

تأثیر افزایش طول روز با شدت‌های مختلف نور مکمل بر عملکرد کمی و کیفی رز شاخه بریده رقم 'Dolce vita'

لیلا شاه‌کرم^۱، علیرضا خالقی^{۲*}، علی خدیوی^۳ و موسی سلگی^۳

۱، ۲ و ۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲۰)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر افزایش طول روز و شدت نور در طی پاییز و زمستان بر عملکرد کمی و کیفی رز شاخه‌بریده رقم 'Dolce vita'، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با نه تکرار انجام شد. بوته‌های رز به مدت یک دوره گلدهی تحت تیمار افزایش طول روز تا ۱۶ ساعت با شش سطح از شدت نور شامل صفر، ۸۵، ۱۷۰، ۲۵۵ و ۳۴۰ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ بخار سدیم و ۸۵ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ LED قرار گرفتند. شاخص‌های مهم عملکرد کمی و کیفی از جمله طول شاخه، قطر ساقه، مدت زمان لازم برای برداشت گل، تعداد جوانه گل بعدی، کیفیت ظاهری و عمر گلجایی تحت تأثیر تیمارهای نور مکمل قرار گرفتند. با استفاده از نور مکمل به‌طور میانگین مدت زمان لازم برای برداشت گل شاخه‌بریده حدود ۵ روز نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. بیشترین تعداد جوانه گل در شدت نور ۸۵ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ بخار سدیم مشاهده شد. در بسیاری از صفات از جمله ارتفاع بوته و طول شاخه، قطر ساقه در زیر گل، تعداد برگ، طول و عرض برگ، وزن تر و خشک ساقه، شاخص کیفیت گل و عمر پس از برداشت، بهترین تیمار، افزایش طول مدت روشنایی با شدت نور ۳۴۰ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ بود.

واژه‌های کلیدی: لامپ بخار سدیم، عملکرد کمی و کیفی، نور مکمل، LED.

Effects of long-day treatment using different supplemental light intensities on quantitative and qualitative traits of *Rosa hybrida* 'Dolce vita'

Leila Shahkaram¹, Alireza Khaleghi^{2*}, Ali Khadivi³ and Mousa Solgi³

1, 2, 3. Former M.Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran

(Received: July 29, 2019- Accepted: Oct. 12, 2019)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of long-day treatment during autumn and winter on quantitative and qualitative characteristics of *Rosa hybrida* 'Dolce vita', an experiment was conducted in completely randomized design with nine replications. Rose bushes were treated with increasing length of photoperiod to 16-h under six levels of light intensity includes 0, 85, 170, 255 and 340 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ using HPS lamp and 85 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ using LED lamp. Important factors of quantitative and qualitative yield such as shoot length, stem diameter, time of harvesting, renewal bud formation, quality index and vase life were affected by supplemental light treatments. Using supplemental light, the average time required for harvesting the flower was around five days lesser than the control plants. The highest number of renewal bud formation was observed in light intensity of 85 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ using HPS lamp, respectively. In many traits such as plant height and stem length, stem diameter under flower, leaf number, leaf length and width, fresh and dry stem weight, flower quality index and vase life, 340 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ light intensity was the best treatment.

Keywords: HPS lamp, LED, quantitative and qualitative yield, supplemental light.

* Corresponding author E-mail: khaleghi979@gmail.com

مقدمه

رز با نام علمی *Rosa spp.* از تیره Rosaceae از محبوب‌ترین گل‌های جهان است و از نظر تولید در صدر گل‌های شاخه بریده قرار دارد و در بسیاری از کشورها از جمله ایران به‌عنوان گل ملی مطرح می‌باشد (Asgari *et al.*, 2016; Farahi & Zadehbagheri, 2017). عوامل محیطی از جمله دما، نور، رطوبت، نوع بستر و تهویه نقش اساسی بر تولید و کیفیت رزهای شاخه‌بریده دارند. میزان تولید در رز شاخه بریده بستگی به متغیرهای اجزای عملکرد همچون تشکیل و رشد جوانه‌های جانبی و سرعت رشد ساقه‌های گل‌دهنده دارد. همه این متغیرها در رز تحت تأثیر نور هستند (Dieleman & Meinen, 2007). از سویی دیگر، مهمترین فاکتور تعیین‌کننده هزینه تولید، مدت زمان تولید است. افزایش طول مدت زمان تولید هزینه‌هایی همچون آبیاری، تغذیه، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و غیره را افزایش می‌دهد (Cavins & Dole, 2001). سرعت رشد، ریخت‌زایی و سایر واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه به شدت تحت تأثیر شدت، کیفیت و طول مدت روشنی قرار دارند (Fan *et al.*, 2013). نور به‌عنوان مهمترین منبع انرژی برای فتوسنتز، اگر کاهش یابد، می‌تواند باعث کاهش آسیمیلات‌ها و در نتیجه کاهش معنی‌دار سرعت رشد و نمو گیاه گردد (Barisic *et al.*, 2006). همچنین، شدت‌های پایین نور در مراحل ابتدای نمو شاخه می‌تواند منجر به تولید ساقه‌های کور گردد (Dieleman & Meinen, 2007). نشان داده شده است که کاهش شدت نور در طی زمستان از طریق سایه‌دهی به میزان ۱۰، ۳۵، ۶۰ و ۷۰٪، به ترتیب باعث کاهش تعداد گل در هر بوته رز به میزان ۴۳، ۶۵، ۷۵ و ۹۰٪ می‌شود (Zieslin & Mor, 1990). اثر نور مکمل بر رشد و گلدهی محصولاتی همچون توت‌فرنگی (Hidaka *et al.*, 2013)، گوجه‌فرنگی (Fan *et al.*, 2013)، سیب‌زمینی (Ma *et al.*, 2015) و ریحان (Jensen *et al.*, 2018) گزارش شده است. نتایج Zhao *et al.* (2012) حاکی از آن است که صفات مورفولوژیک گل صد تومانی (*Paeonia lactiflora* Pall.) شامل ارتفاع گیاه، تعداد

برگ، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی و تعداد گره در گیاهان رشد یافته در شرایط نور کامل بهتر از سایه بود. در گل شب بو با افزایش شدت نور تا ۳۰۰ $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ سطح برگ، تعداد برگ و وزن تر و خشک برگ و ساقه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین افزایش نور تا حد قابل تحمل گیاه، سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان قندهای محلول گردید (Abbasnejad *et al.*, 2017). در گل جعفری و سلوی افزایش شدت نور موجب افزایش تعداد گل و کاهش زمان به گل رفتن در این گیاه گردید (Moccaldi & Rukle, 2007).

کاهش شدت و طول مدت روشنی در فصول سرد سال یکی از مهمترین دلایل کاهش تولید در گلخانه‌های رز شاخه بریده می‌باشد. این گیاه به کاهش نور در روزهای کوتاه و ابری به‌شدت واکنش نشان داده و علاوه بر فتوسنتز، ارتفاع گل، رنگ‌گیری غنچه‌ها و به‌طور کلی کیفیت و عملکرد گل کاهش می‌یابد (Zhang *et al.*, 2017). لذا، افزایش طول مدت روشنی و یا شدت نور می‌تواند به‌طور مؤثری باعث بهبود نمو رزهای گلخانه‌ای در طی فصول سرد سال گردد. رقم 'Dolce vita'، از جمله ارقامی از رز است که در طی پاییز و زمستان با کاهش شدت و مدت روشنی با کاهش عملکرد و کیفیت گل‌ها مواجه است. لذا در این مطالعه با به‌کار بردن دو نوع لامپ به عنوان منبع نور مصنوعی (لامپ بخار سدیم و LED)، به بررسی اثر نور مکمل بر عملکرد کمی و کیفی این رقم رز پرداخته شده است.

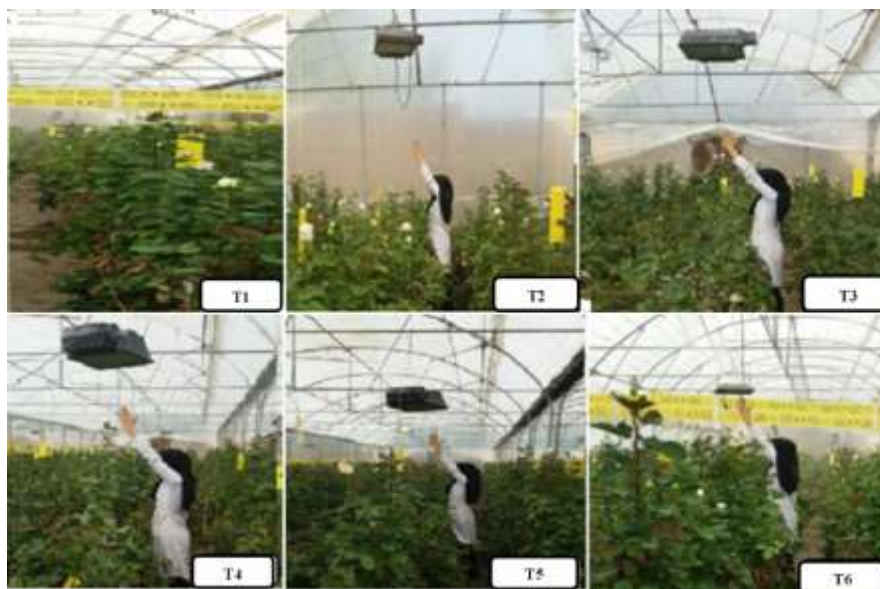
مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور مطالعه اثر کاربرد نور مکمل بر عملکرد کمی و کیفی گل رز رقم 'Dolce vita' در زمستان ۱۳۹۶ در یک واحد گلخانه هیدروپونیک گل رز شاخه بریده با دمای روزانه 24 ± 2 و دمای شبانه 17 ± 3 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰-۷۵ درصد واقع در شهرستان خوانسار از توابع استان اصفهان انجام شد. بدین منظور، تعدادی از پایه‌های سه ساله رز هلندی رقم 'Dolce vita' که از نظر شرایط رشدی کاملاً یکسان بودند، انتخاب شدند. از آنجایی‌که از صفات مورد بررسی،

تیمار که هر تکرار شامل یک گلدان بود، انجام پذیرفت. تیمارها شامل شدت نورهای صفر (بدون اعمال نور مصنوعی به عنوان تیمار شاهد)، ۸۵، ۱۷۰، ۲۵۵ و ۳۴۰ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ بخار سدیم ۶۰۰ وات و ۸۵ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ LED ۲۰۰ وات و با نور سفید بود (شکل ۱). با پایان یافتن دوره آزمایش و همزمان با برداشت شاخه‌های گل بریده، صفات موردنظر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

صفات مورد ارزیابی عبارت بودند از مدت زمان برداشت، ارتفاع بوته، طول شاخه گل بریده، قطر ساقه در زیر گل، قطر ساقه در ابتدای شاخه گل، قطر گل، ارتفاع گل، تعداد برگ، تعداد برگچه، طول برگ، عرض برگ، تعداد جوانه گل بعدی، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، درصد ماده خشک برگ، کیفیت وزن خشک برگ، درصد ماده خشک برگ، کیفیت ظاهری گل و عمر گلجایی. مدت زمان برداشت، از زمان اعمال تیمارها تا زمان برداشت گل بر اساس روز محاسبه شد. اندازه‌گیری قطر و ارتفاع گل با استفاده از کولیس دیجیتالی، دو روز پس از برگشت کامل کاسبرگ‌ها و رنگ‌گیری کامل غنچه‌ها انجام شد.

اثر نور مکمل بر مدت زمان برداشت بود، بوته‌های رز به‌گونه‌ای انتخاب شدند که دارای شاخه گل‌دهنده به طول حدود ۴ سانتی‌متر بودند و تمامی صفات مورد ارزیابی، روی این شاخه‌ها انجام گرفت. محیط کشت گل‌ها متشکل از کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۶۰ به ۴۰ بود و بوته‌ها در طول آزمایش با محلول غذایی حاوی ۵۴۰ mg/L نیترات کلسیم، ۳۶۳ mg/L نیترات پتاسیم، ۱۰۷ mg/L مونوآمونیم فسفات، ۱۰۵ mg/L سولفات پتاسیم، ۱۰۰ mg/L مونوپتاسیم فسفات، ۱۰۰ mg/L سولفات منیزیم، ۲۵ mg/L کلات آهن، ۲/۶ mg/L کلات روی، ۳ mg/L کلات منگنز، ۰/۲۶ mg/L کلات مس و ۱/۶ mg/L بوراکس و با pH ۵/۸ تغذیه شدند. از اواخر آذرماه گیاهان تحت تیمار نور مکمل به‌صورت افزایش طول مدت روشنایی (روز) با شدت‌های مختلف قرار گرفتند؛ بدین صورت که یک ساعت قبل از غروب آفتاب لامپ‌ها با شدت مورد نظر روشن و ساعت ۲۲ به‌صورت اتوماتیک خاموش گردیدند؛ به‌عبارتی طول روز از حدود ۱۰ ساعت به ۱۶ ساعت افزایش داده شد. دوره آزمایشی تا پایان یکی از دوره‌های گلدهی رز بود. این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۹ تکرار در هر



شکل ۱. تیمارهای نور مکمل؛ تیمار T1: بدون اعمال نور مصنوعی (تیمار شاهد)، تیمار T2: ۸۵ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ بخار سدیم، تیمار T3: ۱۷۰ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ بخار سدیم، تیمار T4: ۲۵۵ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ بخار سدیم، تیمار T5: ۳۴۰ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ بخار سدیم و تیمار T6: ۸۵ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ LED.

Figure 1. Supplementary irradiance treatments: T1: control (without supplementary irradiation); T2: 85 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with HPS; T3: 170 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with HPS; T4: 255 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with HPS; T5: 340 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with HPS; T6: 85 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with LED.

صفات زمان برداشت، قطر ساقه در زیر گل، تعداد برگ و تعداد جوانه‌های گل بعدی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بوده است. اثر تیمارها بر صفات قطر ساقه در ابتدای شاخه گل، قطر گل، ارتفاع گل، درصد ماده خشک ساقه و تعداد برگچه غیرمعنی‌دار بود.

زمان برداشت

نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین زمان لازم برای برداشت به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (۶۹/۴۴ روز) و شدت نور $255 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (۶۳/۵ روز) بود (جدول ۲). با این حال، بین تیمارهایی که از نور مکمل استفاده شده بود، از نظر زمان برداشت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در تمامی تیمارها، نور مکمل باعث تسریع در برداشت گل شاخه بریده نسبت به شاهد گردید. در فصل زمستان به دلیل کاهش طول روز، پائین بودن دمای هوا و کاهش شدت نور، زمان برداشت گل‌های رز شاخه بریده بین ۱۰ الی ۲۰ روز افزایش می‌یابد. مطابق با این نتایج، در سلوی و جعفری نشان داده شده است که افزایش شدت نور موجب کاهش زمان به گل‌رفتن این گیاهان زینتی می‌گردد (Moccaldi & Rukle, 2007). در گل رز رقم Mercedes نیز با افزایش شدت نور، زمان لازم برای برداشت شاخه گل کاهش یافت (Särkkä, 2005). میزان و سرعت رشد گیاه همبستگی مستقیم با سطح تولید و مصرف آسیمیلات‌ها دارد. آسیمیلات‌ها طی فرآیند فتوسنتز تولید می‌شوند که سطح فتوسنتز در درجه اول بستگی به شدت نور دارد. نشان داده شده است که رزهای رشد کرده تحت شدت نور $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ دارای ۷۰٪ نرخ فتوسنتز بالاتر نسبت به گیاهان شاهد هستند (Dieleman & Meinen, 2007). از سویی دیگر، نرخ رشد با متوسط دمای روزانه همبستگی مثبت دارد (Pandya & Saxena, 2003). لامپ‌های مورد استفاده برای تأمین نور تکمیلی، علاوه بر نور، مقادیری هم گرما تولید می‌کنند که طی زمستان می‌تواند باعث بهبود سرعت رشد گیاهان تحت تیمار گردد (Särkkä, 2005). با توجه به اینکه گرمای تولیدی در لامپ‌های بخار سدیم بیشتر از لامپ LED است، این امر می‌تواند از دلایل کم‌شدن زمان برداشت در لامپ‌های بخار سدیم نسبت به لامپ LED باشد.

جهت اندازه‌گیری طول و عرض برگ، ۱۰ برگ میانی شاخه انتخاب و طول و عرض آنها به وسیله کولیس برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و میانگین آنها ثبت گردید. برای ارزیابی عمر گلجایی گل‌ها، تعدادی از گل‌های شاخه بریده پس از برداشت به سردخانه با دمای 1 ± 6 و ظروف حاوی آب مقطر منتقل شدند و عمر گلجایی گل‌ها براساس تعداد روز از زمان قرارگیری شاخه‌ها در محلول گلجایی (روز صفر) تا زمان پژمردگی یا ریزش ۵۰٪ گلبرگ‌ها به صورت مشاهده‌ای و روزانه اندازه‌گیری شد (Lu et al., 2010). جهت ارزیابی کیفیت ظاهری گل‌ها، به شاخه گل‌ها براساس کیفیت مورد ارزیابی امتیاز بین صفر تا ۱۰۰ داده شد. جزئیات ارزیابی گل‌ها به شرح ذیل بود: وضعیت گل از نظر وجود یا عدم وجود خسارت مکانیکی و یا ناشی از آفات و بیماری‌ها، حداکثر ۲۵ نمره؛ شکل گل حداکثر ۳۰ نمره؛ رنگ گل حداکثر ۲۵ نمره؛ و استحکام و اندازه ساقه حداکثر ۲۰ نمره. برای آنالیز داده‌های این صفت، نمرات ارائه‌شده در این آزمایش به چهار دسته معادل‌سازی شدند. کد ۱ (کیفیت ضعیف): معادل نمره بین صفر و ۲۵؛ کد ۳ (کیفیت متوسط): معادل نمره بین ۲۶ و ۵۰؛ کد ۵ (کیفیت خوب): معادل نمره بین ۵۱ و ۷۵ و کد ۷ (کیفیت عالی): معادل نمره بین ۷۶ و ۱۰۰. جهت اندازه‌گیری وزن خشک برگ و ساقه، نمونه‌های برگ و ساقه به ترتیب به مدت ۴۸ و ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگاه‌داری شدند. سپس درصد ماده خشک برگ و ساقه طبق رابطه ذیل محاسبه گردید.

$$100 \times (\text{وزن تر} / \text{وزن خشک}) = \text{درصد ماده خشک}$$

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱/۳) انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد اثر تیمار نور مکمل بر صفات ارتفاع بوته، طول شاخه، طول و عرض برگ، وزن تر و خشک برگ، درصد ماده خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، کیفیت ظاهری گل و عمر گلجایی در سطح احتمال یک درصد و در

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر نور مکمل بر صفات کمی و کیفی رز شاخه بریده رقم 'Dolce vita'.

Table 1. Results of variance analysis effect of supplementary lighting on quantitative and qualitative traits of *Rosa hybrida* 'Dolce vita'.

Source of variation	d.f	Mean Square									
		Time of harvesting	Plant height	Shoot length	Stem diameter under flower	Basal stem diameter	Flower diameter	Flower length	Leaf number	Leaflet number per leaf	Leaf length
Treatment	5	46.0*	2036**	1824**	0.037*	0.061 ^{ns}	1.08 ^{ns}	0.519 ^{ns}	43.8*	0.27 ^{ns}	4.08**
Error	48	16.7	234.1	277.8	0.014	0.033	0.57	0.65	15.6	0.34	0.65
CV%		6.27	18.1	21.6	18.6	23.9	18.2	14.4	22.6	14.09	10.7

***, **, *, ns: Significantly differences at 1% and 5% probability levels and non-significant difference, respectively.

ادامه جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر نور مکمل بر صفات کمی و کیفی رز شاخه بریده رقم 'Dolce vita'.
Continued table 1. Results of variance analysis effect of supplementary lighting on quantitative and qualitative traits of *Rosa hybrida* 'Dolce vita'.

Source of variation	df	Mean Square									
		Leaf width	Leaf fresh weight	Leaf dry weight	Leaf dry matter percentage	Stem fresh weight	Stem dry weight	Stem dry matter percentage	Renewal bud formation	Quality index	Vase life
Treatment	5	2.23**	1.24**	0.22**	23.96**	263**	28.1**	40.6 ^{ns}	1.20 ^{ns}	9.85**	79.4**
Error	48	0.41	0.32	0.046	5.86	67.8	1.95	61.4	0.52	2.27	4.80
CV%		11.5	24.5	26.3	6.86	44.3	23.8	23.0	33.4	41.5	9.55

***, **, *, ns: Significantly differences at 1% and 5% probability levels and non-significant difference, respectively.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر نور مکمل بر صفات کمی و کیفی رز شاخه بریده رقم 'Dolce vita'.

Table 2. Mean comparison effect of supplementary lighting on quantitative and qualitative traits of *Rosa hybrida* 'Dolce vita'.

Light treatment ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Time of harvesting (day)	Plant height (cm)	Shoot length (cm)	Stem diameter under flower (cm)	Basal stem diameter (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Leaf number	Leaflet number per leaf	Leaf length (cm)
Control	69.4 a	63.4 d	59.0 d	0.64 b	0.74 ab	4.21 ab	5.49 a	14.8 b	4.4 a	6.65 d
85 HPS	64.5 b	82.5 bc	76.3 bc	0.63 b	0.70 b	4.42 a	5.73 a	16.6 ab	4.3 a	8.27 ab
170 HPS	64.0 b	97.9 a	86.8 ab	0.59 b	0.81 ab	3.52 b	5.27 a	17.5 ab	3.9 a	6.91 cd
255 HPS	63.5 b	94.2 ab	84.9 ab	0.62 b	0.78 ab	4.48 a	5.98 a	20.1 a	4.2 a	7.51 bc
340 HPS	63.6 b	98.6 a	93.5 a	0.76 a	0.88 a	3.99 ab	5.51 a	20.0 a	4.0 a	8.28 a
85 LED	66.0 ab	70.0cd	61.0 cd	0.59 b	0.65 b	4.17 ab	5.58 a	15.5 b	4.2 a	7.64 abc

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

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

ادامه جدول ۲. مقایسه میانگین اثر نور مکمل بر صفات کمی و کیفی رز شاخه بریده رقم 'Dolce vita'.

Continued table 2. Mean comparison effect of supplementary lighting on quantitative and qualitative traits of *Rosa hybrida* 'Dolce vita'.

Light treatment ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Leaf width (cm)	Leaf fresh weight (g)	Leaf dry weight (g)	Leaf dry matter percentage	Stem fresh weight (g)	Stem dry weight (g)	Stem dry matter percentage	Renewal bud formation (number)	Quality index (code)	Vase life (day)
Control	5.2 cd	1.70 c	0.60 c	35.6 abc	10.3 c	3.50 c	34.2 a	0.22 b	2.33 c	18.6 d
85 HPS	6.0 ab	2.70 a	0.98 a	35.8 ab	19.6 ab	5.54 b	30.4 a	1.22 a	4.33 ab	22.0 c
170 HPS	4.9 d	2.55 ab	0.96 a	37.7 a	18.0 cb	5.58 b	34.0 a	0.77 ab	2.77 c	24.1 b
255 HPS	5.8 abc	2.13 cb	0.71 bc	33.2 c	17.4 cb	5.40 b	34.4 a	0.77 ab	3.44 cb	25.6 ab
340 HPS	6.1 a	2.56 ab	0.91 ab	35.5 abc	27.3 a	8.95 a	37.1 a	1.11 a	5.22 a	26.3 a
85 LED	5.5 bc	2.20 abc	0.74 bc	33.2 c	18.6 b	6.21 b	34.2 a	0.55 ab	3.66 cb	20.7 c

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

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

آن صورت می‌گیرد (Maas & Bakx, 1995). هر پنج

تیمار نور مکمل حاصل از لامپ بخار سدیم (۸۵، ۱۷۰،

۲۵۵ و $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع

ارتفاع بوته و طول شاخه گل بریده

طول شاخه از مهمترین شاخص‌های کیفیت در گل

شاخه بریده رز است و بسیاری از درجه‌بندی‌ها براساس

2012). از سویی دیگر کاهش شدت نور باعث کاهش فعالیت ترکیبات جیبرلینی در ساقه‌های رز می‌شود و این کاهش باعث کاهش طول شاخه‌ها می‌گردد. همچنین تاریکی باعث غیرفعال کردن سایتوکینین‌ها، از هورمون‌های رشد، می‌شود (Zieslin, 1990).

قطر ساقه

بیشترین قطر ساقه زیرگل با اختلاف معنی‌دار (۰/۷۶ سانتی‌متر) مربوط به تیمار نور مکمل با شدت $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ بود و در بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). پیش از این نشان داده شده بود که کاربرد نور مکمل با شدت $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ باعث افزایش طول، وزن و قطر ساقه گل رز می‌گردد (Harada & Komagata, 2014). تحت تأثیر کاربرد نور مکمل، قطر ساقه ممکن است افزایش یابد و یا بدون تغییر باقی بماند. این نتایج نشان می‌دهد که واکنش موفولوژی ساقه به نور تکمیلی بستگی به ژنوتیپ و همچنین سایر فاکتورهای محیطی از جمله دما دارد (Demotes-Mainard et al., 2013).

تعداد برگ

در بین تیمارها، بیشترین تعداد برگ (۲۰/۱ و ۲۰ عدد) به ترتیب در شدت نور 255 و $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ توسط لامپ بخار سدیم مشاهده شد؛ با این حال اختلاف معنی‌داری با شدت نور 85 و $170 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ توسط لامپ بخار سدیم نداشتند. همچنین، کمترین تعداد برگ (۱۴/۸۹ عدد) مربوط به تیمار شاهد بود. بین تیمارهای شاهد و شدت نورهای 85 و $170 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ حاصل از لامپ بخار سدیم و همچنین تیمار $85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ حاصل از لامپ LED اختلاف معنی‌داری در صفت تعداد برگ مشاهده نشد.

طول و عرض برگ

بیشترین طول (۸/۲۸ سانتی‌متر) و عرض (۶/۱۹ سانتی‌متر) برگ مربوط به تیمار $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ و کمترین آن‌ها به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (۶/۶۶ سانتی‌متر) و شدت نور $170 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (۴/۹۰)

بوته نسبت به تیمار شاهد شدند. بیشترین ارتفاع بوته مربوط به نور مکمل با شدت 340 و $170 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ به ترتیب با مقادیر $98/6$ ، $97/9$ سانتی‌متر و کمترین آن ($63/4$ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین، بیشترین طول شاخه گل بریده ($93/56$ سانتی‌متر) در شدت نور $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با شدت نور 170 و $255 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ نداشت؛ و کمترین طول شاخه (59 سانتی‌متر) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۲). مطابق با این نتایج با افزایش شدت و طول مدت روشنایی، طول شاخه در گیاه زینتی *Campanula medium* L. افزایش یافت (Cavins & Dole, 2001). همچنین کاهش شدت و مدت نور در گیاه *Odontonema strictum* باعث کاهش ارتفاع گیاه شد (Rezazadeh et al., 2014).

گیاهان نور را از طریق گیرنده‌هایی همچون فیتوکروم‌ها، کریپتوکروم‌ها و فتوتروپین‌ها دریافت می‌کنند. حداکثر فعالیت فیتوکروم‌ها در نور قرمز و قرمز دور و کریپتوکروم‌ها در نور آبی است و هر دوی این گروه از گیرنده‌های نوری بر اعمالی همچون رشد رویشی و تحریک گل‌دهی گیاهان نقش دارند (Smith, 2000; Takemiya et al., 2005). از سویی دیگر، پاسخ‌های فیزیولوژیک، مورفولوژیک و آناتومیک گیاهان در برابر کاربرد طیف‌های مختلف نور می‌تواند متفاوت باشد (Takemiya et al., 2005) و مواردی همچون گونه گیاهی، رقم، سن، شدت و کیفیت نور و درجه حرارت بر نحوه عملکرد گیرنده‌ها و در نتیجه پاسخ گیاهان اثر می‌گذارد (Fan et al., 2013). در پژوهش حاضر تمامی تیمارهای نوری نسبت به شاهد از ارتفاع بوته و طول شاخه گل بریده بالاتری برخوردار بودند، با این حال کمترین ارتفاع بوته و شاخه در بین تیمارهای نوری مکمل مربوط به شدت نور $85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ حاصل از لامپ LED بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. نشان داده شده است که لامپ‌های LED و پرفشار سدیمی رشد طولی ساقه را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش می‌دهند، اما رشد طولی ساقه در تیمار LED در مقایسه با لامپ بخار سدیم کمتر است که بدلیل بالا بودن میزان نور آبی در لامپ‌های LED نسبت به لامپ‌های بخار سدیم است (Terfa et al.,

وزن تر و خشک ساقه نسبت به شدت پایین نور مکمل شد، در حالی که تمامی تیمارهای نور مکمل نسبت به شاهد از روند مثبتی برخوردار بودند. نتایج حاضر با نتایج *Brown et al.* (1995) در فلفل و *Wu et al.* (2007) در نخود مطابقت دارد. ساقه یک کانال اصلی برای انتقال مواد در گیاهان است که عملکردهای مهم زیادی از جمله ذخیره‌سازی مواد غذایی و حمایت از برگ‌ها، گل‌ها و میوه‌ها را دارد. علاوه بر این ساقه بنیادی‌ترین ویژگی‌های گیاه از جمله ارتفاع، استحکام، شکل و توسعه شاخه‌ها را تعیین می‌کند (Hu & Han, 2008). در گیاهان در معرض نور کم از جمله گیاه لادن، تشکیل دستجات آوندی، بافت اسکلرانسیم و ظهور نوار کاسپاری کاهش یافت (Gislerd et al., 2003). ضعیف‌ماندن ساقه در شرایط شدت نور کم، در دیفن باخیا و گل‌های بریده میخک، ژربرا و رز نیز دیده شده است (Kafi et al., 2012). افزایش نور حد قابل تحمل گیاه، سبب افزایش فتوسنتز و تجمع آسیمیلات‌ها و در نتیجه افزایش رشد و نمو می‌گردد که از جمله شاخص‌های رشد میزان وزن خشک اندام‌ها می‌باشد (Wang et al., 2009; Abbasnejad et al., 2017).

تعداد جوانه گل بعدی

کاربرد نور مکمل با استفاده از لامپ بخار سدیم، تعداد جوانه گل بعدی را نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین تعداد جوانه گل بعدی به ترتیب در تیمارهای ۸۵، ۳۴۰، ۲۵۵ و ۱۷۰ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ بخار سدیم مشاهده شد که بین این تیمارها از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کمترین تعداد جوانه گل بعدی نیز مربوط به تیمار نور LED و شاهد بود (جدول ۲). پیش از این، افزایش عملکرد گل رز در ارقام Mercedes و Frisco با استفاده از نور مکمل توسط Särkkä (2005) گزارش شده است. همچنین گزارش شده است که افزایش طول روز در پاییز و زمستان باعث ۱۳٪ افزایش در تعداد و طول گل شاخه بریده رز شده است (Harada & Komagata, 2014). تشکیل و رشد جوانه به‌شدت تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله دما، سطح نیتروژن، پتانسیل آب و شدت نور است (Demotes-

سانتی‌متر) بود که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). نتایج پژوهش حاضر در ارتباط با شاخص تعداد و نیز طول و عرض برگ نشان داد که تیمارهای نور مکمل به‌ویژه شدت‌های بالای نور حاصل از لامپ بخار سدیم اثر مثبتی بر تعداد و اندازه برگ نسبت به شاهد داشته است. فتوسنتز با افزایش شدت نور افزایش می‌یابد که منجر به افزایش تعداد و سطح برگ می‌شود (Amador et al., 2007). نشان داده شده است که شدت نور کم، با کاهش سطح فتوسنتز، سبب کاهش رشد و تشکیل برگ‌های کوچک در گل داوودی می‌شود (Wang et al., 2009). لذا با افزایش شدت نور، زیست‌توده گیاه افزایش و به دلیل انجام فتوسنتز مناسب، گیاه قادر خواهد بود که کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد کامل را فراهم کند، در نتیجه گسترش سطح برگ ادامه می‌یابد.

وزن تر، خشک و درصد ماده خشک برگ

بیشترین وزن تر و خشک برگ در شدت نور $85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ مشاهده شد که با شدت نورهای ۱۷۰ و $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ اختلاف معنی‌دار نبود. کمترین مقدار وزن تر و خشک برگ مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین بالاترین درصد ماده خشک برگ مربوط به شدت نور $170 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ بود. در واقع شدت نور تأثیر مستقیمی در افزایش وزن تر و خشک برگ دارد. بهبود تجمع ماده خشک در اثر افزایش شدت نور را می‌توان به افزایش نور، توزیع بهتر نور در درون کانوپی و سرعت بیشتر فتوسنتز برگ نسبت داد (Wang et al., 2009).

وزن تر و خشک ساقه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار وزن تر (۲۷/۳۲ گرم) و وزن خشک (۸/۹۵ گرم) ساقه مربوط به شدت نور $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ حاصل از لامپ بخار سدیم و کمترین مقدار وزن تر (۱۰/۳۹ گرم) و خشک (۳/۵ گرم) ساقه مربوط به تیمار شاهد است (جدول ۲). در بین سایر تیمارهای نور مکمل از نظر وزن تر و خشک ساقه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به‌عبارتی، تیمارهای نوری با شدت بالا، موجب افزایش

(جدول ۲). نور و درجه حرارت مناسب یکی از عوامل افزایش دهنده عمر گلجایی در گل‌های داوودی، گلایول و لیلیوم گزارش شده است (Pandya & Saxena, 2003). در بررسی Bergstrand & Schüssler (2012) میزان فتوسنتز اندازه‌گیری شده در گیاهان زینتی که در معرض نور لامپ بخار سدیم قرار داشتند بیشتر از رزهایی بود که در معرض نور LED بود. متعاقباً فتوسنتز بالا باعث افزایش تولید کربوهیدرات می‌شود و از آنجایی که اهمیت کربوهیدرات‌ها برای عمر گلجایی گل‌های رز به خوبی به اثبات رسیده است (Marissen & La Brijin, 1995)، می‌توان توجیه نمود که تحت تأثیر نور مکمل، با افزایش میزان فتوسنتز، عمر گلجایی نیز افزایش می‌یابد. Särkkä (2005) گزارش کرد که نور مکمل باعث افزایش عمر گلجایی رز رقم Mercedes می‌شود. لامپ‌های بخار سدیم از نسبت بالای نور قرمز به قرمز دور برخوردار هستند، لذا گیاهان پرورش داده شده در نور بخار سدیم از فتوسنتز و در نتیجه کربوهیدرات‌های بالای نیز برخوردارند (Särkkä, 2005).

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج حاضر، مدت و شدت نور در ماه‌های اواخر پاییز تا شروع بهار برای رشد مطلوب گل رز شاخه بریده رقم 'Dolce vita' کافی نمی‌باشد. لذا برای داشتن عملکرد کمی و کیفی مطلوب، نیاز به استفاده از نور مکمل با شدت مطلوب می‌باشد. طول ساقه، از مهمترین شاخص‌های کیفیت در درجه‌بندی گل رز شاخه بریده و همچنین شاخص کیفیت گل که تمام صفات مربوط به بازارپسندی گل را شامل می‌شود، با استفاده از نور مکمل بهبود یافت. همچنین تعداد جوانه گل بعدی تحت تأثیر تمامی شدت نورهای مکمل به کار برده شده افزایش نشان داد. از آنجایی که بهترین تیمار در بسیاری از صفات، از جمله صفات مهمی همچون ارتفاع بوته و طول شاخه، قطر ساقه در زیر گل، تعداد برگ، شاخص کیفیت گل و عمر پس از برداشت، شدت نور $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ با استفاده از لامپ بخار سدیم بود، افزایش طول مدت روشنایی در گلخانه رز رقم 'Dolce vita' در طی پاییز و زمستان با استفاده از این منبع نور با شدت ذکر شده توصیه می‌گردد.

(Mainard *et al.*, 2013). Bredmose (1995) گزارش کرد که تعداد شاخه هر بوته رز شاخه بریده به‌طور خطی با افزایش شدت نور از صفر تا $174 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ افزایش می‌یابد. حضور نور برای تشکیل و نمو جوانه‌ها در رز امری ضروری است (Girault *et al.*, 2008). سنتز قندها تحت تأثیر شدت نور است. در بسیاری از گونه‌های گیاهی از جمله رز تشکیل و رشد جوانه به سطوح بالای قند نیاز دارد (Girault *et al.*, 2010). همچنین نسبت بالای نور قرمز به قرمز دور تشکیل و رشد جوانه‌ها را تحریک می‌کند، درحالی‌که عکس آن بازدارنده است؛ لذا کاربرد نور مکمل با استفاده از لامپ‌های بخار سدیم می‌تواند تشکیل جوانه را افزایش دهد (Zieslin, 1990).

کیفیت ظاهری گل

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین کیفیت ظاهری گل مربوط به شدت نور $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ حاصل از لامپ بخار سدیم و پائین‌ترین کیفیت ظاهری گل مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین بین کیفیت ظاهری گل‌های حاصل از نور LED و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). مطابق با این نتایج افزایش شدت نور باعث بهبود کیفیت ظاهری و شاخص سلامتی در گوجه‌فرنگی شد (Fan *et al.*, 2013). گزارش شده است که کیفیت گل رز در ارقام Mercedes و Frisco با استفاده از نور مکمل افزایش می‌یابد (Särkkä, 2005). از جمله مهمترین شاخص‌های کیفیت در گل شاخه بریده رز طول شاخه و همچنین اندازه و رنگ گل است که صفات ذکر شده تحت شدت نور $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ افزایش قابل توجهی نسبت به تیمار شاهد و همچنین سایر تیمارها داشتند.

عمر گلجایی

نتایج نشان داد که استفاده از نور مکمل عمر گلجایی را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش می‌دهد. کمترین عمر گلجایی (۱۸/۶ روز) مربوط به تیمار شاهد و بیشترین عمر گلجایی (۲۶/۳۳ روز) مربوط به شدت نور $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ حاصل از لامپ بخار سدیم بود و با کاهش شدت نور، عمر گلجایی نیز کاهش یافت

REFERENCES

1. Abbasnejad, R., Jabbarzadeh, R. & Razavi, M. (2017). Effect of different light intensities on some morphological and physiological characteristics of *Matthiola incana* L. *Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology)*, 30(2), 337-348. (in Farsi)
2. Amador, B. M., Yamada, S., Yamaguchi, T., Rueda-Puente, E., Avila-Serrano, N., Garcia, J. L., Lopez-Aguilar, R., Troyo-Dieguez, E. & Nieto-Garibay, A. (2007). Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 193(6), 413-421.
3. Asgari, D., Kafi, M., Naderi, R. & Rahnemaie, R. (2016). Effect of electrical conductivity of nutrient solution on growth and development of rose cut flower cv. Dolce vita in hydroponic system. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(1), 69-77. (in Farsi)
4. Barisic, N., Stojkovic, B. & Tarasjev, A. (2006). Plastic responses to light intensity and planting density in three *Lamium* species. *Plant Systematics and Evolution*, 262, 25-36.
5. Bergstrand, K. J. & Schüssler, H. K. (2012). Growth and photosynthesis of ornamental plants cultivated under different light sources. *Acta Horticulturae*, 956, 141-147.
6. Bredmose, N. (1995). High utilization ratio of supplementary light by cut roses at all times of the year. *Food and Agriculture Organization*, 60, 125-131.
7. Brown, C. S., Schurger, A. C. & Sager, J. C. (1995). Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120, 808-813.
8. Cavins, T. J. & Dole, J. M. (2001). Photoperiod, juvenility, and high intensity lighting affect flowering and cut stem qualities of *Campanula* and *Lupinus*. *HortScience*, 36(7), 1192-1196.
9. Demotes-Mainard, S., Huché-Théliér, L., Morel, P., Boumaza, R., Guérin, V. & Sakr, S. (2013). Temporary water restriction or light intensity limitation promotes branching in rose bush. *Scientia Horticulturae*, 150, 432-440.
10. Dieleman, J. A. & Meinen, E. (2007). Interacting effects of temperature integration and light intensity on growth and development of single-stemmed cut rose plants. *Scientia Horticulturae*, 113, 182-187.
11. Fan, X. X., Xu, Z. G., Liu, X. Y., Tang, C. M., Wang, L. W. & Han, X. L. (2013). Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Scientia Horticulturae*, 153, 50-55.
12. Farahi, M. H. & Zadehbagheri, M. (2017). Effect of foliar application of polyamines on growth properties, vase life and endogenous plant growth regulators contents of cut rose flower (*Rosa hybrida* cv. Dolcivita). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(4), 717-729. (in Farsi)
13. Girault, T., Abidi, F., Sigogne, M., Pelleschi-Travier, S., Boumaza, R., Sakr, S. & Leduc, N. (2010). Sugars are under light control during bud burst in *Rosa sp.* *Plant Cell and Environment*, 33, 1339-1350.
14. Girault, T., Bergougnoux, V., Combes, D., Viemont, J. D. & Leduc, N. (2008). Light controls shoot meristem organogenic activity and leaf primordia growth during bud burst in *Rosa sp.* *Plant Cell and Environment*, 31, 1534-1544.
15. Gislard, H. R., Eidsten, I. M. & Mortensen, L. M. (2003). The interaction of daily lighting period and light intensity on growth of some greenhouse plants. *Horticultural Science*, 38, 295-304.
16. Harada, T. & Komagata, T. (2014). Effects of long-day treatment using fluorescent lamps and supplemental lighting using white LEDs on the yield of cut Rose flowers. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 48(4), 443-448.
17. Hidaka, K., Dan, K., Imamura, H., Miyoshi, Y., Takayama, T., Sameshima, K., Kitano, M. & Okimura, M. (2013). Effect of supplemental lighting from different light sources on growth and yield of Strawberry. *Environmental Control in Biology*, 51(1), 41-47.
18. Hu, B. & Han, T. F. (2008). Molecular basis of stem trait formation and development in plants. *Journal of Biology*, 25, 1-13.
19. Jensen, N. B., Clausena, M. R. & Kjaer, K. H. (2018). Spectral quality of supplemental LED grow light permanently alters stomatal functioning and chilling tolerance in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Scientia Horticulturae*, 227, 38-47.
20. Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Damghani, M. M. & Abbasi, F. (2012). *Plant physiology*. Jahad Daneshgahi of Mashhad.
21. Lu, P., Cao, J., He, S., Liu, J., Li, H., Cheng, G., Ding, Y. & Joyce, D. C. (2010). Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. Movie Star flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 57, 196-202.
22. Ma, X., Wang, Y., Liu, M., Xu, J. & Xu, Z. (2015). Effects of green and red lights on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets in vitro. *Scientia Horticulturae*, 190, 104-109.

23. Maas, F. M. & Bakx, E. J. (1995). Effects of light on growth and flowering of *Rosa hybrid* 'Mercedes'. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120, 571-576.
24. Marissen, N. & Brijin La, L. (1995). Source-sink relations in cut roses during vase life. *Acta Horticulturae*, 60, 325-336.
25. Moccaldi, L. A. & Runkle, E. S. (2007). Modeling the effects of temperature and photosynthetic daily light integral on growth and flowering of *Salvia splendens* and *Tagetes patula*. *Horticultural Science*, 132(3), 283-288.
26. Pandya, H. A. & Saxena, O. P. (2003). Postharvest light intensity and temperature on carbohydrate levels and vase life of cut flowers. *Acta Horticulturae*, 624, 427-432.
27. Rezazadeh, A., Harkess, R. L. & Telmadarrehei, T. (2014). The Effect of Light Intensity and Temperature on Flowering and Morphology of Potted Red Firespike. *Horticulturae*, 4(4), 1-7.
28. Särkkä, L. (2005). *Yield, quality and vase life of cut roses in year-round greenhouse production*. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture and Forestry of the University of Helsinki, Finland.
29. Smith, H. (2000). Phytochromes and light signal perception by plants-an emerging synthesis. *Nature*, 407, 585-591.
30. Takemiya, A. Inoue, S., Doi, M. & Kinoshita, T. (2005). Phototropins promote plant growth in response to blue light in low light environments. *The Plant Cell*, 17, 1120-1127.
31. Terfa, M. T., Poudel, M. S., Roro, A. G., Gislerød, H. R., Olsen, J. E. & Torre, S. (2012). Light emitting diodes with a high proportion of blue light affects external and internal quality parameters of pot roses differently than the traditional high pressure sodium lamp. *Acta Horticulturae*, 956, 635-642.
32. Wang, Y., Guo, Q. & Jin, M (2009). Effects of light intensity on growth and photosynthetic characteristics of *Chrysanthemum morifolium*. *Horticultural Science*, 34(13), 1632-1635.
33. Wu, M., Hou, C., Jiang, C., Wang, Y., Wang, C., Chen, H. & Chang, H. (2007). A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. *Food Chemistry*, 101, 1753-1758.
34. Zhang, H., Burr, J. & Zhao, F. (2017). A comparative life cycle assessment of lighting technologies for greenhouse crop production. *Journal of Cleaner Production*, 140, 705-713.
35. Zhao, D., Hao, Z. & Tao, J. (2012). Effects of shade on plant growth and flower quality in the herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 61, 187-196.
36. Zieslin, N. & Mor, Y. (1990). Light on roses. A review. *Scientia Horticulturae*, 43, 1-14.