوند، جلوگیری می‌کنند (Alcazar *et al.*, 2006). بیوسنتز پلی‌آمین‌ها و اتیلن از نظر پیش‌ماده اس آدنوزیل متیونین (S-adenosyl methionine) مشترک بوده و با هم بر سر استفاده از پیش ماده مشترک رقابت می‌کنند و بیوسنتز یکی اثر بازدارندگی بر سنتز دیگری دارد. کاربرد پلی‌آمین‌ها در گیاهان با جلوگیری از پروکسیداسیون لیپیدها و تخریب ماکرومولکول‌ها منجر به افزایش کاروتنوئیدها و میزان گلوکوتایون می‌شود (Tang & Newton, 2005).



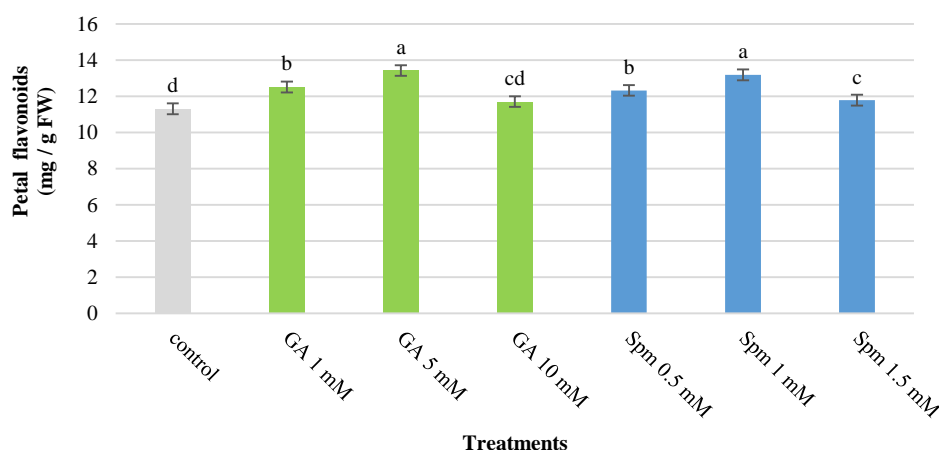
شکل ۴. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپریمین بر محتوی کلروفیل گل محمدی. Figure 4. Mean comparison effect of Gaba and spermine spraying on chlorophyll content in *Rosa damascena* Mill.



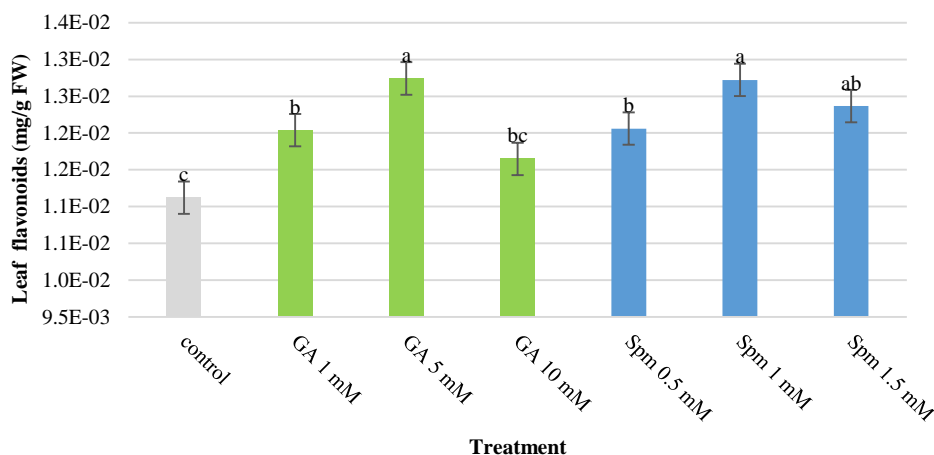
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپریمین بر محتوی کاروتنوئید گل محمدی. Figure 5. Mean comparison effect of Gaba and spermine spraying on carotenoid's content in *Rosa damascena* Mill.

نتیجه افزایش ترکیبات فنولی را در برگ‌های گیاه چغندر قند در پی داشت (Hajiboland & Ebrahimi, 2013). تیمار ۵۰ میکرومولار اسپرمین در شرایط *in vitro* سبب افزایش معنی‌دار میزان فلاونوئید کل در سه طول موج ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر در گل سوسن چلچراغ گردید و بهترین نتایج را به‌دست داد (Younesnia, 2015). سازوکار تأثیر کاربرد پلی‌آمین‌ها بر روی افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلیاز تاکنون بررسی نشده است و احتمال می‌رود پلی‌آمین‌ها به‌عنوان مولکول‌های علامتی، زنجیره‌ای از واکنش‌های دفاعی را راه‌اندازی نمایند که افزایش فعالیت فنیل آلانین آمونیلیاز یکی از نتایج آن است (Hajiboland & Ebrahimi, 2013).

مکانیسم اثر گاما آمینو بوتیریک اسید بر افزایش میزان فلاونوئید کل ممکن است به‌دلیل تحریک تولید آنزیم فنیل آلانین آمونیلیاز بوده که در واقع باعث تحریک مسیر فنیل پروپانوئید می‌شود. مسیر فنیل پروپانوئید باعث سنتز ترکیبات فنولی نظیر ترکیبات فلاونوئیدی می‌گردد. افزایش میزان ترکیبات فلاونوئیدی کل تحت تیمار گاما آمینو بوتیریک اسید می‌تواند از افزایش بیان ژن‌های درگیر در مسیر بیوسنتز فنیل پروپانوئیدها به ویژه افزایش بیان ژن مسئول سنتز آنزیم فنیل آلانین آمونیلیاز که اولین آنزیم در مسیر سنتز ترکیبات فنولی به‌ویژه فلاونوئیدهاست، ناشی شده است (Soleimani, 2016). کاربرد پلی‌آمین‌ها موجب افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلیاز شده و در



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین بر محتوی فلاونوئید گلبرگ گل محمدی
Figure 6. Mean comparison effect of Gaba and spermine spraying levels on petal flavonoid content in *Rosa damascena* Mill.

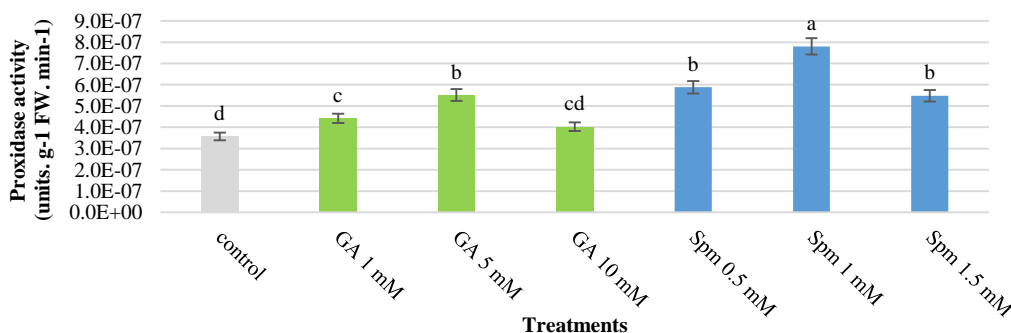


شکل ۷. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین بر محتوی فلاونوئید برگ گل محمدی
Figure 7. Mean comparison effect of Gaba and spermine spraying levels on leaf flavonoid content in *Rosa damascena* Mill.

فعالیت آنزیم پراکسیداز

داد و تیمار ۲۰ میلی‌مولار آن بهترین تیمار بود (Hemmatjo Mahmoudalilo *et al.*, 2016). علاوه بر اثر غیر مستقیم گاما آمینو بوتیریک اسید بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، ثابت شده است که گاما آمینو بوتیریک اسید به‌طور مستقیم توانایی جاروب قابل توجه گونه‌های فعال اکسیژن را داراست. تیمار نیم میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید بیشترین تأثیر را روی فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاه پروانش داشت (Bayanloo, 2017). پلی‌آمین‌ها به‌عنوان مولکول‌های علامتی زنجیره ای از واکنش‌های دفاعی را راه‌اندازی می‌نمایند که افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی یکی از نتایج آن می‌باشد. محلول‌پاشی دانه‌های بادام و هلو با تیمارهای مختلف پلی‌آمین منجر به افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در وزن تازه برگ بادام و هلو شد (Emraei *et al.*, 2016). تاکنون گزارش‌های زیادی در ارتباط با تأثیر مثبت پلی‌آمین‌ها بر افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهانی همچون بابونه، نخود، سیب، سویا و جو ذکر شده است (Emraei *et al.*, 2016). تیمار ۰/۲۵ میلی‌مولار اسپرمین موجب افزایش فعالیت آنزیم پروکسیداز در اندام هوایی و ریشه سورگوم شد (Chai *et al.*, 2010). اسپرمین با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در گیاه آلسترومیریا گردید. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در اثر کاربرد پلی‌آمین‌ها را می‌توان ناشی از باند شدن پلی‌آمین‌ها با مولکول‌های پروتئین دانست که مانع از شکستن آن‌ها می‌شود (Alborz *et al.*, 2013).

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان داد سطوح مختلف گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین سبب افزایش در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح یک درصد نسبت به شاهد شدند، به نحوی که در غلظت یک میلی‌مولار اسپرمین و پنج میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید به حداکثر خود رسید. تحقیقات اخیر نشان داد محلول‌پاشی تیمار گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA)، رشد گیاهان را با افزایش مقاومت به تنش‌ها با تنظیم فعالیت آنزیم‌های دخیل در متابولیسم اولیه نیتروژن و جذب نیترات افزایش می‌دهد (Barbosa *et al.*, 2010). گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA)، به‌عنوان یک مولکول پیام رسان داخلی گیاه شناسایی شده و در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف گیاه درگیر می‌شود. سطوح گاما آمینو بوتیریک اسید در محرک‌ها و آسیب‌های مکانیکی افزایش می‌یابد (Bown *et al.*, 2002). تیمار ۲۰ میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید در میوه‌های موز انبار شده در سردخانه، افزایش فعالیت آنزیم پروکسیداز را به دنبال داشت (Wang *et al.*, 2014,b). همچنین در هلوی تیمار شده با گاما آمینو بوتیریک اسید فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی از جمله پروکسیداز بالا رفت (Yang *et al.*, 2011). بیشترین میزان فعالیت آنزیم پروکسیداز در گیاه خیار با تیمار ۴۰ میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید به‌دست آمد (Fathollahi *et al.*, 2016). گاما آمینو بوتیریک اسید فعالیت آنزیم پروکسیداز را در آلوی شابلون افزایش



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گل محمدی
Figure 8. Mean comparison effect of Gaba and spermine spraying on peroxidase activity rate in *Rosa damascena* Mill.

نتیجه‌گیری کلی

طبق نتایج این پژوهش، استفاده از گاما آمینو بوتیریک اسید و اسپرمین به‌عنوان محرک‌های رشد می‌تواند موجب بهبود صفات مورفوفیزیولوژیکی در مرحله زایشی گل محمدی شوند و بر کیفیت و عملکرد زایشی این گیاه ارزشمند بیافزایند. بر پایه‌ی نتایج به‌دست آمده در این پژوهش این دو ماده توانستند رشد زایشی و خصوصیات فیزیوشیمیایی گیاه را ارتقا بخشند. غلظت‌های پایین و بالای به‌کار گرفته شده از این دو ماده در این پژوهش کمتر اثرگذار بودند و غلظت‌های متوسط به‌کار رفته از این دو ماده یعنی پنج میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید و یک میلی‌مولار اسپرمین بهترین تیمار بود و با توجه به ارزان قیمت بودن و دسترسی بیشتر گاما آمینو بوتیریک اسید نسبت به اسپرمین تیمار پنج

میلی‌مولار گاما آمینو بوتیریک اسید بیشتر توصیه می‌گردد. از آنجایی که گیاهان مختلف پاسخ یکسان و همانندی به استعمال مواد ندارد و معمولاً بین غلظت مواد مصرفی، نوع گیاه، مرحله رشدی و اقلیم اثر متقابلی وجود دارد، بنابراین مطالعه تأثیر نوع و مقدار مواد بر رقم‌های مختلف این گیاه تحت مراحل مختلف رویشی و زایشی و اقلیم‌های مختلف می‌تواند حایز اهمیت باشد.

سپاسگزاری

از دانشجویان گروه باغبانی خانم‌ها ندا جسمانی، زهرا کرمی، الهه بیانلو و همچنین آقای یاسین دستیار، به‌خاطر همکاری صمیمانه ایشان در مراحل مختلف این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Aghdam, M. S., Naderi, R., Jannatizadeh, A., Sarcheshmeh, M. A. A. & Babalar, M. (2016). Enhancement of postharvest chilling tolerance of anthurium cut flowers by γ -aminobutyric acid (GABA) treatments. *Scientia Horticulturae*, 198, 52-60.
2. Alborz, Z., Habibi, F. & Mortazavi, S. (2014). Effect of spraying the putrescine and spermine on vase life of *Alestromeria* cv. "Sukari". *Journal of Agricultural Crop Management*, 17(1), 241-255. (in Farsi).
3. Alcazar, R., Marco, F., Cuevas, J. C., Patron, M., Ferrando, A., Carrasco, P., Tiburcio, A. F. & Altabella, T. (2006). Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. *Biotechnology Letters*, 28, 1867-1876.
4. Amiri Fadradi, R. & Hosseini, A. H. (2013). Importance of Ornamental-Medicinal Plants in Urban Green Space for Improving Human Welfare. In: *Proceeding of 3rd National Conference on Medicinal plants*, 20-21 Nov., Islamic Azad University of Amol, Amol, Iran, pp. 12-17. (in Farsi).
5. Ashrafuzzaman, M., Razi Ismail, M., Abdullah IbnaFazal, K. M., Uddin, M.K. & Prodhan A.K.M.A. (2010). Effect of GABA application on the growth and yield of bitter gourd (*Momordica charantia*). *International Journal of Agriculture & Biology*, 12(1), 129-132.
6. Babaei, A., Tabaei-Aghdaei, S.R., Khosh Khui, M., Omidbaigi, R., Naghavi, M.R. & Assareh, M.H. (2008). *Rosa damascena* (*Rosaceae*) characters and their heritability analysis in Iran. *Iranian Journal of Botany*, 14(1), 75-80.
7. Baniyadi, F., Safari, V. R. & Maghsoudi moud, A. A. (2014). Effect of spermidine and spermine on some growth parameters (*Calendula officinalis* L.). In: *Proceeding of 1st National Congress on Flowers and Ornamental Plants*, 21-24 Oct., National Institute of Flowers and Ornamental Plants, Karaj, Iran. 6, 21. (in Farsi).
8. Barbosa, J., Singh, N., Cherry, J. & Locy, R. (2010). Nitrate uptake and utilization is modulated by exogenous γ -aminobutyric acid in *Arabidopsis thaliana* seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 443-450.
9. Bayanloo. (2017). *Effect of γ -aminobutyric acid (GABA), humic acid and salicylic acid on physiological responses and antioxidant characters in Catharanthus roseus L.* (G. Don). M.Sc Thesis, University of Zanjan, Iran, (in Farsi).
10. Bown, A., Hall, D. & MacGregor, K. (2002). Insect footsteps on leaves stimulate the accumulation of 4-aminobutyrate and can be visualized through increased chlorophyll fluorescence and superoxide production. *Plant Physiology*, 129, 1430-1434.
11. Chai, Y.Y., Jiang, C.D., Shi, L., Shi, T.S. & Gu, W.B. (2010). Effects of exogenous spermine on sweet sorghum during germination under salinity. *Biologia Plantarum*, 54(1), 145-148.
12. Chang, C., Yang, M., Wen, H. & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10, 178-182.

13. Chen Wei, Y., Sheng Gen, H., Yue Ming, 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.
14. Chevallier, A. (1996). *The Encyclopedia of Medicinal Plants*. Dorling Kindersely, London, 336p.
15. Deewatthanawong, R., Rowell, P. & Watkins, C. (2010). γ -amino butyric acid (GABA) metabolism in CO₂ treated tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 57, 97-105.
16. Ding, Y.F., Liu, P., Chang, Y.X., Zhao, L., Han, D.G. & Xu, K.D. (2006). Effect of spermine on physiology of leaves and configuration of florescence of chrysanthemum. *Journal of Hubei Agriculture Science*, 6, 789-79.
17. Emraei tabar, S., Ershadi, A. & Robati, T. (2016). The effect of putrescine and spermine on almond and peach drought tolerance. *Journal of Agricultural Crop Management*, 18(1), 203-218. (in Farsi).
18. Fathollahi, A., Ghahremani, Z., Barzegar, T. & Nikbakht, J., (2016). *Morpho-physiological responses of two Iranian cucumber accessions to application of γ -aminobutyric acid under water deficit stress*. M.Sc. Thesis, University of Zanjan, Iran. (in Farsi).
19. Ghahreman, A. (1996). *Iranian coromophytes (herbal systematic)* (Volume II). Academic Publishing Center, Tehran, 550 pp. (in Farsi).
20. Hajiboland, R. & Ebrahimi, N. (2013). Effect of mild salinity and exogenous polyamines on growth, photosynthesis and phenolics metabolism in sugar beet plants. *Iranian Journal of Plant Research*. 26(3), 290-300. (in Farsi).
21. Hassan, F.A.S., Ali, E.F. & Alamer, K.H. (2018). Exogenous application of polyamines alleviates water stress-induced oxidative stress of *Rosa damascena* Miller var. tringitpetala Dieck. *South African Journal of Botany*, 116 (2018), 96-102.
22. Hemmatjo Mahmoudalilo, B., Asghari, M. R. & Hassanpour, H. (2016). *Effect of postharvest treatment with gamma aminobutyric acid and salicylic acids on quality and storage life of Shablon plum (Prunus salicina L.)*. M.Sc. Thesis, Urmia University, Urmia, Iran. (in Farsi).
23. Hoque, M.M. (2002). *Effect of CI-IAA, GABA and TNZ-303 on growth, yield and contributing characters of wheat*. M.Sc. Thesis, Department of Crop Botany., Bangladesh Agriculture University, Mymensingh.
24. Hosseini Farahi, M. & Zadehbagheri, M. (2016). 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 Horticultural Science*. 47(4), 717-729. (in Farsi).
25. Ismaeilkhan Zandi, M. R. & Danaee, E. (2014). The effect of pre-harvest application of putrescine, spermidine spermine and on some traits, enzymes and wearing the black baccara roses on the bush. *Journal of Cellular and Molecular Biology*, 9(1-2), 11-21. (in Farsi).
26. Jabbarzadeh, Z. (2003). *Effective factors on micropropagation of Damask rose*. M.Sc. Thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran. (in Farsi).
27. Kamyab, F. (2016). Effect of different polyamines on vase life, ethylene production and some physiological traits of *Dianthus caryophyllus* L. Cv. Red Corsa. *Iranian Journal of Agronomy*, 18(2), 275-288. (in Farsi).
28. Kinnersley, A.M. & Lin, F. (2000). Receptor modifiers indicate that 4-aminobutyric acid (GABA) is a potential modulator of ion transport in plants. *Plant Growth Regulation*, 32(1), 65-76.
29. Krizek, D. T., Britz, S.J. & Mirecki, R.M. (1998). Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. new red fire lettuce. *Physiology Plant*, 103, 1-7.
30. Kudori, M. & Taba'i Aghda'i, S.R. (2007). Performance appraisal and its components in *Rosa damascena* Mill. in Kerman province. *Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research Center*, 23(1), 100-110. (in Farsi).
31. Lanauskas, J., Uselis, N., Valisukaite, A. & Viskelis, P. (2006). Effect of foliar and soil applied fertilizers on strawberry healthiness, yield and berry quality. *Agronomy Research*, 4, 247-250.
32. Lee, M. M., Lee, S. H. & Park, K. Y. (1997). Effects of spermine on ethylene biosynthesis in cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) flowers during senescence. *Journal of Plant Physiology*, 151, 68-73.
33. Lester, G. E. (2000). Polyamines and their cellular anti-senescence properties in honey dew muskmelon fruit. *Plant Science*. 160, 105-112.
34. Liu, J.H., Honda, C. & Moriguchi, T. (2006). Involvement of polyamine in floral and fruit development. *Japan Agriculture Research Quart*, 40, 51-58.
35. 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, 117-126.
36. Mac-Adam, J.W., Nelson, C.J. & Sharp, R.E. (1992). Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. *Plant Physiology*, 99, 872-878.
37. Mousavi Rad, S.H. (2012). *Effect of putrescine and spermine on fruit yield and quality of almond Cv. Yalda*. MSc Thesis, Faculty of Agriculture Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran. (in Farsi).

38. Nahed, A.A., Taha Lobna, G. & Ibrahim Soad, S. (2009). Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of gladiolus plants at Nubaria. *Ozean Journal of Apple Science*, 2(2), 12-23.
39. Nayyar, H., Satwinder, K.A.U.R., Kumar, S., Singh, K. J. & Dhir, K. K. (2005). Involvement of polyamines in the contrasting sensitivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) to water deficit stress. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 46, 333-338.
40. Nazarolmolk, E., Zahedi, B. & Zeinali, H. (2015). Relations between flower yield and its components in 10 genotypes of damask rose in Golpayegan. *Iranian Journal of Horticulture Science*, 48, 243-249. (in Farsi).
41. Razmavar, Z., Farjadi Shakib, M. & Danaee, E. (2016). Effect of pulse putrescine, spermine and spermidine treatment on some quantitative, qualitative and vase life of cut rose flowers cv. Grand Prix. In: *Proceeding of 9th Congress on Iranian Horticultural Science*. 25-28 Jan., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, pp. 1-4. (in Farsi)
42. Samsuzzaman, M. (2004). *Effect of NAA and GABA on growth and yield contributing characters of groundnut (Doctoral dissertation)*. M.Sc. Thesis, Department of Crop Botany, Bangladesh Agriculture. University of Mymensingh, Bangladesh.
43. Shi, S.Q., Shi, Z., Jiang, Z.P., Qi, L.W., Sun, X.M., Li, C.X., Liu, J.F., Xiao, W.F. & Zhang, S.G. (2010). Effects of exogenous GABA on gene expression of *Caragana intermedia* roots under NaCl stress: regulatory roles for H₂O₂ and ethylene production. *Plant, Cell and Environment*, 33(2), 149-162.
44. Soleimani Aghdam, M., Naderi, R., Jannatizadeh, A., Askari Sarcheshmeh, M.A. & Babalar, M. (2016). Enhancement of postharvest chilling tolerance of anthurium cut flowers by gamma aminobutyric acid (GABA) treatments. *Scientia Horticulturae*, 198, 52-60.
45. Tang, W. & Newton, J. R. (2005). Polyamines reduced salt induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in *Pinus virginia*. *Plant Growth Regulation*, 46, 31-43.
46. Vijayakumari, K. & Puthur, J.T., (2016). Aminobutyric acid (GABA) priming enhances the osmotic stress tolerance in *Piper nigrum* Linn. plants subjected to PEG-induced stress. *Plant Growth Regulation*, 78(1), 57-67.
47. Wang, C.Y., Fan, L.Q., Gao, H.B., Wu, X.L., Li, J.R., Lv, G.Y. & Gong, B.B. (2014a). Polyamine biosynthesis and degradation are modulated by exogenous gamma aminobutyric acid in root-zone hypoxia-stressed melon roots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 82, 17-26.
48. Wang, Y., Luo, Z. & Huang, H. (2014b). Effect of exogenous γ -aminobutyric acid (GABA) treatment on chilling injury and antioxidant capacity in banana peel. *Scientia Horticulturae*, 4, 17-25.
49. Yang, A.P., Cao, S.F., Yang, Z. F., Cai, Y. T. & Zheng, Y. H. (2011). C-aminobutyric acid treatment reduces chilling injury and activates the defense peach fruit. *Food Chemistry*, 129, 1619-1622.
50. Yin, Y. G., Tominaga, T., Iijima, Y., Aoki, K., Shibata, D., Ashihara, H. & Matsukura, C. (2010). Metabolic alterations in organic acids and γ -aminobutyric acid in developing tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits. *Plant and Cell Physiology*, 51(8), 1300-1314.
51. Younesnia omran, F. (2015). *The role of polyamines in salt stress tolerance under in-vitro condition in Liliun ledebourii* Bio. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture Mohaghegh Ardebili University, Ardebil, Iran. (in Farsi).
52. Yousefi, B. (2018). Evaluation of genetic diversity of flower yield and its components in 12 local genotypes of *Rosa damascena* Mill. in Kurdistan province. *Iranian Journal of Horticulture Science*, 50, 723-732. (in Farsi).
53. Zadnour, P., Khosh-Khui, M. & Rahimian, A. (2011). Effects of putrescine, spermine and spermidine on flowering and vegetative growth of gladiolus plants. In: *Proceeding of 7th Congress on Iranian Horticultural Science*. 5-8 Sep., Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, pp. 651-654. (in Farsi).