اثر سطوح مختلف اسیدجیبرلیک بر صفات کمی و کیفی گل در گیاه دارویی بنفشه معطر (*Viola odorata* L.)

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۷، شماره ۱، صفحات ۴۷-۲۹
(بهار ۱۴۰۰)

سعید دوازده امامی[۱]✉، فروغ مرتضایی‌نژاد[۲]، مریم پرورش[۲]، مرضیه اله‌دادی[۳]

۱- بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

۲- گروه علوم باغبانی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

۳- گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

(✉ s.12emami@yahoo.com : نویسنده مسئول)

چکیده

بنفشه معطر با نام علمی *Viola odorata* L. گیاهی چندساله و متعلق به خانواده Violaceae است که نه تنها به‌عنوان گیاه دارویی و زینتی شناخته شده است بلکه به‌صورت گسترده در صنایع آرایشی کاربرد دارد. به‌منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر خصوصیات کمی و کیفی گل این گیاه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان) اجرا شد. تیمارها شامل سطوح مختلف اسیدجیبرلیک با سه غلظت های صفر (شاهد)، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم در لیتر بودند. نتایج نشان داد که کاربرد اسیدجیبرلیک با غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر در مقایسه با شاهد، باعث افزایش معنی‌دار تعداد گل، قطر گل، طول دوره گلدهی، محتوای آنتوسیانین، محتوای فلاونوئید، غلظت کلروفیل و جذب اشعه ماوراء بنفش در گل‌ها شده است. همچنین، در تیمار ۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسیدجیبرلیک، از نظر میزان آنتوسیانین، کلروفیل b و کاروتنوئید در مقایسه با تیمار شاهد، تفاوت معنی داری نداشت. قطر گل، تعداد گل، طول دوره گلدهی و محتوای آنتوسیانین گل‌ها در دو غلظت هورمون (۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم در لیتر) نتایج مشابهی را نشان دادند. با توجه به کاربرد دارویی بنفشه معطر، استفاده از تیمارهای هورمونی جهت افزایش تعداد گل و نیز متابولیت‌های ثانویه این گیاه، توصیه می‌شود.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۷

واژه‌های کلیدی

- اسیدجیبرلیک
- آنتوسیانین
- بنفشه معطر
- قطر گل
- متابولیت‌های ثانویه

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY- NC- ND انتشار یافته است.

10.22034/AEJ.2022.696778

مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها رشد قابل توجهی داشته و بخش اعظم بازار گیاهان دارویی دنیا، به تولید و عرضه متابولیت‌های ثانویه مشتق از این گیاهان مربوط می‌شود. یکی از گیاهان دارویی مهم که از دیر باز در طب سنتی مورد استفاده بشر بوده، بنفشه معطر[1] است که متعلق به خانواده *Violaceae* می‌باشد. این گیاه علفی، بوته‌ای و چند ساله به ارتفاع ۵- ۱۵ سانتی‌متر، دارای برگ های ساده و مجتمع بر روی یقه گیاه است که گل های کوچک بنفش و صورتی دارد (Davazdahemami, 2009; Lim, 2014). میوه آن کپسول کروی، پوشیده از کرک و محتوی دانه‌هایی به رنگ زرد با لکه‌های سفید رنگ است (Khosravi, 2009). بنفشه معطر بومی اروپا، شمال غربی آفریقا و غرب آسیا است (Marcussen, 2006). همچنین در مناطق مختلف کشور مانند جنگل های شمال و در مناطقی از استان اصفهان مانند باغات مناطق اطراف نطنز و کاشان به صورت خودرو دیده می‌شود (Davazdahemami, 2009). این گیاه از گیاهان گلدار مقاوم به سرما بوده و به همین دلیل مورد توجه دانشمندان و محققان اصلاح نباتات و داروسازی قرار گرفته است (Gholizadeh *et al.*, 2015). بنفشه معطر علاوه بر گیاه دارویی به عنوان گیاه زینتی و خوراکی شناخته شده است. برگ‌های جوان، جوانه‌های گل و گل‌ها به صورت خام یا پخته شده مورد مصرف قرار می‌گیرند (Mlcek and Rop ,2011). همچنین اسانس این گیاه شامل ۶۳ ترکیب مختلف است و از گل آن در تهیه عطر استفاده می‌شود (Hammami *et al.*, 2011; Vishal *et al.*, 2009). گل، برگ، ریشه، دانه و حتی تمام قسمت‌های گیاه کامل مورد استفاده می‌باشد. از لحاظ دارویی گل و ریشه خشک شده آن بیشتر از برگ و بذر آن اثر دارویی دارند و گل آن نیز از نظر دارویی از ریشه آن موثرتر است (Dafeian, 2012; Emami *et al.*, 2011). این گیاه به دلیل دارا بودن خواص فارماکولوژیک بسیاری از جمله اثرات آنتی‌اکسیدانی (Jamshed *et al.*, 2019; Stojković *et al.*, 2011)، ضد سرطانی (Alipanah *et al.*, 2017; Jasim *et al.*, 2018)، ادرار آور، ملین (Vishal *et al.*, 2009)، ضد درد (Antil *et al.*, 2011)، ضد فشار خون (Siddiqi *et al.*, 2012)، محافظت کنندگی در برابر آسیب‌های کبدی و عروق (Jamshed *et al.*, 2019) و خواص ضدمیکروبی (Foroughi *et al.*, 2016; Zarrabi *et al.*, 2013) در عرصه مطالعات دارویی، مورد توجه زیادی قرار گرفته است. فلاونوئیدها، ساپونین‌ها، آلکالوئید، پولین، موسیلاژ و ویتامین ث، مهم‌ترین مواد مؤثره بنفشه معطر هستند. همچنین، گل‌ها و برگ‌های این گیاه حاوی اسیدسالیسیلیک متیل استر و اسید بتا- نیترو پروپیونیک می‌باشند (Batra and Sharma, 2013; Karioti *et al.*, 2013).

تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه ترکیبات آلی، طبیعی یا مصنوعی هستند، که می‌توانند حداقل یک فرآیند فیزیولوژیکی خاص را در گیاه تغییر داده یا کنترل کنند (Kreuser, 2015). این ترکیبات هنگام تولید در گیاه، به‌عنوان هورمون‌های گیاهی نامیده می‌شوند که در غلظت کم در محل سنتز، فعال هستند و یا به بافت های دورتر منتقل می‌شوند (Davies, 2010). جیبرلین‌ها گروهی از دی-ترپنوئیدها هستند که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، شناخته شده‌اند. از جمله نقش های مهم این هورمون‌ها در گیاهان می‌توان به طویل شدن سلول‌ها، افزایش طول میانگره‌ها، تحریک گلدهی، تولید میوه بدون دانه، طویل شدن ریشه، رشد برگ ها، جوانه‌زنی بذر، بزرگ شدن و افزایش کیفیت میوه، تأخیر در رسیدن میوه‌ها و بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه اشاره کرد (Falkowska *et al.*, 2011; Taiz and Zeiger, 2010). تحقیقات مختلف نشان داده که زیست توده و بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در بسیاری از گیاهان دارویی مانند شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)، ریحان میخکی (*Ocimum gratissimum* L.) و

1- Sweet violet (*Viola odorata* L.)

پروانش (*Catharanthus roseus* L.) با استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد بهبود یافته است (Dar *et al.*, 2015; Hazzoumi *et al.*, 2014; Muthulakshmi and Pandiyarajan, 2015). بنفشه معطر به صورت خودرو در برخی از مناطق ایران رشد می‌کند و با وجود خواص دارویی فراوان این گیاه، تاکنون تحقیقات چندانی درباره‌ی آن انجام نشده است. لذا با توجه به اهمیت اقتصادی متابولیت‌های ثانویه این گیاه، پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر اسیدجیبرلیک بر ویژگی‌های گل و میزان متابولیت‌های ثانویه‌ی آن به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و تعداد سه گلدان در هر تکرار و در سه سطح تیمار هورمونی در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه آزاد خوراسگان اصفهان اجرا شد. نشاها با طول مشابه حدود ۱۰ سانتی‌متر در ابتدا به مدت دو هفته به منظور مقاوم‌سازی در لیوان نشاء در بستر کشت موقت در زیر مه‌پاش (میست) در گلخانه قرار داده شد. نشاها در اول آذرماه ۱۳۹۱ از محل موقت به بستر کشت اصلی آماده شده، انتقال یافت به‌طوری که در هر گلدان، یک نشا کشت گردید. سپس گلدان‌ها اتیکت گذاری شد. به منظور اجرای طرح برای هر تیمار، تعداد نه گلدان در نظر گرفته شد و کف گلدان‌ها به وسیله لیکا جهت زهکش مناسب به ارتفاع یک سانتی‌متر، پر گردید و پس از آن نشاها به داخل گلدان‌ها منتقل گردید. پس از کشت نشاها، عملیات آبیاری آغاز شده و از آن پس هر سه روز یکبار آبیاری گلدان‌ها به‌وسیله آبپاش انجام گرفت.

تیمار اسیدجیبرلیک در سه سطح صفر (شاهد)، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اعمال شد. جهت تهیه هورمون در سطح ۲۰۰ میلی گرم در لیتر، ۰/۰۲ گرم و در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ۰/۰۴ گرم از پودر اسیدجیبرلیک به‌وسیله ترازو و با دقت یک هزارم اندازه گیری شده و با استفاده از استوانه مدرج ۱۰۰ میلی‌لیتری با الکل ۹۶ درصد به حجم رسانیده شد. هورمون به‌صورت محلول‌پاشی در قسمت زیرین و سطح برگ‌ها و در محل گره‌ها پاشیده شد. اعمال تیمار در سه نوبت با فاصله زمانی ۱۵ روز یکبار صورت گرفت. برای محلول پاشی گیاهان شاهد نیز از آب مقطر استفاده شد. زمان هورمون‌پاشی در هنگام عصر نزدیک به غروب آفتاب و در صورت اطمینان از عدم وزش باد، صورت گرفت. در طول دوره گلدهی صفاتی مانند طول دوره گلدهی (شمارش تعداد روزها از زمان شروع تشکیل گل تا پایان دوره گلدهی)، قطر گل (با استفاده از دستگاه کولیس بر حسب میلی‌متر) و تعداد گل (شمارش تعداد گل در بوته به‌صورت هفتگی از ابتدا تا پایان دوره گلدهی) مورد سنجش قرار گرفت. برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل برگ، از روش آرنون (۱۹۴۹)، استفاده شد (Arnon, 1949). در این روش ۰/۱ گرم از وزن تر برگ در هاون چینی ریخته شده و ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه شد تا برگ کامل له شود. پس از این مرحله، عصاره حاصله از کاغذ صافی، عبور داده شد. سپس عصاره صاف شده را با استون ۸۰ درصد به حجم ۲۰ میلی لیتر رسانده و با استفاده از اسپکتروفوتومتر(UV-VIS 1280- Shimadzu) و در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر با استفاده از روابط زیر، غلظت کلروفیل a، b و کل محاسبه گردید:

$$\text{Chl a (mg/g)} = \frac{(12.7 \times A663) - (2.69 \times A645)}{FW \times 1000} \times V \quad (1)$$

$$\text{Chl b (mg/g)} = \frac{(22.9 \times A645) - (4.8 \times A663)}{FW \times 1000} \times V \quad (2)$$

$$\text{Chl T (mg/g)} = \frac{(20.2 \times A645) + (8.02 \times A663)}{FW \times 1000} \times V \quad (3)$$

A = جذب در طول موج مورد نظر

V = حجم نهایی محلول

FW = وزن تر نمونه گیاه

همچنین، میزان جذب کاروتنوئید در طول موج ۴۷۰ نانومتر با دستگاه اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول زیر، محاسبه شد:

$$Car\ (mg/g) = \frac{(1000 \times A470) - (1.8 \times chl\ a) - (85.02 \times chl\ b)}{198} \quad (۴)$$

جهت اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین برگ‌ها از روش واگنر (۱۹۷۹)، استفاده شد (Wagner, 1979). ۰/۱گرم از نمونه‌های گل در هاون چینی با مقداری متانول اسیدی (متانول خالص و اسید کلریدریک خالص، به نسبت حجمی ۱:۹۹) کاملا ساییده و عصاره پس از صاف شدن با کاغذ صافی، در لوله‌های آزمایش ریخته شده و با محلول متانول اسیدی به حجم ۱۵ میلی‌لیتر رسانیده و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سلسیوس، قرارگرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ (EBA200- Elimino) با سرعت ۴۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و جذب روشناور در طول موج ۵۵۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر(UV-VIS 1280- Shimadzu) اندازه‌گیری و سپس میزان آنتوسیانین با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$A = \varepsilon bc (۵)$$

A= جذب در طول موج ۵۵۰ نانومتر

ε = ضریب خاموشی آنتوسیانین (۳۳۰۰۰ سانتی‌متر بر مول)

b = عرض کووت

c = غلظت آنتوسیانین (نانومول بر گرم/ وزن تر)

اندازه‌گیری فلاونوئید به روش اسپکتروفوتومتری با استفاده از روش کریزک و همکاران (۱۹۹۸)، انجام گرفت (Krizek, 1988). در این روش ۰/۱ گرم وزن تر گل در هاون چینی محتوی ۱۰ میلی‌لیتر اتانول اسیدی (الکل اتیلیک و اسید استیک گلایسیال به نسبت حجمی ۱:۹۹) ساییده شد و سپس به حجم ۱۵ میلی‌لیتر رسانیده شد. سپس عصاره‌ها در فالکون ریخته شد و پس از سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰ دور در دقیقه، عصاره به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سلسیوس، قرار گرفت. برای تنظیم دستگاه اسپکتروفوتومتر از اتانول اسیدی به عنوان شاهد استفاده شد. در نهایت شدت جذب در طول موج‌های ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد.

$$Fla = ABS(WD)\ \frac{V}{700}.100$$

V= حجم عصاره

ABS= جذب خوانده شده در طول موج مورد نظر

Fla= فلاونوئید

سنجش میزان ترکیبات جذب‌کننده اشعه ماورا بنفش به روش دی (۱۹۹۳)، انجام گرفت (Day, 1993). در این روش ۰/۱ گرم وزن تر گل در هاون چینی محتوی ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و اسید کلریدریک و آب به نسبت‌های حجمی ۱:۹:۹۰) ساییده شده و به حجم ۱۵ میلی‌لیتر رسانیده شد و پس از حرارت دادن به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰ دور در دقیقه، سانتریفیوژ گردیده و جذب محلول رویی به‌وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر UV-visible در طول موج ۳۰۰ نانومتر، قرائت شد. جهت رقیق‌سازی نمونه‌ها، به هر نمونه یک میلی‌لیتری، شش میلی‌لیتر متانول اسیدی اضافه گردید و میزان جذب مجددا در همان طول موج، اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری (SAS, ver 9.1) انجام شد. میانگین داده‌ها با آزمون LSD مقایسه شد و در نهایت رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های گل

محلول‌پاشی اسیدجیبرلیک، طول دوره گلدهی، قطر گل و تعداد گل بنفشه معطر را افزایش داد. طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها، بین تیمارهای ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدجیبرلیک با تیمار شاهد (صفر میلی‌گرم در لیتر) از لحاظ طول دوره گلدهی اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید در حالی که بین تیمارهای ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. طول دوه گلدهی در تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۷۷/۷۸ روز)، بیشترین و در تیمار صفر میلی‌گرم در لیتر (۶۰/۳۳ روز) کمترین مقدار بود (شکل ۱). در تیمارهای ۴۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدجیبرلیک، قطر گل افزایش معنی‌داری نسبت به غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نشان داد. گل‌های تیمار شده با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر، قطر گل بزرگتری نسبت به سایر گل‌ها دارا بودند و کمترین آن مربوط به غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر بود (شکل ۲). بررسی نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان داد که در اکثر زمان‌ها بین تیمارهای ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر با تیمار صفر میلی‌گرم در لیتر، اختلاف معنی‌داری در تعداد گل مشاهده شد و بیشترین تعداد گل در طول دوره‌ی گلدهی به غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین آن به تیمار شاهد، اختصاص داشت.

بر اساس نتایج این پژوهش، محلول‌پاشی اسیدجیبرلیک، طول دوره گلدهی بنفشه معطر را افزایش داد. گلدهی گیاهان به‌وسیله مجموعه‌ای از عوامل محیطی و علائم بیوشیمیایی درونی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. کاربرد اسیدجیبرلیک با اثر بر اکثر فرآیندهای فیزیولوژیکی، باعث افزایش در رشد کلی گیاه می‌گردد. افزایش رشد گیاه می‌تواند انتقال گیاه از مرحله رویشی به گلدهی (زایشی) را تسریع کند و سبب القای گل انگیزی شود (Hajisamadi Asl *et al.*, 2011). اسیدجیبرلیک می‌تواند باعث تحریک آغازش گلدهی شود و در نتیجه طول دوره گلدهی را افزایش دهد. مواجهه با اسیدجیبرلیک سبب تحریک تقسیم سلولی می‌شود و به طور کلی کوتاه شدن دوره‌ی کاشت تا گلدهی، با کاربرد اسیدجیبرلیک رابطه‌ی مستقیم دارد (Mojtahedi and Lesani, 2008). نتایج تحقیقات مختلف حاکی از تاثیر مثبت تنظیم کننده‌های رشد بر گلدهی گیاهان مختلف است. استفاده از هورمون اسیدجیبرلیک با غلظت ۳۰۰

میلی‌گرم در لیتر باعث تسریع گلدهی در گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) گردید (Mortezaie Nejad and Etemadi, 2010). تیمار نرگس دروغین (*Narcissus pesudonarcissus*) با اسید جیبرلیک در غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر، نشان داد که کوتاه‌ترین زمان گلدهی در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اتفاق افتاد (Ebrahimi *et al.*, 2014). تیمار جیبرلین موجب تسریع گلدهی گل نرگس (*Narcissus tazetta* L.) شد (Nakhaei *et al.*, 2011). بیشترین قطر گل با استفاده از تیمار جیبرلین حاصل شد. جیبرلین‌ها در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه وارد شده و موجب آثار مطلوبی مانند تحریک تقسیم سلولی، انگیزش گل، تحریک توسعه گل و افزایش اندازه گل می‌شوند (Du Toit *et al.*, 2004). در آزمایشی بیشترین قطر گل در گل مریم رقم پرپر در تیمار حاوی اسیدجیبرلیک و کمترین آن در تیمار شاهد، گزارش شد. تیمار گل نرگس با جیبرلین سبب افزایش معنی‌دار قطر گل گردید (Kheiry *et al.*, 2011).

تعداد گل‌های بنفشه معطر با محلول پاشی اسید جیبرلیک، افزایش معنی‌داری داشت. به طور کلی، هورمون جیبرلین می‌تواند در آغازش و نمو گل دخالت داشته باشد. تغییر در سطح جیبرلین ممکن است نقش اساسی در انتقال از مرحله رویشی به مرحله زایشی داشته باشد (Naderi and Majidian, 2009). در واقع جیبرلین می‌تواند باعث انگیزش گل و گلدهی یکسان گردد (Du Toit *et al.*, 2004). در تحقیقی گزارش شده که غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک، تعداد گل را به صورت معنی‌داری در گیاه اسطوخودوس (*Lavandula officinalis* Chaix.) تحت تاثیر قرار می‌دهد (Hajisamadi Asl *et al.*, 2011). تعداد گل ها در دو هیبرید ارکیده (*Orchid* sp) پس از استفاده از غلظت‌های بالاتر جیبرلین، افزایش یافت (Cardoso *et al.*, 2010). کاربرد اسیدجیبرلیک در گیاه گاو زبان (*Borago officinalis*) اثرات معنی‌داری بر تعداد گل داشت (Shekari *et al.*, 2011).

آنتوسیانین

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها از نظر صفت میزان آنتوسیانین (شکل ۴)، نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدجیبرلیک با تیمار شاهد وجود داشته و بالاترین غلظت مورد استفاده‌ی این هورمون، بیشترین تاثیر را بر میزان آنتوسیانین ایجاد کرد.

آنتوسیانین‌ها رنگدانه‌های محلول در آب بوده که طیف رنگی قرمز تا بنفش را در بر می‌گیرند. این ترکیبات در واکوئل‌ها تجمع می‌یابند (Goncalves *et al.*, 2006) و از مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در گیاهان هستند که نه تنها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند، بلکه از تولید بیشتر آنها در گیاه جلوگیری می‌کنند. همچنین باعث تسهیل ورود فلزات سنگین به واکوئل سلول‌ها و در نتیجه جمع‌آوری آنها از سایر بخش‌ها می‌شوند (Tripathi *et al.*, 2006). رابطه مستقیمی میان سنتز آنتوسیانین با بالا رفتن میزان کربوهیدرات‌ها وجود دارد و هر عاملی که افزایش، جذب یا ساخته‌شدن کربوهیدرات‌ها را متاثر سازد، باعث افزایش میزان آنتوسیانین کل در گلبرگ‌ها می‌شود و جیبرلین هورمون گیاهی است که تجزیه ترکیبات ذخیره‌ای گیاه را تسهیل می کند. در نتیجه، به افزایش محتوای آنتوسیانین کمک می‌نماید (Li *et al.*, 2002).

ویس (۲۰۰۰)، گزارش کرد که اسیدجیبرلیک می‌تواند به‌عنوان یک محرک آغاز فرآیند توسعه و رنگ‌پذیری در گل‌ها عمل کند. همچنین، می‌تواند برخی از ژن‌های آنزیم‌های ضروری را در مسیر سنتز آنتوسیانین، ایجاد کند. از آنجا که سازوکار عمل اسید جیبرلیک در گیاهان از طریق بیوسنتز طیف وسیعی از آنزیم‌های مختلف صورت می‌گیرد (Weiss, 2000). کواک و لی (۱۹۹۷)، گزارش کردند که اسیدجیبرلیک فعالیت آنزیم فنیل آلانین‌آمونیلاز را تنظیم می‌کند که این آنزیم غلظت آنتوسیانین را در گیاه افزایش می‌دهد (Tripathi *et al.*, 2006). همچنین روه و همکاران (۲۰۱۰)، سنتز رنگیزه‌ی آنتوسیانین بوسیله اسیدجیبرلیک را با افزایش سنتز و

فعالیت آنزیم‌های فنیل‌آلانین‌آمونیلاز، چالکون سنتتاز، چالکون ایزومراز، فلاوانون- ۳- هیدروکسیلاز و UDP- گلوکز-۳-أ-فلاونوئید گلوکوزیل ترانسفراز، مرتبط دانست (Roh *et al.*, 2010). طبق نتایج بدست آمده از این پژوهش، بالاترین مقدار آنتوسیانین گل بنفشه معطر با مصرف غلظت بالای اسیدجیبرلیک حاصل شده که با نتایج سایر محققان در گونه‌های گیاهی مختلف، مطابقت داشت. نتایج پژوهش امامی و همکاران (۲۰۱۱)، نشان داد که محتوای آنتوسیانین گیاه لیلیوم (*Lilium longiflorum*) با کاربرد جیبرلین در مقایسه با شاهد، افزایش یافت (Emami *et al.*, 2011). اسیدجیبرلیک میزان آنتوسیانین گلبرگ گیاه زنبق (*Iris holandica* var. Blue Magic) را افزایش داد (Hassanpur Asil *et al.*, 2011). محتوی آنتوسیانین ریحان در تیمار اسیدجیبرلیک نسبت به شاهد، افزایش معنی‌داری نشان داد (Abdekhani S, Solouki, 2016).

کاروتنوئید

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار کاروتنوئید در تیمار هورمونی حاوی غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک حاصل شد به طوریکه در تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان کاروتنوئید افزایش معنی‌داری نسبت به غلظت‌های صفر و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدجیبرلیک داشت.

کاروتنوئیدها گروهی از رنگدانه‌های نارنجی و زرد محلول در چربی بوده که در غشا تیلاکوییدهای کلروپلاست یافت می‌شوند و وظیفه آنها جمع‌آوری انرژی و محافظت نوری از مولکول کلروفیل می‌باشد (Ahmadi *et al.*, 2007). در این پژوهش، کاربرد اسید جیبرلیک، باعث افزایش میزان کاروتنوئید گل بنفشه معطر گردید. محققان زیادی افزایش محتوی کاروتنوئید گیاه را در اثر مصرف تنظیم کننده‌های رشدی مانند جیبرلین، گزارش نموده‌اند. محلول‌پاشی جیبرلین در گیاه همیشه بهار، سبب افزایش میزان کاروتنوئید در مقایسه با تیمار شاهد شد. اسیدجیبرلیک میزان کارتنوئید را به‌طور قابل توجهی در گیاهان برگ زینتی آرالیای دروغین (*Dizygotheca elegantissima*)، شفلرا (*Schefflera arboricola*) و فیکوس بنجامین (*Ficus benjamina*) افزایش داد (Salehi Sardoei and Shahdadneghad, 2014). نتایج عبدالوحید و سویفی (۲۰۰۹)، روی گیاه لیندا (*Beaucarnea recurvata* LEM.) افزایش میزان کاروتنوئید را در اثر کاربرد جیبرلین، نشان داد (Abdel- Wahid and Sweify, 2009).

کلروفیل a، b و کل

تیمار اسیدجیبرلیک، میزان کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل گل بنفشه معطر را تحت تاثیر قرار داد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین-ها، بیشترین میزان کلروفیل کل در تیمار هورمونی ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل‌های ۵، ۶ و ۷).

بر اساس نتایج این پژوهش، محتوی کلروفیل کل، a و b تحت تأثیر تیمار اسیدجیبرلیک قرار گرفت که با نتایج سایر پژوهشگران در گیاهان مختلف، مطابقت داشت. آروین و فیروزه (۲۰۱۹)، افزایش میزان کلروفیل گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) تحت تاثیر اسیدجیبرلیک را به افزایش سطح فتوسنتزکننده، افزایش ظرفیت فتوسنتزی، میزان ماده‌سازی و در نتیجه آن تامین و افزایش پیش ماده لازم برای سنتز این مولکول و تحریک هر چه بیشتر مسیر بیوسنتزی این رنگدانه فتوسنتزی، نسبت دادند (Arvin and Firouzeh, 2019). با افزایش غلظت اسیدجیبرلیک، مقدار کلروفیل a در گیاه زینتی اِسپاتی‌فیلوم (*Spathiphyllum wallisii* Regel) افزایش یافت (Rahbarian *et al.*, 2014). اسیدجیبرلیک میزان کلروفیل‌ها را در گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) به‌طور معنی‌دار افزایش داد (Abbaspour and Rezai, 2015). بالاترین محتوای کلروفیل a و b در گیاه دارویی گون کتیرایی (*Astragalus*

(*gossypinus* Fisher) با اعمال تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید جیبرلیک به دست آمد (Dehghani Bidgoli, 2019). کاربرد اسید جیبرلیک در همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) منجر به افزایش کلروفیل a، b و میزان کلروفیل کل شد (Salehi Sardoyi, 2014). بیشترین مقدار کلروفیل گل شیپوری (*Zantedeschia aethiopica*) رقم چایلدسیانا مربوط به کاربرد همزمان اسیدجیبرلیک و بنزیل آدنین بود (Majidian *et al.*, 2012).

فلاونوئید

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین هر سه غلظت اسیدجیبرلیک (صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم در لیتر) نسبت به یکدیگر در جذب فلاونوئید وجود داشت. با توجه به شکل ۸، تیمار ۴۰۰ میلی گرم در لیتر، بیشترین میزان فلاونوئید را در جذب ۲۷۰ نانومتر به میزان ۱۰۱/۴۶۷ درصد در گرم به خود اختصاص داده و در مقابل، تیمار صفر میلی گرم در لیتر میزان فلاونوئید را به میزان ۸۰ درصد در گرم نشان داد. همانگونه که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، بیشترین میانگین فلاونوئید در جذب ۳۰۰ نانومتر (۹۶/۶۰۷ درصد در گرم) در تیمار ۴۰۰ میلی گرم در لیتر به ثبت رسید و حداقل آن مربوط به تیمار شاهد (۸۷/۰۲۸۷ درصد در گرم) بود. با توجه به شکل ۱۰، تیمار ۴۰۰ میلی گرم در لیتر اسیدجیبرلیک، دارای بیشترین میزان فلاونوئید در جذب ۳۳۰ نانومتر (۱۰۳/۳۶ درصد در گرم) بود که این تیمار در جذب نسبت به سایر جذب‌ها شامل ۲۷۰ و ۳۰۰ نانومتر بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است.

فلاونوئیدها گروه بزرگی از ترکیبات فنلی موجود در گیاهان هستند که باعث ایجاد رنگ، طعم و ویژگی‌های فیزیولوژیکی خاصی در گیاهان می‌شوند و از گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی به‌خصوص علف کش‌ها، محافظت می‌کنند (Boudet, 2007; Myung-Min *et al.*, 2009). در این پژوهش، اسیدجیبرلیک به‌صورت معنی‌داری محتوای فلاونوئید گل را تحت تاثیر قرار داد. اثر مثبت اسیدجیبرلیک بر محتوای فلاونوئید گیاه در مطالعات مختلفی به اثبات رسیده است. دافعیان (۲۰۱۲)، گزارش داد که تیمار اسید جیبرلیک باعث افزایش محتوای کاروتنوئیدها در نشاءهای بنفشه معطر شد (Dafeian, 2012). بیشترین میزان فلاونوئید کل در مینا چمنی (*Bellis perenis* L.) در تیمار ترکیبی اسیدجیبرلیک و متیل جاسمونات و کم‌ترین آن در تیمار شاهد بود (Yaghoubi, 2012). عبدخانی و سلوکی (۲۰۱۶)، گزارش کردند که اسیدجیبرلیک بر محتوی فلاونوئید ریحان (*Ocimum basilicum* L.) اثر مثبت و معنی‌دار داشته است (Abdekhani and Solouki, 2016).

در پژوهش حاضر، غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر اسیدجیبرلیک در مقایسه با شاهد، باعث افزایش معنی‌دار جذب UV در گل‌ها شد. ترکیبات فنلی مانند فلاونوئیدها، ایزوفلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها از مهم‌ترین ترکیبات ثانویه با مکانیسم محافظتی در برابر تنش‌های غیر زنده در گیاهان می‌باشند. مطالعات بسیاری نشان داده که تجمع فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها توسط گیاه، مکانیسم حفاظتی در برابر تابش فرابنفش ایجاد می‌کند (Winkel-Shirley, 2001). اسیدجیبرلیک با تاثیر بر ساخت برخی آنتوسیانین‌ها و دیگر متابولیت‌ها و در نتیجه با تجمع این ترکیبات و تیره شدن اندام‌های هوایی گیاه، منجر به افزایش میزان جذب نور خورشید می‌شود (Ghasemi, 2009).

جذب UV

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین هر سه غلظت اسیدجیبرلیک، اختلاف معنی‌داری وجود داشت و بر اساس این نتایج، بیشترین میزان ترکیبات جذب‌کننده UV در گل مربوط به تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۶/۵۸۲ درصد در گرم) بوده است (شکل ۱۱).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی، تنظیم کننده‌های رشد از جمله جیبرلین‌ها در رشد و نمو گیاهان و به ویژه تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی، نقش کلیدی و اساسی دارند. نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی هورمون اسیدجیبرلیک با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به تیمار شاهد، باعث افزایش معنی‌دار تعداد گل، طول دوره گلدهی، قطر گل، محتوای آنتوسیانین، محتوای فلاونوئید، محتوای کاروتنوئید، کلروفیل و افزایش جذب اشعه ماوراء بنفش در گل‌ها گردید که این نتایج احتمالا به دلیل دخالت جیبرلین‌ها در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه، آثار مطلوبی مانند تحریک تقسیم سلولی و طویل شدن سلول، انگیزش گل، طویل شدن ساقه، گلدهی یکسان، تحریک توسعه گل، کوتاه کردن زمان کاشت تا گلدهی و افزایش اندازه و تعداد گل را به همراه دارد. با توجه به خواص دارویی فراوان این گیاه، پیشنهاد می‌شود تحقیقات بیشتری در خصوص بررسی تغییرات سایر ترکیبات فیتوشیمیایی گل تحت تاثیر اسید جیبرلیک، کاربرد سایر غلظت‌ها و ارزیابی اثر دیگر تنظیم کننده‌های رشدی بر صفات کمی و کیفی گیاه، صورت گیرد.

References

Abbaspour H, Rezai H. Effects of gibberellic acid on Hill reaction, photosynthetic pigment and phenolic compounds in Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in different drought stress levels. *Iranian Journal of Plant Researches*. **2015**, 27(5): 893-903. [in Persian with English abstract]

Abdekhani S, Solouki M. Changes in phenolic compounds, anthocyanin and antioxidant enzymes in different growth stages basil (*Ocimum basilicum* L.), using growth regulators. *Journal of Medicinal Plants*. **2016**, 2 (58):164-175. [in Persian with English abstract]

Abdel- Wahid S, Sweify S. Enhancement of *Beaucarnea recurvata* Lem. growth by some growth regulators. *Bulletin of Faculty Agriculture*. **2009**, 2:188-196.

Ahmadi A, Ehsanzadeh P, Jabbari F. Introduction to plant physiology. *The University of Tehran Press*. **2007**, 516 p. [in Persian]

Alipanah H, Bigdeli M.A, Esmaeili M.A, Akbari M.E. Comparing the effect of hydro-alcoholic extract of *Viola odorata* and melatonin on tumor growth and NF-kB, TNFR1, and VCAM-1 expression rates in 4t1 breast cancer model: An In vivo Study. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. **2017**, 27(147): 25-40. [in Persian with English abstract]

Antil V, Kumar P, Kannappan N, Diwan A, Saini P, Singh S. Evaluation of the analgesic activity of *Viola odorata* aerial parts in rats. *Journal of Natural Pharmaceuticals*. **2011**, 2:24-27.

Arnon D.T. Copper enzymes in isolated chloroplasts, Polyphenoloridase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. **1949**, 1-18

Arvin P, Firouzeh R. Study of plant density and gibberellin on some morphological and physiological traits and essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. **2019**, 34(6): 888-908. [in Persian with English abstract]

Batra P, Sharma A.K. Anti-cancer potential of flavonoids: recent trends and future perspective. *Biotech*. **2013**, 3(6): 439-459.

Boudet A.M. Evolution and current status of research in phenolic compounds. *Journal of Phytochemistry*. **2007**, 68: 22 - 4.

Cardoso J.C, Ono E.O, Rodrigues J.D. Gibberellic acid and water regime in the flowering induction of *Brassocattleya* and *Cattleya* hybrid orchids. *Horticultura Brasileira*. **2010**, 28: 395-398.

Dafeian N. Influence of different cultivation beds and gibberellic acid on quantitative and qualitative characteristics and secondary leaf metabolites in *Viola odorata. MSc. thesis, Department of Horticulture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran*. **2012**. [in Persian]

Dar T.A, Uddin M, Khan M.M.A, Ali A, Hashmi N, Idrees M. Cumulative effect of gibberellic acid and phosphorus on crop productivity, biochemical activities and trigonelline production in *Trigonella foenum-graecum* L. *Cogent Food and Agriculture*. **2015**, 1: 1-14.

Davazdahemami S. Evaluation of substrate effects on growth rate of some glandular medicinal plants (Abs.). *The 1st Regional Conference on Agriculture and Natural Resources. Ramhormoz, Iran*. **2009**, 14-15.

Davies P.J. Plant hormones biosynthesis, signal transduction, action. *Springer Dordrecht Heidelberg, London, New York*. **2010**, 835 p.

Day T.A. Relating UV-B radiation screening effectiveness of foliage to absorbing compounds and anatomical characteristics in a diverse group of plant. *Ecologia*. **1993**, 95: 542-550.

Dehghani Bidgoli, R. Investigating the effect of green nanoparticles of silver (AgNPs) and gibberellic acid (GA_3) on some morpho-physiological and germination characteristics of (*Astragalus gossypinus* Fisher). *Developmental Biology*. **2019**, 11(1): 53-64.

Du Toit E, Robbertse P, Niederwieser J. Plant carbohydrate partitioning of *Lachenalia* cv. Ronina during bulb production. *Scientia Horticulture*. **2004**, 102(4): 433-440.

Ebrahimi A, Hatamzadeh A, Hassanpour Asil M. Effect of cold period and different gibberellic acid treatments on the growth and flowering of *Narcissus pesudonarcissus*. *Second National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture, Hamedan*. **2014**, 1-8.

Emami H, Saeidnia M, Hatamzadeh A, Bakhshi D, Ghorbani E. The effect of gibberellic acid and benzyladenine in growth and flowering of lily (*Lilium longiflorum*). *Advances in Environmental Biology*. **2011**, 5:1606-1611.

Falkowska M, Pietryczuk A, Bajguz A, Grygoruk A, Czerpak R. The effect of gibberellic acid on growth, metal biosorption and metabolism of the green algae *chlorella vulgaris* Beijerinck exposed to cadmium and lead stress. *Polish Journal of Environment Student*. **2011**, 1: 53-59.

Farzad M. Complete reference to medicinal and aromatic plants. *Sarva Publications. Tehran*. **2012**, 750 p.

Foroughi A, Pournaghi P, Tahvilian R, Zangeneh M.M, Zangeneh A Moradi R. Evaluation of the chemical composition and antibacterial effects of the *viola odorata* Lin. oil's. *International Journal of Current Medical and Pharmaceutical Research*. **2016**, 2 (12): 1093-1097.

Ghasemi A. Medicinal and aromatic plants: identify and evaluate its effects. *Shahrekord Islamic Azad University Press*. **2009**, 574p. [in Persian]

Gholizadeh M, Sedaghatour S.H, Hashemabadi D. The effect of different organic media and biophosphate fertilizers on vegetative indices of aromatic violet (*Viola odorata*). *International Conference on Agricultural Research Applications International Conference on Applied Research in Agriculture, Tehran*. **2015**.

Goncalves B, Silva A.P, Moutionho-Pereira J, Bacelar E, Rosa E, Meycr A. Effect of ripeness and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*. **2006**, 103.

Hajisamadi Asl B, Hassanpour Aghdam M, Khalighi A. Effects of gibberellic acid (GA_3) foliar application on growth characteristics and essential oil of lavender (*Lavandula officinalis* Chaix.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. **2011**, 21(2): 23-32.

Hammami I, Kamoun N, Rebai A. Biocontrol of *Botrytis cinerea* with essential oil and methanol extract of *Viola odorata* L. flowers. *Scholars Research Library*. **2011**, 3:41-45.

Hassanpur Asil M, Mortazavi S.H, Hatam Zadeh A, Ghasem Nezhad M. Effects of gibberellic acid and calcium on reducing growth period of iris (*Iris holandica* var. Blue Magic) in greenhouse and extension of its cut flower life. *Journal Sciences and Technology Greenhouse Culture*. **2011**, 9: 71-79. [in Persian with English abstract]

Hazzoumi Z, Moustakime Y, Joutei K.A. Effect of gibberellic acid (GA_3), indole acetic acid (IAA) and benzylaminopurine (BAP) on the synthesis of essential oils and the isomerization of methyl chavicol and transanethole in *Ocimum gratissimum* L. *Springer Plus*. **2014**, 3: 321-328.

Jamshed H, Salman Siddiqi Gilani H, Jamshed Arslan A, Qasim M, Gul B. Studies on antioxidant, hepatoprotective, and vasculoprotective potential of *Viola odorata* and *Wrightia tinctoria. Phytotherapy Research*. **2019**, 1-9.

Jasim S.F, Baqer N.N, Alraheem E.A. Detection of phytochemical constituent in flowers of *viola odorata* by gas chromatography-mass spectrometry. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. **2018**, 11(5): 262-269.

Karioti A, Furlan C, Vincieri F.F, Bilia A.R. Analysis of the constituents and quality control of *Viola odorata* aqueous preparations by HPLC-DAD and HPLC-ESI-MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. **2011**, 399: 1715-1723.

Kheiry A, Khalighi A, Mostofi Y, Naderi R. Effects of gibberellic acid (GA_3) and benzyladenine on tuberose quality and quantity. *Journal of Crops Improvement*. **2011**, 13(1): 9-20.

Khosravi M. Medicinal plants. *Muhammad publications, Tehran*. **2009**, 276 p.

Kreuser B. Effective use of plant growth regulators on golf putting greens. *Green Section Record*. **2015**, 53 (7): 1-10.

Krizek D.T, Antonjuk V.P, Mirecki R.M. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. new red fire lettuce. *Physiologia Plantarum*. **1988**, 103: 1-7.

Kwack H, Lee J.S. Effects of uniconazole and gibberellin on leaf variegation of ornamental plants under different light conditions. *Horticultural Science*. **1997**, 38: 754-760.

Li Z.H, Gemma H, Iwahori S.H. Stimulation of 'Fuji' apple skin color by ethephon and phosphorus–calcium mixed compounds in relation to flavonoid synthesis. *Scientia Horticulture*. **2002**, 94: 193-199.

Lim T. *Viola odorata*. In edible medicinal and non-medicinal plants. *Springer*. **2014**, 795-807.

Majidian N, Naderi R, Khalighi A, Majidian M. The effect of four levels of GA_3 and BA on the quantitative and qualitative characteristics of *Zantedeschia aethiopica* cv. Childsiana pot plant. *Journal of Horticulture Science*. **2012**, 25(4): 361-368.

Marcussen T. Allozymic variation in the widespread and cultivated *Viola odorata* in western Eurasia. *Botanical Journal of the Linnean Society*. **2006**, 151: 563.

Mlcek J, Rop O. Fresh edible flowers of ornamental plants—a new source of nutraceutical foods. *Trends in Food Science and Technology*. **2011**, 22(10):561–569.

Mojtahedi M, Lesani, H. The life of the green plant. *Tehran University Publication*. **2008**, 587p.

Mortezaie Nejad F, Etemadi N. Effects of gibberellic acid on the flower's quality and flowering date in tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). *Agroecology Journal*. **2010**, 6(1): 89-96. [in Persian with English abstract]

Muthulakshmi S, Pandiyarajan V. Effect of IAA on the growth, physiological and biochemical characteristics in *Catharanthus roseus* (L). G. Don. *International Journal of Science and Research*. **2015**, 4 (3): 442 - 48.

Myung-Min H, Trick H.N, Rajasheka E.B. Secondary metabolism and antioxidant are involved in environmental adaptation and stress tolerance in lettuce. *Journal of Plant Physiology*. **2009**,166: 180-191.

Naderi R, Majidian N. Influence of four different levels of gibberellin and benzyl adenine hormones on the qualitative and quantitative characteristics of *Zantedeschia aethiopica* cv. Childsiana. *6th Iranian Horticultural Science Congress, University of Guilan*. **2009**, 870-873.

Nakhaei F, Khalili A, Naseri M, Abromand P. Effects of plant growth regulators (PGRs) on morphological traits and essential oil of daffodil (*Narcissus tazetta* L.). *Agroecology Journal*. **2011**, 6(4): 93-99. [in Persian with English abstract]

Rahbarian P, Salehi Sardoei A, Fallah Imani A. Stimulatory Effect of benzyladenine and gibberellic acid on growth and photosynthetic pigments of (*Spathiphyllum wallisii* Regel) plants. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. **2014**, 2(1): 230-237.

Roh K.S, Im E.J, Yeo S.E, Oh M.J. Exogenous GA_3 increases rubisco activation in soybean leaves. *Journal of Plant Biology*. **2010**, 44: 53-60.

Salehi Sardoei A, Shahdadneghad M. Effects of foliar application of gibberellic acid on chlorophyll and carotenoids of marigold (*Calendula officinalis* L.). *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. **2014**, 2(6): 1887-1893.

Salehi Sardoyi A. Effect of gibberellic acid and benzyladenine on vegetative growth and photosynthetic pigment changes of plant species of False *Aralia*, *Scheflera* and *Ficus benjamina* under irrigation conditions. *MSc. thesis, Department of Horticulture, Jiroft Branch, Islamic Azad University, Jiroft, Iran*. **2014**.

Shekari F, Bagheri S, Safari M.H, Mousavi Booger A. Effects of gibberellic acid on field and physiological indicators of Borago (*Borago officinalis*). *National Conference on Medicinal Plants, Mazandaran*, **2011**.

Siddiqi H.S, Mehmood M.H, Rehman N.U, Gilani A.H. Studies on the antihypertensive and antidyslipidemic activities of *Viola odorata* leaves extract. *Lipids in Health and Disease*. **2012**, 11:6.

Stojković D, Glamočlija J, Ćirić A, Šiljegović J, Nikolić M, Soković M. Free radical scavenging activity of *Viola odorata* water extracts. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*. **2011**, 17(3): 285-290.

Taiz L, Zeiger E. Plant physiology. *Sunderland, MA: Sinauer Associates*. **2010**, 782 p.

Tripathi B.N, Mehta S.K, Amar A, Gaur J.P. Oxidative stress in *Scenedesmus* sp. during short and long-term exposure to Cu and Zn. *Chemosphere*. **2006**, 62: 538-544.

Vishal A, Parveen K, Pooja S, Kannappan N Kumar S. Diuretic, laxative and toxicity studies of *Viola odorata* aerial parts. *Pharmacology Online*. **2009**, 1:739-748.

Wagner G.J Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology*. **1979**, 64:88-93.

Weiss D. Regulation of flower pigmentation and growth: multiple signaling pathways control anthocyanin synthesis in expanding petals. *Physiologia Plantarum*. **2000**, 110: 152-157.

Winkel-Shirley B. Flavonoid biosynthesis, a colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. *Plant Physiology*. **2001**, 126: 485-493.

Yaghoubi L. The effect of gibberellic acid and methyl jasmonate on pigment biosynthesis in *Bellis perenis*. *MSc. thesis, Department of Horticulture, University of Guilan, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan, Iran*. **2012**.

Zarrabi M, Dalirfardouei R, Sepehrizade Z, Kermanshahi R.K. Comparison of the antimicrobial effects of semipurified cyclotides from Iranian *Viola odorata* against some of plant and human pathogenic bacteria. *Journal of Applied Microbiology*. **2013**, 115:367-375.

Effect of gibberellic acid (GA_3) on quality and quantity characteristics of sweet violet (*Viola odorata* L.) flower

Agroecology Journal

Vol. 17, No. 1 (29-47)
(Spring 2021)

Saeid Davazdahemami ✉[1], Forough Mortazaeinezhad[2], Maryam Parvaresh[2], Marziyeh Allahdadi[3]

1- Department of Natural Resources Research, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

2- Department of Horticulture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

3- Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

✉ S.12emami@yahoo.com **(*Corresponding author*)**

Received date: 01.06.2020 Accepted date: 06.05.2020

Abstract

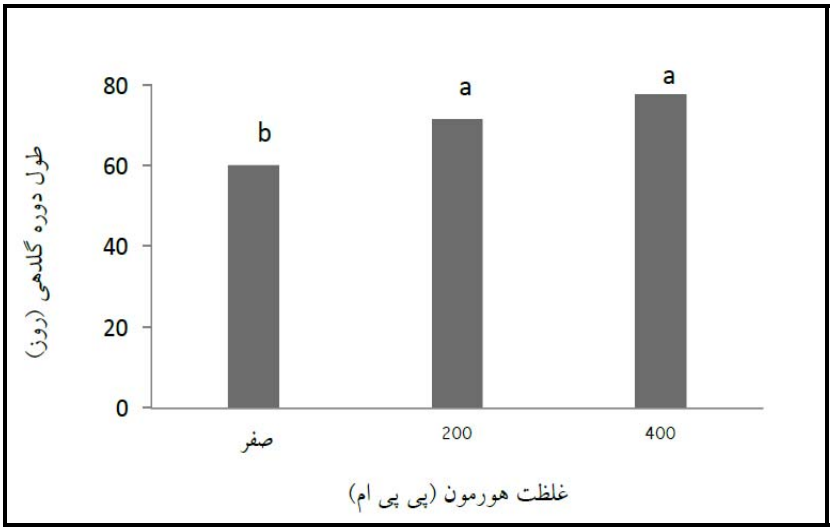
Sweet violet (*Viola odorata* L.) is a perennial plant belonging to the Violaceae family that is not only known as a medicinal and ornamental plant but also widely used in the cosmetics industry. In order to investigate the effect of different concentrations of gibberellic acid (GA_3) on the quantitative and qualitative properties of sweet violet flowers, an experiment was conducted in a randomized complete block design (CRD) with three replications at Islamic Azad University of Khorasgan (Isfahan). Treatments were different levels of gibberellic acid (GA_3) with three concentrations of 0 (control), 200 and 400 mg/L. Results showed that the application of gibberellic acid at 400 ppm significantly increased flower number, flower diameter, flowering duration, anthocyanin content, flavonoids, chlorophyll and UV absorptions compared to control treatment. There was no significant difference in terms of anthocyanin, chlorophyll b and carotenoids between the treatment of 200 mg/L gibberellic acid and control. Flower diameter, flower number, flowering duration and anthocyanin content of flowers at two concentrations of hormone (200 and 400 ppm) showed similar results. Regarding the medicinal use of sweet violet flowers, it is recommended to use hormonal treatments to increase the number of flowers and secondary metabolites of this plant.

Keywords

- Anthocyanin
- Flower diameter
- Gibberellic acid
- Secondary metabolites
- Sweet violet

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

10.22034/AEJ.2022.696778

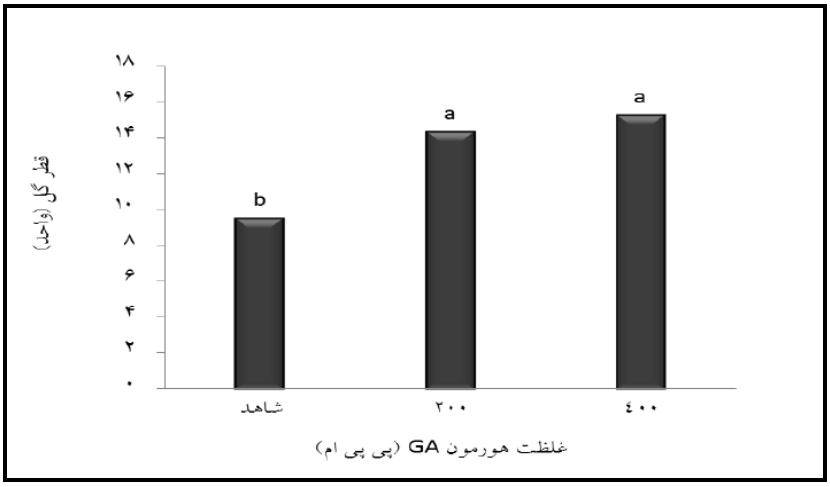


شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر طول دوره گلدهی بنفشه معطر

Figure 1. Effect of different concentrations of gibberellic acid on flowering duration of Sweet violet

حروف مشابه در هر ستون، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون LSD می‌باشد (LSD=9.11).

Similar letters in each column shows non- significant difference according to LSD test at 1% level (LSD = 9.11)

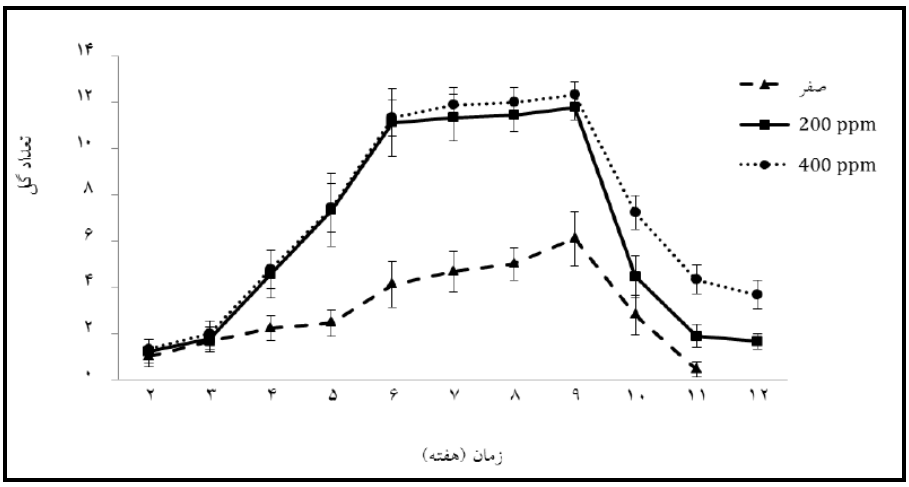


شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر قطر گل بنفشه معطر

Figure 2. The effect of different concentrations of gibberellic acid on the diameter of Sweet violet

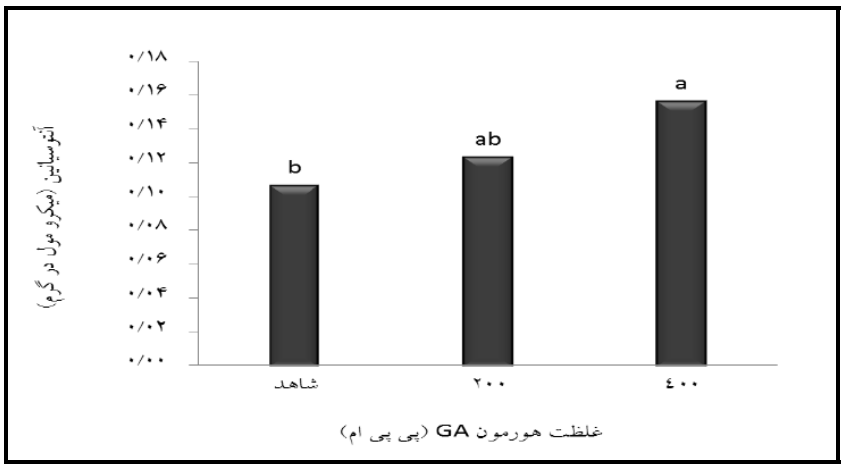
حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون LSD می‌باشد (LSD=2.23).

Similar letters in each column shows non- significant difference according to LSD test at 1% level (LSD = 2.23)



شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر تعداد گل بنفشه معطر در طول دوره گلدهی

Figure 3. Effect of different concentrations of gibberellic acid on the number of Sweet violet flowers during flowering period

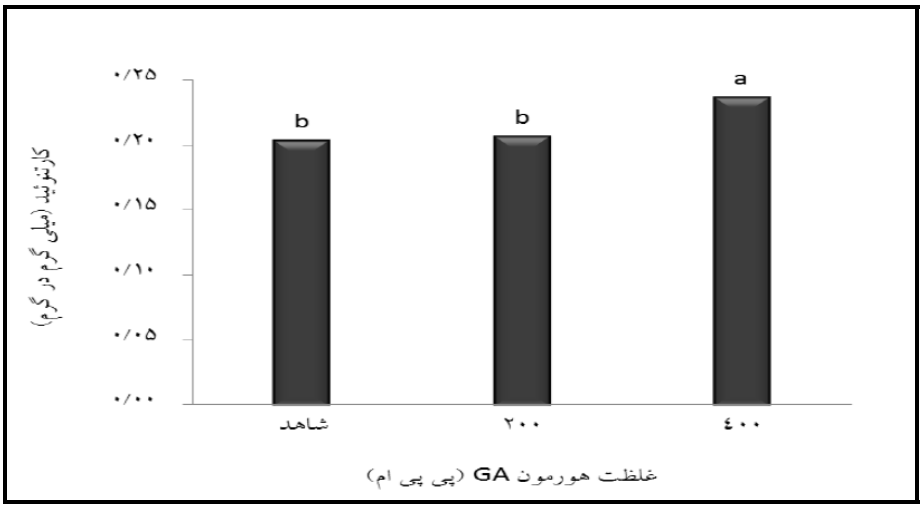


شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر محتوای آنتوسیانین گل بنفشه معطر

Figure 4. Effect of different concentrations of gibberellic acid on anthocyanin content of Sweet violet flowers

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD می‌باشد (LSD=0.05).

Similar letters in each column shows non- significant difference according to LSD test at 5% level (LSD = 0.05)

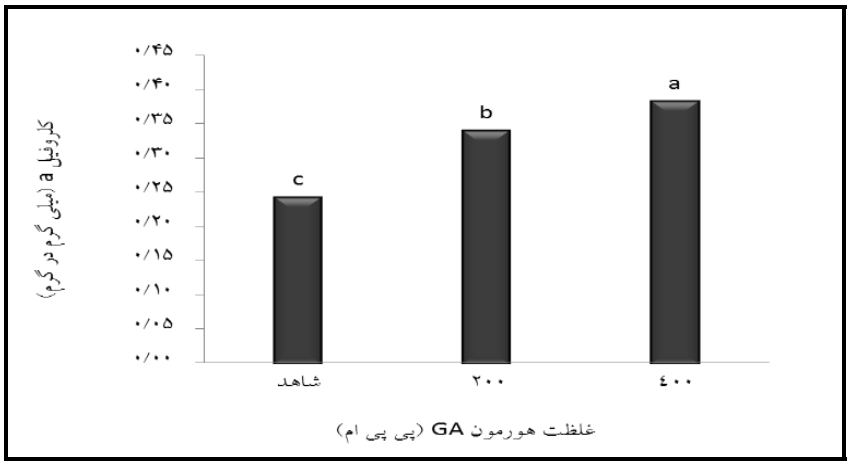


شکل ۵- اثر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر محتوای کاروتنوئید گل بنفشه معطر

Figure 5. Effect of different concentrations of gibberellic acid on carotenoid content of Sweet violet flowers

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون LSD می‌باشد (LSD=0.02).

Similar letters in each column shows non- significant difference according to LSD test at 1% level (LSD = 0.02)

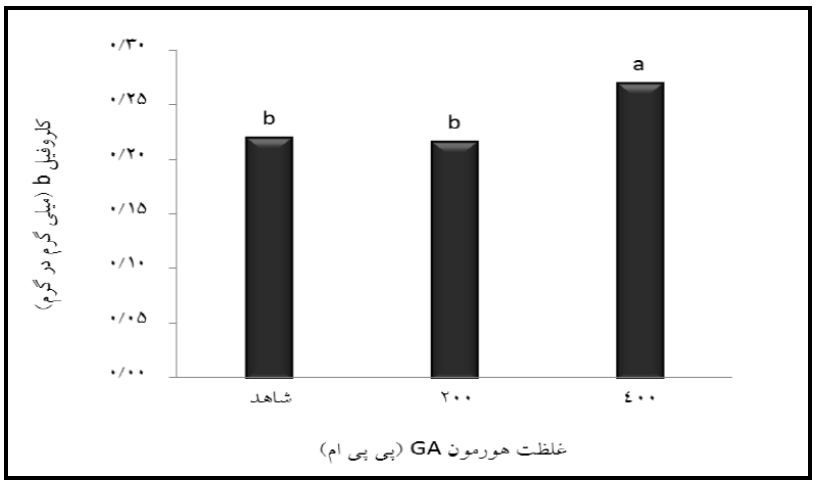


شکل ٦- اثر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر غلظت کلروفیل a گل بنفشه معطر

Figure 6. Effect of different concentrations of gibberellic acid on chlorophyll a concentration of Sweet violet flowers

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد با آزمون LSD می‌باشد (LSD=0.017).

Similar letters in each column shows non- significant difference according to LSD test at 0.1% level (LSD = 0.017)

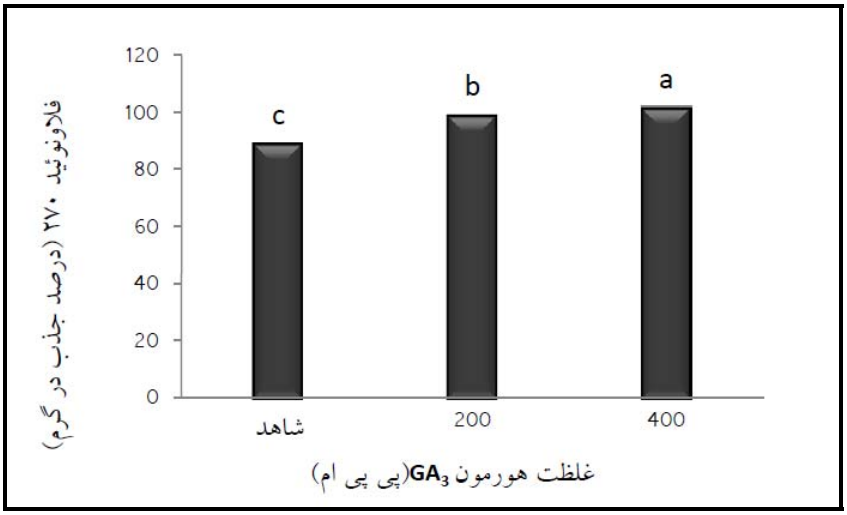


شکل ۷- اثر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر میزان کلروفیل b گل بنفشه معطر

Figure 7. Effect of different concentrations of gibberellic acid on chlorophyll b content of Sweet violet flowers

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD می‌باشد (LSD=0.03).

Similar letters in each column shows non- significant difference according to LSD test at 5% level (LSD = 0.03)

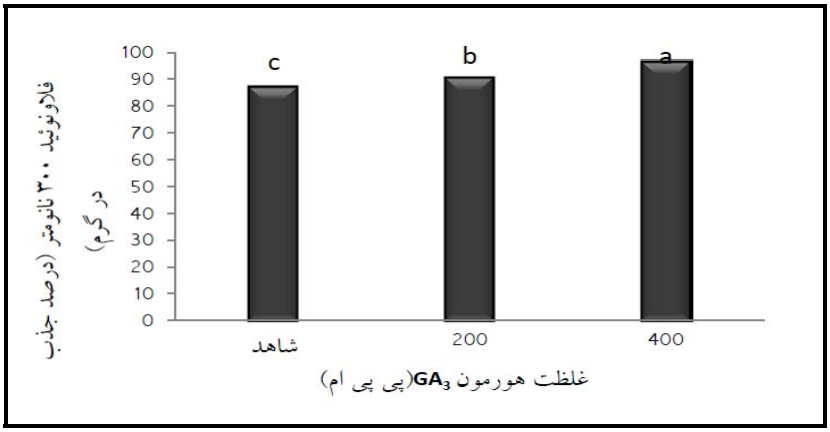


شکل ۸- اثر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر میزان فلاونوئید گل بنفشه معطر در جذب ۲۷۰ نانومتر

Figure 8. Effect of different concentrations of gibberellic acid on the flavonoid content of Sweet violet flowers at 270 nm absorption

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون LSD می‌باشد (LSD=1.74).

Similar letters in each column shows non- significant difference according to LSD test at 1% level (LSD = 1.74)



شکل ۹- اثر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر میزان فلاونوئید گل بنفشه معطر در جذب ۳۰۰ نانومتر

Figure 9. Effect of different concentrations of gibberellic acid on the flavonoid content of Sweet violet flowers at 300 nm absorption

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون LSD می‌باشد (LSD=3.1).

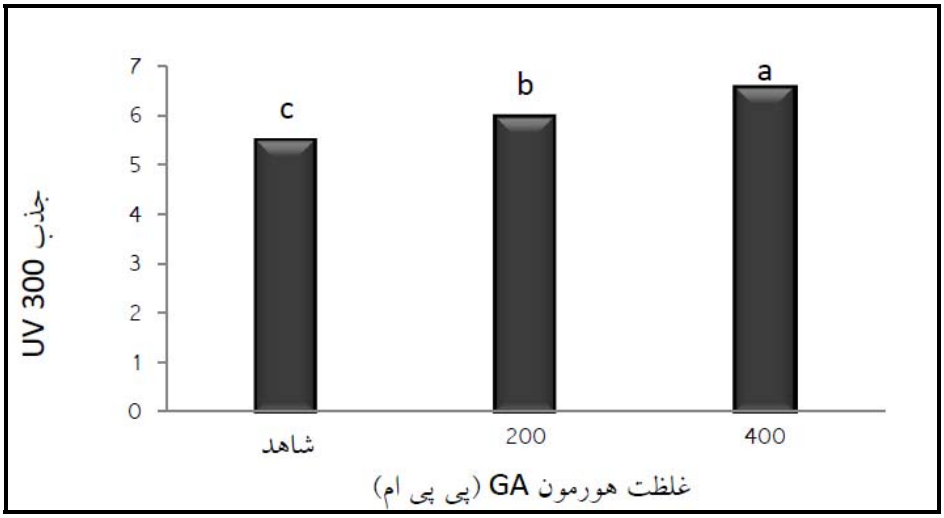
Similar letters in each column shows non- significant difference according to LSD test at 1% level (LSD = 3.1).

شکل ۱۰- اثر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر محتوای فلاونوئید گل بنفشه معطر در جذب ۳۳۰ نانومتر

Figure 10. Effect of different concentrations of gibberellic acid on the flavonoid content of Sweet violet flowers at 330 nm absorbance

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون LSD می‌باشد (LSD=6.75).

Similar letters in each column shows non- significant difference according to LSD test at 1% level (LSD = 6.75).



شکل ۱۱- اثر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک بر میزان جذب UV گل بنفشه معطر

Figure 11. Effect of different concentrations of gibberellic acid on UV absorption of Sweet violet flowers

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد با آزمون LSD می‌باشد (LSD=0.23).

Similar letters in each column shows non- significant difference according to LSD test at 0.1% level (LSD = 0.23)