Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 51, No 4, Winter 2021 (979-993)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.261853.1476

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۹ (ص ۹۹۳-۹۷۹)

اثر طول روز و اسیدجیبرلیک بر برخی شاخص‌های مورفولوژی و بیوشیمیایی گل داوودی

نسیم زرین[۱]، محمود شور[۲*]، علی تهرانی فر[۳] و زهرا کریمیان[٤]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
٤. استادیار، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷)

چکیده

به منظور تسریع زمان گلدهی در چهار رقم داوودی دیرگلده، تأثیر غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک و طول روز بر زمان گلدهی و برخی خصوصیت‌های کمی و کیفی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و چهار تکرار اجرا شد. رقم شامل رقم‌های آریامنش، رکسانا، دینا و اوران بودند. تیمار اسیدجیبرلیک در چهار سطح (۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و زمان محلولپاشی در دو سطح (۳۰ و ٤۵ روز بعد از انتقال نشا) اعمال شدند. تیمار طول روز در سه سطح شامل ۱٦ساعت روشنایی- ۸ ساعت تاریکی (شاهد)، ۱۲ ساعت روشنایی- ۱۲ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی و ۱٦ ساعت تاریکی بودند. در این آزمایش کرت اصلی و فرعی به ترتیب طول روز و اسید جیبرلیک بودند. صفات مورد مطالعه شامل طول ساقه گل‌دهنده، تعداد گل، قطرگل، وزن خشک گل و برگ، محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی، پراکسیداز و تعداد روز تا گلدهی بود. نتایج نشان داد بیشترین تعداد گل، قطر و وزن خشک گل در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک و ۱٦ ساعت تاریکی حاصل شد. زمان گلدهی نیز در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک و ۱٦ ساعت تاریکی نسبت به شاهد حدود ۲۱ روز تسریع گردید. همچنین رقم دینا به عنوان بهترین رقم در پاسخ به سطوح مختلف اسید جیبرلیک و کاهش طول روز شناخته شد، به‌طوری که تعداد روز تا رسیدن به گلدهی در این رقم نسبت به سایر رقم‌های مورد آزمایش کاهش قابل توجهی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: اسیدجیبرلیک، رنگدانه‌های فتوسنتزی، پراکسیداز، تعداد روز تا گلدهی.

Effect of day length and gibberrelic acid on some morphological and biochemical characteristics of chrysanthemum

Nasim Zarin[1], Mahmoud Shoor[2*], Ali Tehranifar[3] adn Zahra Karimian[4]
1, 2, 3. Ph.D. Candidate, Associate Professor and Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Assistant Professor, Research Center for Plant Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Received: July 29, 2018- Accepted: Feb. 16, 2019)

ABSTRACT

In order to accelerate the flowering time in four late flowering chrysanthemum cultivars, the effect of different concentrations of gibberellic acid and day length on flowering time and some quantitative and qualitative characteristics, an experiment was conducted as a factorial split plot in a completely randomized design with three treatments and four replications. Cultivars included Ariamanesh, Roxana, Dina and Oran. Gibberellic acid treatment at four levels (0, 75, 150 and 300 mg/ l) and foliar application time at two levels (30 and 45 days after transplanting) were applied. Daytime treatments at three levels included 16 hours of light - 8 hours of darkness (control), 12 hours of light - 12 hours of darkness and 8 hours of light - 16 hours of darkness. In this experiment, the main and sub plots were day length and gibberellic acid, respectively. The studied traits included flowering stem length, flower number, flower diameter, dry weight of flowers and leaves, content of photosynthetic pigments, peroxidase and number of days to flowering. The results showed that the highest flower number, diameter and dry weight of flowers were obtained in the treatment of 300 mg/l gibberellic acid and 16 hours of darkness. Flowering time was accelerated by 300 mg/l gibberellic acid and 16 hours in the dark compared to the control for about 21 days. Dina cultivar was also recognized as the best cultivar in response to different levels of gibberellic acid and reduction in day length, so that the number of days to flowering in this cultivar compared to other cultivars showed a significant decrease.

Keywords: Day to flowering, peroxidase, photosynthesis pigments.

* Corresponding author E-mail: shoor@um.ac.ir

مقدمه

گل داوودی (*Chryasanthemum morifolium*) به‌صورت گل شاخه بریده و گیاه گلدانی کشت و کار می‌شود. این گیاه به تیره آستراسه تعلق دارد و به‌صورت تجاری توسط قلمه انتهایی تکثیر می‌شود (Nuvale *et al*., 2010). گل شاخه بریده داوودی از نظر اقتصادی بعد از گل رز، در جایگاه دوم اهمیت بین المللی قرار دارد (Teixeira da Silva, 2004). داوودی برای گلدهی به حداقل ۱۲ ساعت تاریکی و طول روز کوتاه نیاز دارد (Higuchi *et al*., 2012). زمان گلدهی (تعداد روزها تا رسیدن به مرحله گلدهی) در گیاهان فتوپریودیک مانند داوودی توسط طول روز، رقم و برهمکنش بین طول روز و رقم مشخص می‌شود (Kumar & Singh, 2017; Jiang *et al*., 2010). پژوهش‌گران با روش‌های مختلف به‌نژادی و به‌زراعی تلاش می‌کنند تا کمیت و کیفیت گل‌ها و گیاهان زینتی بهبود یابد و در این راستا، کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی اهمیت ویژه‌ای دارد که از مهمترین آنها می‌توان به کاربرد گستردهٔ اسیدجیبرلیک در گیاهان زینتی اشاره کرد (Nagaria *et al*., 2003).

اسیدجیبرلیک در فرایندهای مختلفی از جمله رشد و نموگیاه، گلدهی زود هنگام، افزایش طول و عرض گیاه، افزایش تعداد برگ، محتوای مقدار کلروفیل، عملکرد و کیفیت گیاهان در بسیاری از گیاهان گل‌دهنده مؤثر هستند (Kumar *et al*., 2003). درگل‌های شاخه بریده، اسیدجیبرلیک در افزایش طول ساقهٔ گل‌دهنده از راه تقسیم و طویل‌شدن سلول مؤثر بوده و گل‌دهی را تسریع و از سقط جوانه گل جلوگیری می کند (Chang *et al*., 2006). در بررسی غلظت‌های مختلف اسیدجیبرلیک (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر گلدهی یک رقم گل داوودی مشخص شد که غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، گلدهی را نسبت به شاهد تسریع نمود (Schmidt *et al*., 2003). در گل جعفری کاربرد اسیدجیبرلیک شاخص‌هایی مانند ارتفاع گیاه، قطر ساقهٔ اصلی، شمار شاخه‌ها، شمار برگ، قطر گل و شمار گل در هر گیاه را بهبود بخشید (Tripathi *et al*., 2003).

کاربرد غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک در شرایط روزهای کوتاه بر گیاه داوودی، نشان داد با افزایش میزان غلظت اسیدجیبرلیک از صفر تا ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، گلدهی سریع‌تر پیش می‌رود. علاوه برآن اسیدجیبرلیک بر پارامترهای دیگر از جمله ارتفاع گیاه، قطر گل و طول ساقه گل‌دهنده مؤثر است، اما تعداد برگ‌ها و قطر ساقه را کاهش می‌دهد (Zai-Qiang *et al*., 2008). در گل داوودی، گیاهانی که بلافاصله پس ازکاشت، نور زیادی دریافت کردند زودتر به گل رفته و میان گره‌های طویل‌تر و طول ساقه قطورتری داشته و بیشترین میزان گل را تولید کردند (Kazaz, 2010). محققین دیگر نیز تأخیر در شکل‌گیری جوانه گل داوودی را در گیاهانی که در معرض تابش نور مصنوعی قرار گرفته بودند، گزارش کرده‌اند (Kahar, 2008). همچنین در بررسی اثر طول روز بر گل داوودی، تأثیر مثبت طول روز کوتاه بر کاهش زمان لازم برای گل دهی گزارش شد (Schwabe, 2015). همچنین مشاهده شد طول روز کوتاه باعث افزایش قطر ساقه و تعداد گل در بوته شده است که البته برهمکنش طول روز با رقم نیز بر تعداد گل مؤثر است (Kazaz & Karagüzel, 2010). ازآنجایی‌که زمان گلدهی گل داوودی در رقم‌های دیرگلده مورد مطالعه (آریامنش، رکسانا، دینا و اوران) با کاهش دمای هوا مقارن می شدند و بنابراین بخش زیادی از گل‌ها دچار سرمازدگی شده و از بین می‌رفتند، لازم بود به عنوان هدف اصلی برای دستیابی به گلدهی یکنواخت با درصد بالا در یک بازه زمانی خاص (جشنواره گل داوودی)، زمان گلدهی این رقم‌های دیرگلده از طریق اعمال اسیدجیبرلیک و طول روز تغییر یافته مدیریت شود. بهبود عملکرد برخی عوامل مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در این رقم‌های دیرگلده داوودی از اهداف دیگر مطالعه حاضر بود. بررسی اثر متقابل رقم‌های دیرگلده با اسیدجیبرلیک و طول روز نیز به دلیل اهمیت بالای آن در مدیریت گلدهی این رقم‌ها با توجه به عدم وجود منبع قابل استناد بومی در شرایط اقلیمی شهر مشهد در این تحقیق مدنظر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر کاربرد غلظت‌های مختلف کاربرد اسیدجیبرلیک و طول روز بر ویژگی‌های کمی و کیفی چهار رقم دیرگلده داوودی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. در این آزمایش سه تیمار شامل رقم، اسیدجیبرلیک و طول روز بودند. رقم‌های مورد استفاده آریامنش، رکسانا، دینا و اوران بودند. تیمار اسیدجیبرلیک در دو سطح غلظت و زمان محلولپاشی شامل در چهار غلظت ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در ۳۰ و ۴۵ روز بعد از انتقال نشا اعمال و تیمار طول روز در سه سطح ۱۶ساعت روشنایی - ۸ ساعت تاریکی (شاهد)، ۱۲ ساعت روشنایی - ۱۲ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی- ۱۶ ساعت تاریکی اعمال شدند. کرت اصلی و فرعی به ترتیب طول روز و اسید جیبرلیک در نظر گرفته شدند. آزمایش در گلخانه باغ گیاه‌شناسی مشهد اجرا گردید. متوسط دمای روزانه و شبانه به ترتیب ۲۵ و ۱۸ درجه سانتی گراد و میانگین رطوبت نسبی ۶۵ درصد و در رابطه با نور با توجه به این‌که تیمارها تاریکی بودند صرفاً نورخورشید در بازه زمانی مورد نظر در گلخانه وجود داشت.

آبیاری همه تیمارها به‌منظور جلوگیری از بروز تنش خشکی به‌طور روزانه انجام شد. رقم‌های دیرگلده ابتدا به‌صورت نشا از گلخانه‌ای در شهر محلات تهیه شدند و در۲۳ خردادماه و در مرحله ۴ برگی در گلدان‌های محتوی مخلوط خاک رس، ماسه و خاک‌برگ کشت گردیدند. مشخصات ارقام در جدول ۱ آمده است. کاربرد چهار غلظت مختلف اسیدجیبرلیک در دو مرحله ذکر شده انجام شدند. طول روز به صورت تیمار شاهد (۱۶ ساعت روشنایی- ۸ ساعت تاریکی)، تیمار دوم (۱۲ ساعت روشنایی- ۱۲ ساعت تاریکی) و تیمار سوم (۸ ساعت روشنایی- ۱۶ ساعت تاریکی) با استفاده از پارچه سیاه اعمال گردید. کاشت گیاهان در ۲۳ خرداد ۱۳۹۶ آغاز و تیمارجیبرلیک اسید در دو مرحله بر روی گیاه اعمال شد. به این صورت که مرحله اول ۳۰ روز پس از انتقال نشا و مرحله دوم ۴۵ روز پس از انتقال نشا انجام شد و تیمار طول روز پس از استقرار گیاه همزمان با اعمال تیمار مرحله اول اسیدجیبرلیک شروع و به‌مدت ۴۵ روز تا زمان رنگ‌گیری غنچه‌ها ادامه یافت. و در کل طول دوره یادداشت‌برداری نمونه‌ها حدود ۶ ماه یعنی از اواخر خردادماه تا اواخر آذرماه تا زمان پژمردگی گیاه به طول انجامید.

در انتهای آزمایش پس از اندازه‌گیری طول ساقه گل به کمک خط‌کش (با دقت ۱ میلی‌متر) و قطر ساقه به‌کمک کولیس دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر)، بخش‌های مختلف گیاه از یکدیگر جدا شده، در پاکت‌های جداگانه به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با ترازوی دیجیتال توزین شدند.

اولین شمارش گل‌ها در اواسط شهریورماه انجام شد و سپس در چندین مرحله تا زمان بازشدن گل‌ها ادامه داشت. میزان مقدار کلروفیل موجود در برگ از جوان‌ترین برگ بالغ به‌روش پیشنهادی Arnon (1949) محاسبه شد به این ترتیب که ۰/۲ گرم برگ تر با استون۸۰ درصد به‌صورت تدریجی تا حصول یک محلول بی‌رنگ ساییده می‌شود. سپس محلول شفاف رویی به بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری منتقل گردید و حجم محلول با استن به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه در دور ۴۰۰۰ سانتریفیوژ شد و سپس جذب نوری محلول رویی جهت تعیین مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در طول موج‌های ۴۸۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر به‌وسیله اسپکتروفتومتر قرائت گردید. سپس مقدار کلروفیل a و b برحسب میلی‌گرم در گرم بافت تر برگ از طریق روابط زیر محاسبه شد:

= مقدار کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم بافت تر برگ)
= ۱۲/۲۵(A663) – ۲/۷۹(A645) ×(V/W×۱۰۰۰)

= مقدار کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم بافت تر برگ)
= ۲۱/۵۰(A645) – ۵/۱۰(A663) × (V/W×۱۰۰۰)

= مقدار کلروفیل کل (a+b) (میلی‌گرم بر گرم بافت تر برگ)
= ۷/۱۵ (A633) + ۱۸/۷۱(A645) × (V/W×۱۰۰۰)

جدول ۱. مهمترین ویژگی‌های رقم‌های گل داوودی استفاده شده در آزمایش
Table 1. The most important characteristics of chrysanthemum cultivars used in the experiment

Name	Colour	Open of flowering date	End of flowering date
Aryamanesh	Creamy	2th December	12th December
Roxana	Red orangy	2th November	17th November
Dina	Purple	22th October	18th November
Oran	Red	5th November	20th November

همچنین اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز براساس روش Chance & Maehly (1955) پس از تشکیل ترکیب شیمیایی تتراگایاکول با جذب در ۴۷۰ نانومتر و استفاده از ضریب خاموشی ۲۶/۶ میلی‌مولار برای محاسبه مقدار تتراگایاکول اندازه‌گیری شد. یک میلی‌لیتر از مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات پتاسیم ۲۰ میلی‌مولار (pH=۶)، گایاکول (2-methoxy phenol) ۵ میلی‌مولار و پراکسید هیدروژن ۱ میلی‌مولار با مقدار متناسبی از آنزیم استخراجی بود. واکنش ظرف مدت یک دقیقه انجام شد. یک واحد فعالیت پراکسیداز نشان‌دهنده فعالیت آنزیم که یک میکرو مول گایاکول را در یک دقیقه اکسید کند تعریف می‌شود. محاسبات آماری و آنالیزها با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزارExcel انجام شد و میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند.

نتایج و بحث

طول ساقه گل‌دهنده

تجزیه داده‌ها نشان داد طول ساقه گل‌دهنده به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد سطوح مختلف اسیدجیبرلیک (P<۰/۰۱)، طول روز (P<۰/۰۱) و رقم (P<۰/۰۱) قرار گرفت. همچنین اثر متقابل تیمار اسیدجیبرلیک و رقم بر طول ساقه گل‌دهنده معنی‌دار بود (P<۰/۰۱)، اما اثر متقابل سایر تیمارها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد اسیدجیبرلیک سبب افزایش طول ساقه گل‌دهنده شد، به‌طوری‌که بیشترین طول ساقه با کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک تولید شد (۲۷/۲۳ سانتی‌متر) (جدول ۳). اسیدجیبرلیک از طریق افزایش تقسیم و طویل‌شدن سلول در افزایش طول ساقهٔ گل‌دهنده مؤثر است (Chang *et al*., 2006). اثر مثبت کاربرد اسیدجیبرلیک بر طول ساقه گل در گیاهان زینتی توسط سایر محققین گزارش شده است (Chehrazi1 *et al*., 2017; Gol *et al*., 2006).

کاهش دوره تاریکی از ۱۶ به ۸ ساعت سبب افزایش معنی‌دار طول ساقه گل‌دهنده شد. تفاوت معنی‌داری بین طول ساقه تیمارهای ۸ و ۱۲ ساعت تاریکی مشاهده نگردید (جدول ۳). افزایش طول ساقه گل داوودی با افزایش ساعات روشنایی که در اثر افزایش رشد رویشی اتفاق می‌افتد، توسط سایرین نیز گزارش شده است (Kahar, 2008; Nxumalo & Wahome, 2010). در گیاهانی که روز کوتاه هستند و به ساعت‌های تاریکی بیشتری نیاز دارند، مکانیسم‌هایی وجود دارد که افزایش دوره تاریکی لزوماً باعث اتیوله‌شدن و بلندشدن طول ساقه نمی‌شود و معمولاً در این شرایط افزایش ساعت روشنایی در صورتی‌که سایر شرایط برای رشد رویشی مطلوب باشد، باعث افزایش طول ساقه به‌صورت مطلوب و نه به‌شکل اتیوله‌شده خواهد شد.

همچنین مشخص شده است کاهش طول روز بلند در داوودی باعث کاهش طول و قطر ساقه شد که کاهش طول ساقه در اثر کاهش تعداد میانگره‌ها اتفاق می‌افتد که منجر به گل آغازی زود هنگام در گیاه می‌شود که دلیل آن کاهش مواد فتوسنتزی در طول روز کوتاه و عدم تعادل نسبت بین نور قرمز به نور قرمز دور بوده که در روز کوتاه این نسبت افزایش یافته و باعث تولید شاخساره‌های جانبی شده و منجر به کاهش ارتفاع ساقه گل‌دهنده می‌شود (Heuvelink *et al*., 1998).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر اسیدجیبرلیک و طول دوره روشنایی بر برخی صفات گل داوودی

Table 2. Results of variance analysis of gibberellic acid and day length on some charachteristics of chrysanthemum

S.O.V.	df	Mean od squares										
		Flowering branch length	Flower per plant	Flower diameter	Leaf dry weight	Flower dry weight	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll total	Peroxidase	Carotenoid	Day to flowering
Gibberellic acid (A)	3	759.72**	566.35**	22.15**	13.38**	2.30**	0.59**	0.19**	1.45**	0.001**	0.46**	2828.8**
Dark period (B)	2	205.27**	485.48**	3.20**	0.44*	1.60**	0.86**	0.45**	2.57**	0.0005**	0.37**	37.5*
cultivar (C)	3	170.02**	20.97*	59.06**	0.75**	0.52**	0.17**	0.03**	0.32**	0.0006**	0.04**	36274.3**
A×B	6	42.53**	7.43ns	1.21**	1.81**	0.27**	0.017ns	0.02**	0.05**	0.0002**	0.08**	176.7**
A×C	9	35.24**	18.88**	1.57**	0.31**	0.18**	0.05**	0.009*	0.07**	0.00006**	0.02**	225.5**
B×C	6	9.40ns	43.35**	2.07**	0.61**	0.15**	0.08**	0.01*	0.09**	0.00009**	0.03**	360.7**
Error	144	9.76	6.33	0.2	0.12	0.01	0.008	0.003	0.01	0.0001	0.004	13.1

*, **: Significantly difference at 5 and 1% of probability levels, respectively. * و **: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر اسیدجیبرلیک، طول روز و رقم بر صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گل داوودی

Table 3. Mean comparison effect of gibberllic acid, day length and cultivar on morphological and biochemical characterestics of chrysanthemum

Treatment	Characteristics	Flower stem length (cm)	Flower number in branch	Flower diameter (mm)	Leaf dry weight (g)	Flower dry weight (g)	CL_a (mg g^{-1} FW)	CL_b (mg g^{-1} FW)	CLtotal (mg g^{-1} FW)	Carotenoid (mg g^{-1} FW)	Peroxidase (unit/mg-protein)
GA	0 mg/l	17.93^{d}	8.62 ^{c}	3.23^{d}	1.48^{c}	0.28^{d}	0.547^{c}	0.421^{c}	0.96^{d}	0.450^{d}	0.011^{c}
	75 mg/l	22.58^{c}	9.77^{c}	3.78^{c}	1.84^{b}	0.44^{c}	0.578^{c}	0.469^{b}	1.04^{c}	0.055^{c}	0.018^{b}
	150 mg/l	24.95^{b}	13.22^{b}	4.08^{b}	1.94^{b}	0.68^{b}	0.650^{b}	0.498^{b}	1.14^{b}	0.590^{b}	0.020^{b}
	300mg/l	27.23^{a}	16.18 ^{a}	4.86^{a}	2.73^{a}	0.76^{a}	0.796^{a}	0.574^{a}	1.37^{a}	0.068^{a}	0.026^{a}
Dark period (hr)	8 hr	24.53^{a}	9.35 ^{c}	3.75^{b}	2.04^{ab}	0.42^{c}	0.757^{a}	0.577^{a}	1.33^{a}	0.656^{a}	0.018^{b}
	12hr	23.85^{a}	11.65 ^{b}	4.02^{a}	1.902^{b}	0.48^{b}	0.647^{b}	0.485^{b}	1.13^{b}	0.544^{b}	0.017^{b}
	16hr	21.14^{b}	14.84 ^{a}	4.19^{a}	2.051^{a}	0.72^{a}	0.525^{c}	0.408^{c}	0.93^{c}	0.509^{c}	0.022^{a}
Cultivar	Ariamanesh	25.51^{a}	12.72 ^{a}	3.46^{bc}	1.93^{b}	0.66^{a}	0.715^{a}	0.496^{ab}	1.21^{a}	0.582^{a}	0.015^{d}
	Roxana	20.90^{c}	12.08^{ab}	3.60^{b}	1.93^{b}	0.50^{c}	0.635^{b}	0.486^{b}	1.17^{ab}	0.597^{a}	0.021^{b}
	Dina	23.26^{b}	11.87^{ab}	5.64^{a}	2.18^{a}	0.42^{d}	0.653^{b}	0.523^{a}	1.12^{b}	0.524^{b}	0.017^{c}
	Oran	23.04^{b}	11.12 ^{b}	3.25^{c}	1.94^{b}	0.58^{b}	0.568^{c}	0.455^{c}	1.02^{c}	0.575^{a}	0.023^{a}

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

CL_a:کلروفیل a، CL_b: کلروفیلb، CL total: کلروفیل کل

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 1% probability level.

CLa: Chlorophyll a, CLb: Chlorophyll b, CL total: Chlorophyll total

طول ساقه گل رقم‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشت. بیشترین و کمترین طول ساقه گل‌دهنده به‌ترتیب مربوط به رقم‌های آریامنش و رکسانا بود (۲۵/۵۱ و ۲۰/۹۰ سانتی‌متر). تفاوت معنی‌داری بین طول ساقه دو رقم دینا و اوران مشاهده نشد (جدول ۳). تفاوت ژنتیکی بین رقم‌های مختلف داوودی، باعث بروز ویژگی‌های متفاوت می‌شود که یکی از این ویژگی‌ها طول ساقه گل است. طول ساقه گل، در رقم‌های زودگلده کوتاه‌تر از دیرگلده است (Schwabe, 2015).

طول ساقه رقم‌های مختلف در پاسخ به کاربرد هورمون پاسخ‌های متفاوتی نشان داد، به‌طوری‌که طول ساقه گل در رقم رکسانا و دینا در تیمار عدم کاربرد اسیدجیبرلیک به‌طور معنی‌داری کمتر از دو رقم دیگر بود، اما کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک سبب شد تفاوت معنی‌داری بین طول ساقه گل رقم‌های مختلف مشاهده نشود (جدول ۴).

تعداد گل

نتایج نشان داد تعداد گل در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف اسیدجیبرلیک (P<۰/۰۱)، طول روز (P<۰/۰۱) و رقم (P<۰/۰۵) قرار گرفت (جدول۲). مقایسه میانگین ها نشان داد تعداد گل در بوته با افزایش میزان مصرف اسیدجیبرلیک افزایش یافت و بیشترین تعداد گل مربوط به تیمار کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک بود (۱۶/۱۸) (جدول ۳). اسیدجیبرلیک از طریق تسریع گلدهی و ممانعت از سقط جوانه گل (Chang *et al*., 2006)، انگیزش گل و کوتاه‌کردن زمان کاشت تا گلدهی (Du *et al*., 2004)، سبب افزایش تعداد گل می‌شود. افزایش تعداد گل در گیاه داوودی در اثر کاربرد اسیدجیبرلیک توسط سایرین نیز گزارش شده است (Taiz & Zeiger, 2004; da Silva Vieira *et al*., 2011). اسیدجیبرلیک از طریق تسریع گلدهی و افزایش طول دوره گلدهی سبب افزایش تعداد گل در بوته می‌شود (Gol *et al*., 2006). نتایج آزمایش نشان داد کاهش طول

دوره نوری سبب افزایش تعداد گل شد، به‌طوری‌که افزایش اعمال تیمار تاریکی از ۸ ساعت به ۱۶ ساعت سبب افزایش معنی‌دار تعداد گل در بوته نسبت به سایر تیمارها شد (جدول ۳). ازآنجا که داوودی یک گیاه روزکوتاه اجباری است، برای تولید جوانه گل نیازمند قرار گرفتن در دوره تاریکی طولانی است. این تغییر در طول دوره نوری از طریق تحریک تولید هورمون‌های درون‌زا در مناطق مریستمی گیاه، سبب گل‌القایی می‌شود (Mukesh Singh & Brij, 2015).

قطر گل

اثر کاربرد سطوح مختلف اسیدجیبرلیک (P<۰/۰۱)، طول روز (P<۰/۰۱) و رقم (P<۰/۰۱) بر قطر گل معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تیمارها بر قطر گل معنی‌دار شد (P<۰/۰۱، جدول ۴). با افزایش ساعت تاریکی، قطر گل افزایش یافت، که این افزایش پس از کاربرد اسیدجیبرلیک نسبت به تیمار عدم دریافت اسیدجیبرلیک بیشتر بود. به‌طوری‌که بیشترین قطر گل مربوط به تیمار ۱۶ ساعت تاریکی و کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک بود (۵/۲۸ میلی‌متر) (جدول۶).

کمترین قطر گل در تیمار ۸ ساعت تاریکی و عدم کاربرد اسیدجیبرلیک تولید شد (۲/۹۱ میلی‌متر). اسیدجیبرلیک از طریق افزایش تعداد گلبرگ یا توسعه سطح آن می‌تواند منجر به افزایش قطر گلچه شود (Ramesh *et al.,* 2002; Chang *et al*., 2006). کاربرد اسیدجیبرلیک باعث افزایش قطر گل در همه رقم‌ها شد، اما افزایش قطر گل در رقم آریامنش نسبت به کاربرد اسیدجیبرلیک کمتر از سایر رقم‌ها بود. بیشترین قطر گل مربوط به رقم دینا و کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک بود (۶/۵ میلی‌متر) (جدول ۴). کاربرد اسیدجیبرلیک از طریق افزایش در تعداد و اندازه گلبرگ، سبب افزایش قطر گل در میخک گردید (Ramesh *et al*., 2002). کاهش طول دوره تاریکی از ۱۶ به ۸ ساعت سبب کاهش معنی‌دار قطر گل در رقم دینا شد، اما قطر گل رقم‌های آریامنش و رکسانا در مواجهه با طول دوره‌های نوری مختلف تغییری نشان نداد (جدول ۵). بهبود صفات زایشی گل داوودی، از جمله قطر گل در شرایط روز کوتاه توسط سایر محققین گزارش شده است (Nxumalo & Wahome, 2010; Kazaz *et al*., 2010).

وزن خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد وزن خشک گل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اسیدجیبرلیک (P<۰/۰۱)، طول روز (P<۰/۰۱)، رقم (P<۰/۰۱) و اثر متقابل رقم و اسیدجیبرلیک، رقم و طول روز و اسیدجیبرلیک و طول روز (P<۰/۰۱) قرار گرفت. اثر اسیدجیبرلیک (P<۰/۰۱) و طول روز (P<۰/۰۵) بر وزن خشک برگ معنی‌داری شد. اثر متقابل اسیدجیبرلیک در طول روز (P<۰/۰۱) و طول روز در رقم (P<۰/۰۱) نیز بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل اسیدجیبرلیک و رقم بر صفات مورفولوژیک گل داوودی

Table 4. Mean comparison interaction effect of gibberllic acid and cultivar on morphological characters of chrysanthemum

Treatment		Morphological characters				
GA	Cultivar	Flower number	Flower stem length (cm)	Flower diameter (mm)	Leaf dry weight (g)	Flower dry weight (g)
0 mg/l	Ariamanesh	9.25^{fg}	21.5^{ef}	3.25^{efg}	1.52^{de}	0.25^{h}
	Roxana	10.25^{defg}	14.5^{h}	2.66^{gh}	1.38^{e}	0.21^{h}
	Dina	8.08^{g}	16.25^{gh}	4.86^{cd}	1.51^{de}	0.33^{gh}
	Oran	6.91^{g}	19.5^{fg}	2.14^{h}	1.49^{de}	0.34^{gh}
75 mg/l	Ariamanesh	12.16^{cdef}	25.58^{abcde}	3.3^{efg}	1.76^{cde}	0.37^{fgh}
	Roxana	$8.75f^{g}$	20^{fg}	3.53^{e}	1.92^{cd}	0.31^{gh}
	Dina	8.41^{g}	21.5^{ef}	5.5^{bc}	2.15^{bc}	0.54^{def}
	Oran	9.75^{efg}	23.16^{cdfe}	2.77^{fgh}	1.51^{de}	0.52^{ef}
150 mg/l	Ariamanesh	13.16^{bcde}	26.54^{abcd}	3.53^{e}	1.71^{cde}	0.46^{efg}
	Roxana	13.25^{bcde}	22.37^{def}	3.65^{e}	1.92^{cd}	0.57^{de}
	Dina	13.33^{bcd}	27.66^{ab}	5.68^{b}	2.14^{bc}	1^{ca}
	Oran	13.16^{bcde}	23.25^{bcdef}	3.46^{ef}	1.97^{cd}	0.7^{cd}
300 mg/l	Ariamanesh	16.33^{ab}	28.416^{a}	3.74^{e}	2.72^{a}	0.59^{cde}
	Roxana	16.08^{ab}	26.75^{abcd}	4.56^{d}	2.48^{ab}	0.9^{ab}
	Dina	17.66^{a}	27.708^{abc}	6.5^{a}	2.83^{a}	0.75^{bc}
	Oran	14.66^{abc}	26.75^{abcd}	4.62^{d}	2.78^{a}	0.77^{bc}

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

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 1% probability level.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل طول روز و رقم بر صفات مورفولوژیک گل داوودی
Table 5. Mean comparison interaction effect of day length and cultivar on morphological characteristics of chrysanthemum

Treatment		Morphological characteristics				
Dark period	Cultivars	Flower number in plant	Stem length (cm)	Flower diameter (mm)	Leaf dry weight (g)	Flower dry weight (g)
8 hr	Ariamanesh	8.125^{e}	26.46^{a}	3.48^{c}	2^{abc}	0.35^{e}
	Roxana	10.68^{cde}	23.03^{ab}	3.69^{c}	1.87^{bc}	0.38^{e}
	Dina	9.5^{de}	23.81^{ab}	5.04^{b}	2.04^{abc}	0.41^{de}
	Oran	9.125^{de}	24.81^{a}	2.79^{d}	2.23^{ab}	0.53^{cd}
12 hr	Ariamanesh	14.43^{a}	26.12^{a}	3.42^{c}	1.85^{bc}	0.43^{de}
	Roxana	11.437^{bcd}	20.75^{bc}	3.73^{c}	1.72^{c}	0.41^{de}
	Dina	9.875^{de}	24.87^{a}	5.67^{a}	2.29^{a}	0.61^{bc}
	Oran	10.875^{cde}	23.68^{ab}	3.26^{cd}	1.72^{c}	0.47^{cde}
16 hr	Ariamanesh	15.625^{a}	23.93^{ab}	3.46^{c}	1.93^{abc}	0.47^{cde}
	Roxana	14.125^{ab}	18.93^{c}	3.39^{c}	2.18^{ab}	0.71^{b}
	Dina	16.25^{a}	21.09^{bc}	6.2^{a}	2.21^{ab}	0.95^{a}
	Oran	13.375^{abc}	20.62^{bc}	3.71^{c}	1.86^{bc}	0.74^{b}

در هر ستون میانگین هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 1% probability level.

در تیمار عدم کاربرد اسیدجیبرلیک، تفاوت معنی‌داری بین وزن خشک برگ در تیمارهای مختلف نوری مشاهده نشد. کاربرد اسیدجیبرلیک، وزن خشک برگ را در همه تیمارهای نوری افزایش داد و بیشترین افزایش وزن خشک برگ مربوط به تیمار کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک نسبت به بقیه تیمارها بود (جدول ۶). اسیدجیبرلیک از طریق افزایش رشد رویشی سبب افزایش فراورده‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش وزن خشک گیاه می‌شود (El-Nagar *et al*., 2009). اسید جیبرلیک کشش‌پذیری دیواره سلولی را افزایش داده و با تغلیظ شیره سلولی از طریق هیدرولیز نشاسته به قند، سبب کاهش پتانسیل آب در سلول گیاهی شده و موجب ورود آب بیشتر به داخل سلول و طویل‌شدن آن و در نهایت رشد گیاه می‌شود (Sachs & Kofranek, 1963). گزارش شده افزایش تعداد و سطح برگ‌های بوته در اثر کاربرد اسیدجیبرلیک سبب افزایش وزن خشک‌برگ می‌شود (Tripathi *et al*., 2003).

افزایش وزن اندام‌های رویشی خشک داوودی با کاربرد اسیدجیبرلیک توسط سایر محققین گزارش شده است (Sainath *et al*., 2012).

رقم‌های مختلف از نظر وزن خشک برگ، واکنش های متفاوتی به طول دوره تاریکی نشان دادند. وزن خشک برگ در تمامی رقم‌ها در ۱۲ ساعت تاریکی نسبت به ۸ ساعت تاریکی کاهش پیدا کرد که این کاهش در برخی رقم‌ها معنی‌دار و در بعضی دیگر معنی‌دار نبود. به‌طوری‌که کاهش وزن خشک برگ در رقم اوران معنی‌دار و در رقم‌های آریامنش و رکسانا معنی‌دار نبود. در تیمار ۱۶ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی، کمترین وزن خشک برگ توسط رقم اوران تولید شد (۱/۸۶ گرم) (جدول۵). روز بلند باعث افزایش فتوسنتز شده و رشد رویشی را تحریک می‌کند. بر اساس یافته‌های Vrsek *et al*. (2006) طول روز بلند و تجمع مواد در گیاه در اثر افزایش فتوسنتز باعث افزایش وزن خشک برگ در گیاه می‌شود.

وزن خشک گل

وزن خشک گل در مواجهه با افزایش ساعت تاریکی و افزایش غلظت اسیدجیبرلیک افزایش یافت (جدول۳)، به‌طوری‌که در میزان ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک، بیشترین وزن خشک گل مربوط به تیمار ۱۶ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی بود (۱/۱۱ گرم) (جدول ۶). ازآنجاکه داوودی یک گیاه روز کوتاه است، تیمار تاریکی سبب افزایش تعداد جوانه گل و در نتیجه افزایش تعداد و وزن گل در بوته می‌شود (Kazaz *et al.,* 2010; Mukesh Singh & Brij, 2015). اسیدجیبرلیک نیز از طریق تسریع انتقال از دوره رشد رویشی به زایشی در افزایش وزن خشک گل مؤثر است (Stephen & Camille, 2005).

وزن خشک گل همه رقم‌ها با کاربرد اسیدجیبرلیک افزایش یافت. بیشترین وزن خشک گل مربوط به رقم دینا در سطح کاربرد ۱۵۰میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک بود (۱ گرم) (جدول ۴). کاهش وزن خشک ساقه داوودی در شرایط طول روز کوتاه توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Kazaz *et al*., 2010).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل اسیدجیبرلیک و طول روز بر صفات مورفولوژیک گل داوودی

Table 6. Mean comparison interaction effect of gibberellic acid and day length on morphological characteristics of chrysanthemum

Treatment		Morphological characteristics				
GA	Dark period (hr)	Flower number in plant (number)	Stem length (cm)	Flower diameter (mm)	Leaf dry weight (g)	Flower dry weight (g)
0 mg/l	8	6.87^{f}	19.37^{e}	2.91^{f}	1.49^{e}	0.18^{h}
	12	7.5^{f}	19.43^{e}	3.40^{ef}	1.49^{e}	0.34^{g}
	16	11.5^{de}	15^{f}	3.39^{ef}	1.46^{e}	0.33^{g}
75 mg/l	8	7.03^{f}	22.75^{cde}	3.34^{ef}	1.54^{e}	0.41^{efg}
	12	9.56^{ef}	23.31^{bcd}	4.18^{bcd}	1.87^{ede}	0.37^{fg}
	16	12.37^{de}	21.68^{de}	3.82^{de}	2.10^{cd}	0.53^{cde}
150 mg/l	8	9.75^{ef}	25^{bcd}	4.06^{cd}	1.83^{de}	0.60^{cd}
	12	13.5^{bcd}	26.43^{b}	3.90^{de}	1.96^{cd}	0.55^{cde}
	16	16.43^{ab}	23.43^{bcd}	4.28^{bcd}	2.02^{cd}	0.90^{b}
300 mg/l	8	13.43^{cd}	31^{a}	4.68^{ab}	3.30^{a}	0.49^{def}
	12	16.06^{bc}	26.25^{bc}	4.61^{bc}	2.28^{bc}	0.67^{c}
	16	19.06^{a}	24.46^{bcd}	5.28^{a}	2.61^{b}	1.11^{a}

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

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 1% probability level.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد کاربرد اسیدجیبرلیک مقدار کلروفیل a را در همه رقم‌ها افزایش داد. بیشترین افزایش مقدار کلروفیل در رقم رکسانا مشاهده شد، به‌طوری که مقدار کلروفیل a رقم رکسانا در تیمار کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک نسبت به تیمار شاهد بیش از ۴۶ درصد افزایش یافت، در حالی که این افزایش برای رقم دینا ۲۰ درصد بود (جدول ۷). در تیمار عدم کاربرد اسیدجیبرلیک، کمترین مقدار کلروفیل b مربوط به رقم رکسانا بود (۰/۳۷۵). کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک سبب افزایش مقدار کلروفیل b در همه رقم‌های مورد مطالعه شد. بیشترین مقدار کلروفیل b مربوط به رقم دینا در ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک بود (۰/۶۰۱). همچنین بیشترین کلروفیل کل با استفاده از تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلیک اسید و در رقم رکسانا به‌دست آمد (جدول ۷). تحقیقات پیشین بیانگر آن است کاربرد اسیدجیبرلیک سبب افزایش مقدار کلروفیل در گیاهان مختلف می‌شود (Kumar *et al*., 2003; Dalal *et al*., 2009; Siddiqui *et al*., 2011; Maggio *et al*., 2010). همچنین گزارش شده اسیدجیبرلیک تخریب مقدار کلروفیل را در گیاهان به تأخیر می اندازد (Ichimura & Goto, 2000) و مقدار کلروفیل گیاه در طول روزکوتاه، کاهش می‌یابد (Kazaz *et al*., 2010).

مقدار کلروفیل a در مرکز واکنش یکی از عوامل تعیین‌کننده کارایی عملی یا ظرفیت برانگیختگی فتوسیستم ۲ است.کلروفیل a نقش اصلی و کلروفیل b و کاروتنوییدها نقش فرعی و کمکی را انجام می دهند و دو فتوسیستم ۱ و ۲ که نقش فعالیت اصلی فتوسنتزکه همان انتقال الکترون است را انجام می‌دهند، در داخل کلروفیل a قرار دارند، ولی کلروفیل b و کاروتنوییدها نقش گیرنده انرژی نوری را ایفا می‌کنند و به‌طور غیر مستقیم با انتقال انرژی خود به رنگیزه‌های اصلی که به‌طور مستقیم در تبدیل انرژی نوری به انرژی شیمیایی عمل می‌کنند نقش کمکی دارند (Oxborough, 2004). مقایسه میانگین ها نشان داد کاربرد اسیدجیبرلیک در همه رقم‌ها، محتوی کاروتنوئید را افزایش داد. بیشترین محتوی کاروتنوئید مربوط به رقم رکسانا و کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک بود (۰/۷۶۴) (جدول۷).

با افزایش ساعات تاریکی از ۸ ساعت به ۱۶ ساعت کاهش مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل در همه رقم‌ها موجب شد. در دو تیمار ۸ و ۱۶ ساعت تاریکی، بیشترین مقدار کلروفیل a مربوط به رقم آریامنش به‌ترتیب (۰/۸۱۵ و ۰/۶۳۱) بود (جدول ۸). در تیمار ۱۲ ساعت تاریکی تفاوت معنی‌داری بین مقدار کلروفیل b طول روز بلند (۱۶ ساعت) توسط سایر محققین گزارش شده است (Kurilcik *et al*., 2008).

جدول ۷. جدول مقایسه میانگین اثر متقابل اسیدجیبرلیک و رقم بر صفات بیوشیمیایی گل داوودی

Table 7. Mean comparison interaction effect of gibberlic acid and cultivar on biochemical characteristics of chrysanthemum

Treatment		Biochemical characters				
GA	Cultivar	CLa (mg g^{-1} FW)	CLb (mg g^{-1} FW)	CLtotal (mg g^{-1} FW)	Carotenoid (mg g^{-1} FW)	Peroxidase (unit/mg-protein)
0 mg/l	Ariamanesh	0.664^{cd}	0.442^{fgh}	1.10^{def}	0.513^{d-g}	0.004^{k}
	Roxana	0.492^{fg}	0.375^{h}	0.86^{hi}	0.382^{h}	0.014^{hi}
	Dina	0.57^{d-g}	0.467^{d-g}	1.03^{efg}	0.432^{gh}	0.008^{jk}
	Oran	0.469^{g}	0.398^{gh}	0.85^{i}	0.574^{fg}	0.017^{fgh}
75 mg/l	Ariamanesh	0.655^{cd}	0.49^{c-f}	1.14^{c-f}	0.572^{cde}	0.013^{ij}
	Roxana	0.505^{efg}	0.492^{c-f}	0.99^{f-i}	0.508^{cde}	0.023^{ghi}
	Dina	0.638^{cde}	0.497^{c-f}	1.13^{c-f}	0.508^{efg}	0.015^{b-e}
	Oran	0.512^{efg}	0.396^{gh}	0.90^{ghi}	0.548^{edf}	0.022^{e-h}
150 mg/l	Ariamanesh	0.734^{bc}	0.507^{b-f}	1.24^{bcd}	0.57^{cde}	0.018^{e-h}
	Roxana	0.625^{c-f}	0.496^{c-f}	1.12^{def}	0.67^{b}	0.02^{def}
	Dina	0.671^{cd}	0.527^{a-e}	1.19^{b-e}	0.517^{d-g}	0.019^{d-g}
	Oran	0.571^{d-g}	0.459^{efg}	1.03^{fgh}	0.601^{bcd}	0.022^{bcd}
300 mg/l	Ariamanesh	0.806^{ab}	0.545^{a-d}	1.35^{ab}	0.671^{b}	0.024^{bc}
	Roxana	0.915^{a}	0.582^{ab}	1.50^{a}	0.764^{a}	0.026^{ab}
	Dina	0.732^{bc}	0.601^{a}	1.33^{b}	0.64^{bc}	0.025^{ab}
	Oran	0.728^{bc}	0.566^{abc}	1.29^{bc}	0.677^{ab}	0.029^{a}

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

CL_a:کلروفیل a، CL_b: کلروفیلb، CL total: کلروفیل کل

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 1% probability level.
CLa: Chlorophyll a, CLb: Chlorophyll b, CL total: Chlorophyll total

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل طول روز و رقم بر صفات بیوشیمیایی گل داوودی

Table 8. Mean comparison interaction effect of day length and cultivar on biochemical characteristics of chrysanthemum

Treatment		Biochemical characters				
Dark period (hr)	Cultivars	CL_a (mg g^{-1} FW)	CL_b (mg g^{-1} FW)	CLtotal (mg g^{-1} FW)	Carotenoid (mg g^{-1} FW)	Peroxidase (unit/mg-protein)
8 hr	Ariamanesh	0.815^{a}	0.562^{bc}	1.37^{a}	0.645^{ab}	0.015^{def}
	Roxana	0.704^{bcd}	0.6^{ab}	1.30^{ab}	0.715^{a}	0.021^{bc}
	Dina	0.786^{ab}	0.632^{a}	1.41^{a}	0.568^{cd}	0.012^{f}
	Oran	0.722^{a-d}	0.514^{cd}	1.23^{bc}	0.695^{a}	0.021^{bc}
12 hr	Ariamanesh	0.699^{bcd}	0.516^{cd}	1.21^{bc}	0.581^{bc}	0.013^{ef}
	Roxana	0.752^{abc}	0.476^{de}	1.23^{bc}	0.586^{bc}	0.018^{cd}
	Dina	0.643^{cd}	0.487^{d}	1.13^{cd}	0.511^{cde}	0.017^{de}
	Oran	0.490^{f}	0.46^{de}	0.95^{efg}	0.496^{de}	0.018^{cd}
16 hr	Ariamanesh	0.631^{de}	0.41^{efg}	1.04^{de}	0.52^{cde}	0.015^{def}
	Roxana	0.447^{f}	0.382^{g}	0.83^{g}	0.491^{e}	0.023^{b}
	Dina	0.529^{ef}	0.45^{def}	0.98^{ef}	0.493^{de}	0.021^{bc}
	Oran	0.492^{f}	0.39^{fg}	0.88^{fg}	0.533^{cde}	0.028^{a}

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

CL_a:کلروفیل a، CL_b: کلروفیلb، CL total: کلروفیل کل

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 1% probability level.
CLa: Chlorophyll a, CLb: Chlorophyll b, CL total: Chlorophyll total

.

نتایج نشان داد کاهش طول دوره تاریکی از ۱۶ به ۸ ساعت سبب افزایش مقدار کلروفیل b در همه رقم‌های مورد مطالعه شد. بیشترین مقدار کلروفیل b در همه تیمارهای نوری مربوط به رقم دینا بود (۰/۶۳۲) (جدول ۸).

نتایج نشان داد در بین رقم‌های مختلف بیشترین میزان کاروتنوئید مربوط به رقم‌های رکسانا و اوران بود، اما کاهش دوره روشنایی (افزایش دوره تاریکی) سبب کاهش محتوی کاروتنوئید برگ ها در همه رقم‌ها شد (جدول ۸). اثر متقابل رقم و طول روز در محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی داوودی توسط سایر محققین گزارش شده است (Kazaz *et al*., 2010).

گزارش شده که کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در طول روز کوتاه به دلیل افزایش اندازه برگ و نازک شدن برگ است (Kjaer & Ottosen, 2011). اثر کاربرد اسیدجیبرلیک (P<۰/۰۱)، طول روز (P<۰/۰۱) بر محتوی مقدار کلروفیل a و b و کلروفیل کل معنی‌دار بود.

اثر متقابل جبیرلین در رقم (P<۰/۰۱) و طول روز در رقم (P<۰/۰۱) بر محتوی مقدار کلروفیل a معنی‌دار شد. محتوی مقدار کلروفیل b و کلروفیل کل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر، اثر متقابل اسیدجیبرلیک در طول روز (P<۰/۰۱)، اسیدجیبرلیک در رقم (P<۰/۰۵) و طول روز در رقم (P<۰/۰۵) قرار گرفت (جدول ۲). همچنین اثر اصلی و متقابل کلیه تیمارها بر محتوی کاروتنوئید برگ معنی‌دار شد (P<۰/۰۱). مقایسه میانگین نشان داد محتوی مقدار کلروفیل b و کلروفیل کل در تیمار ۸ ساعت تاریکی نسبت به تیمار ۱۶ ساعت تاریکی افزایش معنی‌داری داشت. کاربرد اسیدجیبرلیک سبب افزایش میزان مقدار کلروفیل b در همه تیمارهای نوری شد (جدول ۹). نتایج در راستای نتایج محققین دیگر بود (Chehrazi1 *et al*., 2017). کاهش طول دوره روشنایی سبب کاهش محتوی کاروتنوئید شد، اما کاربرد اسیدجیبرلیک اثر منفی تاریکی بر محتوی کاروتنوئید را کاهش داد، به‌طوری‌که بیشترین محتوی کاروتنوئید مربوط به تیمار ۸ ساعت تاریکی و کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک بود (۰/۸۷۵) (جدول ۹). افزایش محتوی کاروتنوئید در اثر کاربرد اسیدجیبرلیک در سایر گیاهان زینتی نیز مشاهده شده است (Kurilcik *et al*., 2008; Mazher *et al*., 2014).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد فعالیت پراکسیداز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اسیدجیبرلیک (P<۰/۰۱)، طول روز (P<۰/۰۱)، رقم (P<۰/۰۱) و اثر متقابل تیمارها (P<۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۲).

مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین فعالیت پراکسیداز مربوط به تیمار ۱۶ ساعت تاریکی و کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک بود (۰/۰۲۹) (جدول ۹). در تیمار عدم کاربرد اسیدجیبرلیک بیشترین فعالیت پراکسیداز مربوط به تیمار ۱۶ ساعت تاریکی بود (۰/۰۱۵) (جدول ۹). در تیمار عدم کاربرد اسیدجیبرلیک بیشترین فعالیت پراکسیداز مربوط به رقم‌های رکسانا و اوران بود. کاربرد اسیدجیبرلیک فعالیت پراکسیداز را در همه رقم‌ها افزایش داد.

نتایج نشان داد که در بین رقم‌های مختلف بیشترین فعالیت پراکسیداز مربوط به رقم‌های رکسانا و اوران بود. کاهش دوره روشنایی سبب افزایش فعالیت پراکسیداز نمونه‌ها در همه رقم‌ها شد (جدول ۸). پیری در بسیاری از گونه‌های گیاهی در ارتباط با اکسیداسیون سلول‌هاست.

جدول ۹. جدول مقایسه میانگین اثر متقابل اسیدجیبرلیک و رقم بر صفات بیوشیمیایی گل داوودی

Table 9. Mean comparison interaction of gibberlic acid and day length on biochemical characteristics of chrysanthemum

Treatment		Biochemical characters				
GA	Dark period	CL_a (mg g^{-1} FW)	CL_b (mg g^{-1} FW)	CLtotal (mg g^{-1} FW)	Carotenoid (mg g^{-1} FW)	Peroxidase (unit/mg-protein)
0 mg/l	8	0.620^{cde}	0.497^{cde}	1.11^{de}	0.542^{d}	0.009^{e}
	12	0.589^{c-f}	0.467^{def}	1.05^{def}	0.457^{e}	0.010^{e}
	16	0.432^{g}	0.298^{h}	0.73^{h}	0.352^{f}	0.015^{d}
75 mg/l	8	0.686^{bc}	0.576^{b}	1.26^{bc}	0.562^{cd}	0.020^{bc}
	12	0.561^{def}	0.435^{efg}	0.99^{efg}	0.511^{de}	0.017^{cd}
	16	0.486^{fg}	0.396^{g}	0.88^{g}	0.580^{bcd}	0.018^{cd}
150 mg/l	8	0.774^{b}	0.561^{bc}	1.33^{b}	0.645^{b}	0.021^{bc}
	12	0.656^{cd}	0.506^{cd}	1.16^{cd}	0.580^{bcd}	0.018^{cd}
	16	0.522^{efg}	0.426^{fg}	0.94^{fg}	0.544^{d}	0.021^{bc}
300 mg/l	8	0.948^{a}	0.675^{a}	1.62^{a}	0.875^{a}	0.022^{b}
	12	0.78^{b}	0.533^{bc}	1.31^{b}	0.628^{bc}	0.022^{b}
	16	0.66^{cd}	0.513^{bcd}	1.17^{cd}	0.562^{cd}	0.029^{a}

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

CL_a:کلروفیل a، CL_b: کلروفیلb، CL total: کلروفیل کل.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 1% probability level.
CLa: Chlorophyll a, CLb: Chlorophyll b, CL total: Chlorophyll total

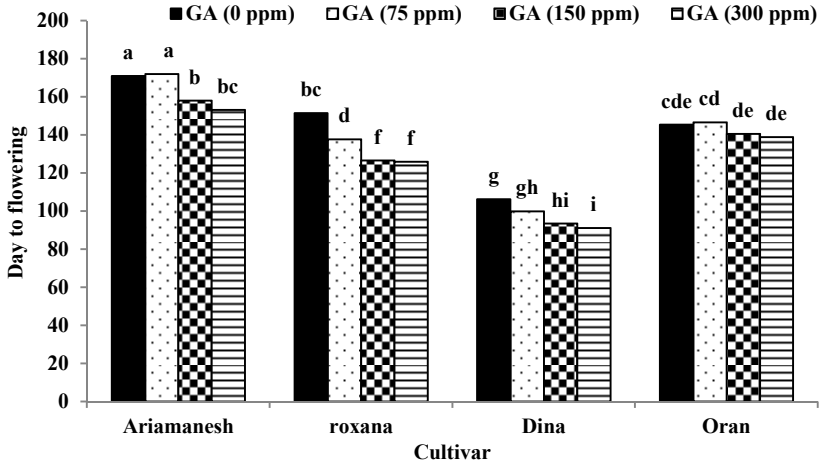
پدیده پیری در گیاهان، ممکن است به دلیل تغییراتی باشد که در اثر کاهش در سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اتفاق می افتد. مشخص شده است که تغییر فاز از رویشی به زایشی با افزایش فعالیت پراکسیداز همراه بوده که این تغییرات در ارتباط با افزایشی در پراکسیداسیون لیپیدها است (Zhenzhen *et al*., 2000). مشخص شده که کاربرد اسیدجیبرلیک در گیاهان باعث افزایش پراکسیداز می‌شود که این امر از طریق افزایش فعالیت مسیر بیوسنتز پراکسیداز انجام می‌شود. براساس نتایج افزایش آنزیم پراکسیداز می‌تواند بر سطح آنزیم ایندول استیک اسید تأثیر گذاشته و باعث غیرفعال‌شدن یا از بین رفتن آن در گیاه می‌گردد. بنابراین جلوگیری از فعالیت اکسین توسط پراکسیداز می‌تواند عامل محرک در رشد شاخ و برگ جانبی و تحریک رشد زایشی در گیاه گردد و از این طریق در گلدهی نقش مؤثری داشته باشد. از این‌رو، افزایش غلظت این آنزیم در گیاه گلداری مانند داوودی به‌عنوان یک فاکتور مثبت محسوب می‌شود (Levent *et al*., 2008).

تعداد روز تا رسیدن به گلدهی

نتایج نشان داد که تعداد روز تا گلدهی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد اسیدجیبرلیک ($P<0/01$)، رقم ($P<0/01$) و اثر متقابل تیمارها ($P<0/01$) قرار گرفت.

در همه رقم‌های موردمطالعه، کاربرد اسیدجیبرلیک سبب کوتاه‌شدن فاصله کاشت تا گلدهی شد. و در تمامی رقم‌ها در سطوح بالای مصرفی (۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) منجر به کاهش تعداد روز تا گلدهی گردید. در هیچ‌یک از رقم‌های موردمطالعه، تفاوت معنی‌داری بین کاربرد ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده نشد (شکل ۱). بر اساس نتایج Padmapriya & Chezhiyan (2002) در داوودی رقم (*Dendranthema grandiflora*. Cv. Tzvelev) با استفاده از اسیدجیبرلیک مشخص شد، در بالاترین غلظت اسیدجیبرلیک، تعداد روزهای رسیدن به گلدهی نسبت به شاهد کاهش یافت که می‌تواند به این دلیل باشد که اسیدجیبرلیک طول دوره نونهالی را کاهش داده و به‌جای تولید برگ و شاخساره ابتدا شروع به ساخت جوانه گل می‌کند.

طول دوره کاشت تا گلدهی در رقم‌های مختلف پاسخ متفاوتی به تیمار طول روز نشان داد، به‌طوری‌که در رقم آریامنش، این صفت تحت تأثیر طول روز قرار نگرفت و کمترین تعداد روز تا گلدهی در رقم دینا در شرایط اعمال ۱۶ ساعت تاریکی ۹۳/۳۱ روز ثبت شد (شکل ۲). براساس نتایج Laurie (1930) مشخص شد استفاده از پارچه سیاه از ساعت ۶ بعدازظهر تا ۷ صبح در داوودی، در کاهش تعداد روزهای تا رسیدن به گلدهی بیشترین تأثیر را دارد. تأخیر در زمان گلدهی در گیاه به‌دلیل قرارگیری در معرض طول روز بلند منجر به دخالت در حرکت کربوهیدرات و فلوریژن به سایت دریافت‌کننده می‌شود.

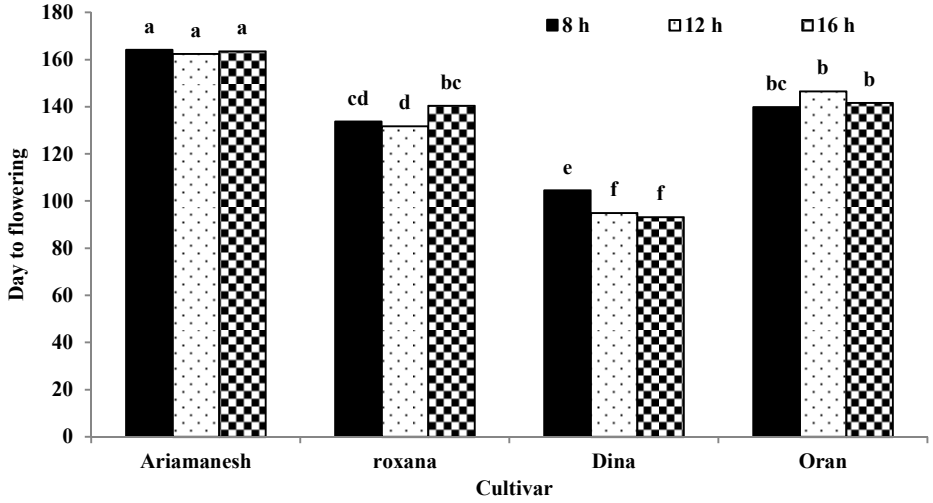


شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل اسیدجیبرلیک و رقم بر تعداد روز تا گلدهی داوودی

Figure 1. Mean comparison interaction effect of gibberlic acid and cultivar on day to flowering of chrysanthemum

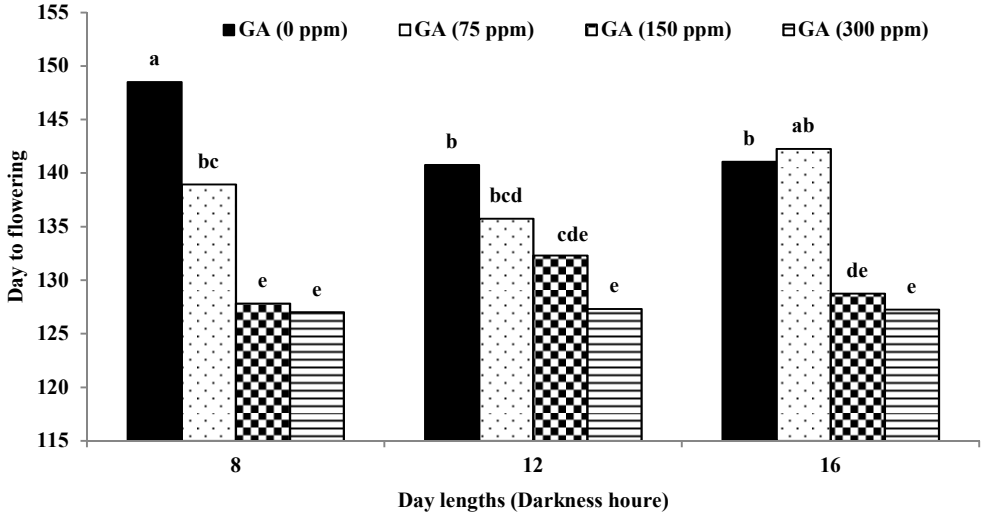
تولید مواد جلوگیری‌کننده از رشد که با گلدهی مغایرت دارد، در شرایط طول روزبلند در داوودی حاصل می‌شود (Dutta, 1995) و گلدهی زودهنگام توسط روزکوتاه توسط محققان دیگری از جمله Cockshull & Kofranek (1992) و Kazaz (2010) در داوودی نیز حاصل شد.

تعداد روز تا گلدهی تحت تأثیر اثر متقابل اعمال تاریکی و کاربرد اسیدجیبرلیک قرار گرفت. کاربرد اسیدجیبرلیک در اکثر تیمارهای اعمال تاریکی سبب کاهش طول این دوره شد. بیشترین تعداد روز تا گلدهی در تیمار شاهد (عدم اعمال تاریکی و عدم کاربرد اسیدجیبرلیک) (۱۴۸/۵ روز) ثبت شد (شکل ۳). تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدجیبرلیک مستقل از طول دوره تاریکی در مقایسه با شاهد، به‌مدت ۲۱ روز گلدهی را تسریع کرد. بر اساس نتایج Dahiya & Rana (2001) با استفاده از غلظت‌های مختلف (صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰) اسیدجیبرلیک و سایبان‌های مختلف (۵۰ و ۷۵٪) بر تنظیم گلدهی داوودی در رقم *Chrysanthemum morifolium* cv. vasanika مشخص شد که ظهور غنچه‌های گل و گلدهی تسریع گردید.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل طول روز و رقم بر تعداد روز تا گلدهی داوودی

Figure 2. Mean comparison interaction effect of day length and cultivar on on day to flowering of chrysanthemum



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل اسیدجیبرلیک و طول روز بر تعداد روز تا گلدهی داوودی

Figure 3. Mean comparison interaction effect of gibberlic acid and cultivar on day to flowering of chrysanthemum

نتیجه‌گیری کلی

براساس پژوهش انجام شده بالاترین غلظت اسید جیبرلیک، سبب تسریع در گلدهی، بهبود خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک و همچنین افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم پراکسیداز شد. براساس نتایج کوتاه‌کردن طول روز سبب افزایش تعداد و قطر گل، وزن خشک گل و افزایش آنزیم پراکسیداز شد. درصورتی‌که با افزایش طول دوره تاریکی میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و طول ساقه گل‌دهنده کاهش یافت. همچنین افزایش دوره تاریکی عامل مؤثری در افزایش میزان آنزیم پراکسیداز بود. می‌توان بیان نمود تغییر و مدیریت خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در رقم‌های دیرگلده داوودی مورد مطالعه از جمله زمان گلدهی می‌تواند با اعمال سطوح مختلف جیبرلیک اسید و همچنین کاهش طول روز امکان‌پذیر باشد. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر به لحاظ کاربردی و عملیاتی برای تولیدکنندگان گل داوودی و مدیران فضای سبز شهری حایز اهمیت خواهد بود.

REFERENCES

1. Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris. Plant Physiology*, 24, 1-15.
2. Chance, B. & Maehly, S.K. (1995). Assay of catalase and peroxidase. *Methods in Enzymology*, 2, 764-775.
3. Chang, S., Tsang, C. & Wen, S. (2006). Gibberellins in relation to flowering in *Polianthes tuberosa*. *Physiologia Plantarum*, 112(6), 429-432.
4. Chehrazi1, M., Hosseini, H. R., Hashemi Dehkordi, E. & Khalil Asadi Vafa, Kh. (2017). The effects of gibberellic acid on some morpho-physiological haracteristics of two varieties of white and yellow flowers (Alba and Apollo) snapdragon (*Antirrhinum majus*). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48 (2), 265-273. (in Farsi)
5. Dalal, S.R., Somavanshi, A.V. & Karate, G.D. (2009). Effect of gibberellic acid on growth, flowering, yield and quality of gerbera under polyhouse conditions. *International Journal of Agricultural Science*, 5(2), 355-356.
6. Du Toit, E.S., Robbertse, P.J. & Niederwieser, J.G. (2004). Plant carbohydrate partitioning of *Lachen alia* cv. Ronina during bulb production. *Scientia Horiculturae*, 102(7), 433-440.
7. El-Nagar, A. H., El-Naggar, A. A. M. & Naglaa, M. I. (2009). Effect of phosphorus application and gibberellic acid on the growth & flower quality of *Dianthus caryophyllus* L. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science*, 6(4), 400-410.
8. Gol H., Khattak, A.M. & Amin, N. (2006). Accelerating the growth of *Araucaria heterophylla* seedling through different GA_3 concentration and nitrogen levels. *Journal of Agriculture Biological Science*, 1, 1030-1034.
9. Heuvelink, E., Van Meeteren, U., Chang, L.N., Fancello, G. & Lee, J.H. (1998). The influence of temperature, photoperiod and plant density on external quality of cut chrysanthemum. XXV *International Horticultural Congress*, Brussels, p. 314.
10. Higuchi, Y., Sumitomo, K., Oda, A., Shimizu, H. & Hisamatsu, T. (2012). Day light quality affects the night-break response in the short-day plant chrysanthemum, suggesting differential phytochrome-mediated regulation of flowering. *Journal of Plant Physiology*, 169(18), 1789-1796.
11. Ichimura, K. & Goto, R. (2000). Effects of gibberellin (GA3) on yellowing & vase life of *Narcissus tazetta* var. chinensis flowers *Japan Socieity for Horticultural Science,* 69(12), 423-427.
12. Jiang, B.B., Chen, S.M., Miao, H.B., Zhang, S.M., Chen, F.D. & Fang, W.M. (2010). Changes of endogenous hormone levels during short-day inductive floral initiation and inflorescence differentiation of chrysanthemum morifolium 'Jingyun'. *International Journal of Plant Production*, 4(2), 149-157.
13. Kahar, S.A. (2008). Effects of photoperiod on growth and flowering of *Chrysanthemum morifolium* Ramat cv. Reagan Sunny. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, 36(2), 179-186.
14. Kazaz, S., Atilla Askin, M., Kilic, S. & Ersoy, N. (2010). Effects of day length and daminozide on the flowering, some quality parameters and chlorophyll content of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Scientific Research and Essays*, 51 (2), 3281- 3288.
15. Kazaz, S. & Karagüzel, O. (2010). Influence of growth regulators on the growth and flowering characteristics of goldenrod (*Solidago x Hybrida*). *European Journal of Scientific Research*, 45(3), 498-507.
16. Kjaer, K.H., Poire, R., Ottosen, C.O. & Walter, A. (2012). Rapid adjustment in chrysanthemum carbohydrate turnover and growth activity to a change in time-of-day application of light and daylength. *Functional Plant Biology*, 39, 639-649.
17. Kumar, P., Raghava, S.P.S., Mishra, R.L. & Singh, K.P. (2003). Effect of GA_3 on growth and yield of China aster. *Journal of Ornamental Horticulture*, 6(2), 110-112.

18. Kumar, S. & Singh, M.C. (2017). Effect of photoperiod on growth characteristics in *Chrysanthemum morifolium* Ramat. cv. Zembla using high pressure sodium light. *Re on Crops,* 18 (1), 110-115.
19. Kurilcik, A., Dapkuniene, S., Kurilcik, G., Zilinskaite, S., Zukauskas, A. & Duchovskis, P. (2008). Effect of the photoperiod duration on the growth of chrysanthemum plantlets *in vitro*. *Sodininkyste Ir Daržininkyste,* 27(2), 39-46.
20. Levent Tuna, A., Kaya, C., Dikilitas, M. & Higgs, D. (2008). The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. *Environmental and Experimental Botany*, 62, 1-9.
21. Maggio A., Barbieri, G., Raimondi, G. & De Pascale, S. (2010). Contrasting effects of GA_3 treatments on tomato plants exposed to increasing salinity. *Journal of Plant Growth Regulation,* 29, 63-72.
22. Mazher, Azza, Nahed, A. M., Abdel-aziz, G., El-Maadawy, E, Amal, Nasr, A. & Samah, M. El-Sayed. (2014). Effect of gibberellic acid and paclobutrazol on growth and chemical composition of *Schefflera arboricola* plants. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 3(4), 782-792.
23. Mukesh Singg, M. & Brij, L. A. (2015). Effect of photoperiod on flowering in ornamental annuals. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 3(4), 121-126
24. Nagarja, G. S., Gowda, J. V. & Farooqui, A. (2003). Effects of growth regulators on growth and flowering of tuberose cv. Single. *Karantaka Journal of Agriculture Science*, 12(6), 236- 238.
25. Nuvale, M.U., Aklade, S.A., Desai, J.R. & Nannavare, P.V. (2010). Influence of PGR's on growth, flowering and yield of chrysanthemum (*Dendranthem grandiflora* Tzvelev) cv. 'IIHR-6'. *International Journal of Pharmacy and Bioscience*, 1 (2), 1-4.
26. Nxumalo, S.S. & Wahome, P.K. (2010). Effects of application of short-days at different periods of the day on growth and flowering in chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*). *Journal of Agriculture and Social Sciences,* 6, 39-42.
27. Oxborough, K. (2004). Imaging of chlorophyll a fluorescence: theoretical and practical aspects of an emerging technique for the monitoring of photosynthetic performance. *Journal of Experimental Botany*, 55, 1195-1205.
28. Pobudkiewicz, A. (2014). Effect of growth retardant on some morphological and physiological traits of chrysanthemum. *Polish Journal of Natural Sciences*, 29(4), 91-306.
29. Ramesh, K., Kartar, S. & Reddy, B. S. (2002). Effect of planting time, photoperiod, GA_3 and pinching on carnation. *Journal of Ornamental Horticulture*, 4, 20-23.
30. Runkle, E. S. & Heins, R. D. (2006). Manipulating the light environment to control flowering and morphogenesis of herbaceous plants. *Acta Horticulturae*, 711, 51-60.
31. Sachs, R.M. & Kofranek, A.M. (1963). Comparative cytological studies in inhibition and promotion of stem growth in *Chrysanthemum morifolium*. *American Journal of Botany*, 50, 772-779.
32. Uppar, D. S., Patil, V. S., Deshpande, V. K. & Ravi, H. (2014). Effect of different growth regulators on seed yield and quality attributes in annual chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L.). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, *27*(2), 131-134.
33. Schmidt, C., Bellé, AB., Nardi, C. & Toledo, AK. (2003). The gibberellic acid (GA_3) in the cut chrysanthemum (*Dedranthema grandiflora* Tzevelev.) Viking: planting summer/autumn. *Revista Ciência Rural*, 33(2), 1451-1455.
34. Schwabe, W.W. (2015). Factors controlling flowering of the chrysanthemum I. The effects of photoperiod and temporary chilling. *Journal of Experimental Botany*, 329-343.
35. Sharma, C.P., Maurya, A.N., Srivastava, O.P. & Mishra, A. (2001). Role of GA_3, maleic hydrazide and ethrel in modifying vegetative and floral characters of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ram.). *The Orissa Journal of Horticulture*, 29(2), 35-40.
36. Shoor, M., Tehrani Far, A., Nemati, H., Salah varzi, Y. & Alizadeh, B. (2008). Effect of gibberellic acid and cold storage on some quantitative traits of cut flowers (*Poliatenus tuberosa* L.). *Agricultural Research: Water, Soil and Agricultural Plant*s, 4, 247-239. (in Farsi).
37. Siddiqui, M.H., Al-Whaibi, M.H. & Basalah, M.O. (2011). Interactive effect of calcium and gibberellin on nickel tolerance in relation to antioxidant systems in *Triticum aestivum* L. *Protoplasma*, 248, 503-511.
38. Silva Vieira, M., Ribeiro da, G., Pace Pereira Lima, A., Vacaro de Souza, P., Nepomuceno Costa, M., Santos, L. & Nelson, G. (2011). Effect of gibberellic acid on the quality of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* L.) cv. Faroe. *African Journal of Biotechnology,* 10(71), 15933-15937.
39. Thomas, S. G., Rieu, I. & Steber, C. M. (2005). Gibberellin metabolism and signaling. *Vitamins & Hormones*, *72*, 289-338.
40. Taiz, L. & Zeiger, E. (2006). *Plant physiology*. 4th edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland.
41. Teixeira da Silva, J. A. (2004). Ornamental chrysanthemums: improvement by biotechnology- Review of plant biotechnology and applied genetics. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 79, 1-18.

42. Tripathi, A. N., Tripathi, S. N., Shukla, R. K. & Pandey, G. (2003). Effect of GA, NAA and CCC on growth and flowering of French marigold (*Tagetes patula*). *Journal of Applied Horticulture*, 5(2), 112-113.
43. Vrsek, H., Zidovec, V., Poje, M. & Coga, L. (2006). Influence of photoperiod and growth retardant on the growth and flowering of England aster. *Acta Horticulturae*, 711, 301-306.
44. Ye, Z., Rodriguez, R., Tran, A., Hoang, H., de los Santos, D., Brown, S. & Vellanoweth, R. L. (2000). The developmental transition to flowering represses ascorbate peroxidase activity and induces enzymatic lipid peroxidation in leaf tissue in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Science*, 158(1-2), 115-127.
45. Zai-qiang, Y., Wei-hong, L., Fa-di, C., Yi-ping, X. & Mao-qiong, Z. (2008). Effects of gibberellin on development and external quality of single flower cut *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Plant Physiology Journal*, 44(6), 1095-1098.