Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

Effect of different light sources on physiological and morphological characteristics of 'Samurai' rose

Sedighe Rezaei[1], Hossein Zarei[*2], Ali Nikbakht[3], Mohammad Reza Sabzalian[4]

1. Ph.D. Student in Horticulture and Landscape, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: s.rezai98@yahoo.com
2. Corresponding Author, Dept. of Horticulture and Landscape, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: h.zarei@gau.ac.ir
3. Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: anikbakht@cc.iut.ac.ir
4. Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: sabzalian@iut.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 03.19.2022
Revised: 05.07.2022
Accepted: 05.30.2022

Keywords:
Flower quality,
Mixed-LED,
Production,
Rose flower,
Supplemental lighting

ABSTRACT

Background and Objectives: Rose with the scientific name of *Rosa hybida* L. is one of the most important and popular ornamental flowers in the world. One of the important measures in increasing the yield and quality of greenhouse roses is to increase the light available to the plant in cloudy and low light climates. The aim of this study was to investigate the effect of light source of composite and new diodes in comparison with conventional and old metal halide and high pressure sodium light sources on morphological and physiological indices of 'Samurai' rose.

Materials and Methods: This experiment was conducted in a completely randomized design with 4 treatment groups including complementary metal halide lights, high pressure sodium and combined light emitting diodes were compared to the control (natural sunlight) in 3 replications with 4 rose bushes per replication. It was conducted in the research greenhouse of the faculty of agriculture of Isfahan university of technology and the horticulture laboratory in 2020-2021. Morphological and biochemical traits including stem length, bud diameter, fresh and dry weight of flower stem, chlorophyll and carotenoid content, carbohydrate and anthocyanin content, pure quality of cut flower yield of 'Samurai' rose were measured in this experiment.

Results: Based on the results, supplementary light treatments had a significant effect on the morphological and physiological traits of 'Samurai' rose at 1% level. Compared to the control treatment, the treatment of mixed light emitting diodes had the greatest effect on the morphological indices of bud and stem diameter; A similar result was obtained in fresh and dry weight gain of the plant; Accumulation of photosynthetic pigments also had the highest level in light treatment of composite diodes. Light emitting diodes were able to significantly increase the level of soluble carbohydrates and anthocyanin content compared to other treatments. Examining the flower quality index, it was found that light emitting diodes improved the appearance characteristics of the flower and the highest flower performance was in the light treatment of the combined diode. Among the studied treatments, the best and highest quantity and quality of cut roses were observed by the treatments of combined light emitting diodes in comparison with other complementary light treatments as well as the control treatment.

Conclusion: Considering the favorable effects of combined light emitting diode treatments on the quality characteristics and yield of 'Samurai' rose, considering higher energy efficiency, longer life and longer economic time in greenhouse crops, use composite light emitting diodes are a priority in supplementary exposure of intensive cultures. Complementary diode supplementary lights are also recommended due to their significant superiority over the control and their positive role in improving the growth and development process of the samurai rose; Complementary diode light is also recommended as an alternative to high-pressure sodium and metal halide lights.

Cite this article: Rezaei, Sedighe, Zarei, Hossein, Nikbakht, Ali, Sabzalian, Mohammad Reza. 2023. Effect of different light sources on physiological and morphological characteristics of 'Samurai' rose. *Journal of Plant Production Research*, 29 (4), 185-202.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2022.20052.2922
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

اثر منابع مختلف نور بر خصوصیات فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی گل رز رقم سامورایی

صدیقه رضایی[۱]، حسین زارعی*[۲]، علی نیکبخت[۳]، محمدرضا سبزعلیان[۴]

۱. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: s.rezai98@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: h.zarei@gau.ac.ir

۳. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: anikbakht@cc.iut.ac.ir

۴. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: sabzalian@iut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۸
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۹

واژه‌های کلیدی:
عملکرد،
کیفیت گل،
گل رز،
نور دیود ترکیبی،
نور مکمل

چکیده

سابقه و هدف: گل رز با نام علمی *Rosa hybida* L. از مهم‌ترین و پرطرفدارترین گل‌های زینتی شاخه بریده در دنیا است. یکی از اقدامات مهم در افزایش عملکرد و کیفیت گل رز گلخانه‌ای، افزایش نور در دسترس گیاه در شرایط آب و هوایی ابرناک و کم نور است، به این منظور از از نور تکمیلی در دوره پرورش گیاه استفاده می شود. این پژوهش با هدف بررسی تأثیرگذاری منبع نور دیودهای ترکیبی و جدید در مقایسه با منابع نور متداول و قدیمی متال هالید و پرفشار سدیمی بر شاخص‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک گل رز رقم سامورایی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ گروه تیماری شامل نورهای تکمیلی متال هالید، پرفشار سدیمی، دیودهای ساطع‌کننده نور ترکیبی و شاهد (نور طبیعی خورشید) در ۳ تکرار با ۴ بوته گل رز در هر تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان و آزمایشگاه باغبانی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد. صفات ریخت‌شناسی و زیست- شیمیایی شامل طول ساقه، قطر غنچه، وزن تر و خشک ساقه گل، میزان کلروفیل و کاروتنویید برگ، کربوهیدرات کل برگ و آنتوسیانین گلبرگ و کیفیت ظاهری و عملکرد گل (شاخه در مترمربع در هفته) شاخه بریده رز رقم سامورایی در این آزمایش اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: براساس نتایج به‌دست آمده، تیمارهای نور تکمیلی بر صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی گل رز رقم سامورایی در سطح ۱ درصد اثر معنی‌دار بودند. در مقایسه با تیمار شاهد، تیمار دیودهای میکس شده نوری بیش‌ترین تأثیر را بر شاخص‌های ریخت‌شناسی قطر

غنچه و ساقه گل داشت؛ نتیجه مشابه در افزایش وزن تر و خشک شاخه گل به‌دست آمد؛ هم‌چنین تجمع رنگیزه های فتوسنتزی در تیمار نوری دیودهای ترکیبی بیش‌ترین سطح را داشت. دیودهای نور رشد توانست سطح کربوهیدرات‌های محلول برگ و آنتوسانین‌های گلبرگ را به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش دهد. با بررسی شاخص کیفیت گل مشخص شد دیودهای نوری شاخص‌های خصوصیات ظاهری گل را بهبود بخشید و بالاترین میزان عملکرد گل در تیمار نوری دیود ترکیبی بود. در بین تیمارهای مورد بررسی، بهترین و بیش‌ترین کمیت و کیفیت گل رز شاخه بریده توسط تیمارهای دیودهای ساطع‌کننده نور ترکیبی در مقایسه با سایر تیمارهای نور تکمیلی و هم‌چنین تیمار شاهد مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به اثرات مطلوب تیمارهای دیودهای ساطع‌کننده نور ترکیبی بر خصوصیات کیفی و عملکرد گل رز رقم سامورایی، با در نظر گرفتن بازده انرژی بالاتر و صرفه اقتصادی در بازه زمانی طولانی‌تر در کشت‌های گلخانه‌ای، استفاده از دیودهای نور ترکیبی در نوردهی تکمیلی کشت‌های فشرده در اولویت می‌باشد. نورهای تکمیلی دیود ترکیبی نیز به دلیل برتری معنی‌دار نسبت به شاهد و نقش مثبتی که در بهبود فرآیند رشد و نمو گل رز رقم سامورایی دارند، پیشنهاد می‌گردد؛ هم‌چنین نور مکمل دیودهای ترکیبی به عنوان جایگزینی برای نورهای تکمیلی متال هالید و پرفشار سدیمی توصیه می‌گردد.

استناد: رضایی، صدیقه، زارعی، حسین، نیکبخت، علی، سبزعلیان، محمدرضا (۱۴۰۱). اثر منابع مختلف نور بـر خصوصـیات فیزیولـوژیکی و ریخت‌شناسی گل رز رقم سامورایی. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۲۹ (۴)، ۲۰۲-۱۸۵.
DOI: 10.22069/JOPP.2022.20052.2922

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

گل رز یک محصول عمده گلکاری است که به‌طور گسترده در سراسر دنیا کشت می شود. این گل از خانواده رزاسه می‌باشد و از ۱۱۵ گونه و حدود ۳۲۰۰ جنس تشکیل شده است (۱). گل رز در مقام نخست تولید گل‌های شاخه بریده قرار دارد و بیش از یک سوم تولید گل‌های شاخه بریده دنیا را به خود اختصاص داده است. کمیت و کیفیت گل رز در دوره تولید به عوامل محیطی پرورش در گلخانه وابسته است. نور، به عنوان نشانک و منبع انرژی، یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی برای رشد و نمو گیاهان است. در مقایسه با شدت نور و دوره نوری، کیفیت نور اثرات بسیار پیچیده‌تری بر ریخت‌شناسی و فیزیولوژی گیاه نشان می‌دهد (۱ و ۲). به‌طورکلی طی چند سال اخیر، پژوهش در مورد پاسخ‌های کیفیت نور در گیاهان و تغییر در منبع نوردهی تکمیلی مورد توجه بسیاری قرار گرفته است (۳). امروزه استفاده از نور تکمیلی سهم قابل‌توجهی از تولیدات کشاورزی جهان را داراست. با این حال، اطلاعات در مورد انتخاب منبع نور و چگونگی اثر روی خصوصیات ریخت زایی و مورفولوژی گیاهی هنوز کمیاب است. در مطالعات قبلی نشان داده شده است که استفاده از نور طیفی ترکیبی بر روی چندین گیاه از جمله فلفل، گندم، کاهو، سویا، کاهو، اسفناج و تربچه توانست سرعت رشد و نمو بهتر گیاه را نسبت به نورهای تک‌طیف فراهم کند (۴، ۵، ۶، ۷ و ۸). طی مطالعات اخیر مشخص شده است بهبود نور در دسترس در شرایط گلخانه‌ای و بهینه‌سازی واکنش‌های ساخت ترکیبات گیاهی در طی فتوسنتز در گیاهان پرورش یافته در محیط‌های کنترل‌شده، می‌تواند شاخص‌های رشدی و عملکرد گیاه را افزایش دهد (۹ و ۱۰) و نور تکمیلی به گونه‌ای مؤثر می‌تواند برای تقویت رشد و نمو گیاه استفاده شود (۱۱). بنابراین، روشنایی تکمیلی یک استراتژی مهم در بخش باغبانی برای بهبود رشد محصول، حفظ عملکرد بالا و تولید گیاهان با کیفیت برتر در تمام طول سال می باشد (۱۲ و ۱۳). طیف‌های خاص، پاسخ‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی مختلف را تحریک می‌کند. نور قرمز و نور آبی بیش‌ترین جذب را در بین طیف‌های نور مرئی توسط رنگدانه‌های فتوسنتزی دارا می‌باشند (۱۴، ۱۵ و ۱۶). به خوبی شناخته شده است که نور قرمز بیش‌ترین اثر را بر افزایش طول ساقه، نسبت ریشه به ساقه و میزان کلروفیل دستگاه فتوسنتزی دارد (۱، ۱۴ و ۱۵). نور آبی پس از جذب توسط فتوتروپین‌ها پاسخ‌های فیزیولوژیکی از جمله فوتوتروپیسم، اثر بر هیپوکوتیل، ازدیاد طول، انبساط برگ، باز شدن روزنه، تغییر آناتومی برگ، سنتز آنزیم، حرکات کلروپلاست و بیان ژن را به دنبال دارد (۱، ۱۵، ۱۶ و ۱۷). تغییرات طیفی روشنایی واکنش‌های فتوسنتزی و مورفوژنتیکی متفاوتی را برمی‌انگیزد که می‌تواند در میان گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت باشد (۱). در سیستم‌های تولید گلخانه‌ای پیشرفته در نیمکره شمال، روشنایی مصنوعی در فصل زمستان ضروری است (۱۸). منبع نور مکمل اعمال شده معمولاً توسط لامپ‌های تخلیه گاز فشار بالای سدیم اعمال می‌شود که دارای تابش، انتشار تشعشعات فعال فتوسنتزی و راندمان الکتریکی بالا هستند. در مواردی هم به دلیل عمر طولانی و طیف نوری خاص از لامپ‌های متال هالید استفاده می‌شود (۱، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲). در طول دهه گذشته با معرفی دیودهای ساطع‌کننده نور[1]، پیشرفت ویژه‌ای در روشنایی تکمیلی ایجاد شده است. نوردهی تکمیلی بر اساس دیودهای ساطع‌کننده نور به دلیل تولید طول موج‌های مشخص، راندمان بالا و مصرف انرژی پایین تسهیل شده است.

1- Light-emitting diodes

از آن‌جا که گل رز یکی از گل‌های شاخه بریده پرطرفدار در سراسر دنیا می‌باشد و تقاضا برای این گل رو به افزایش است، بهبود کمیت و کیفیت گل می‌تواند به بازارپسندی این گل بریده ارزشمند بیافزاید. به این منظور پژوهش حاضر در راستای بررسی تأثیر منابع مختلف نور تکمیلی بر رشد و نمو گل رز شاخه بریده رقم سامورایی در شرایط کشت بدون خاک در گلخانه، انجام شد.

مواد و روش‌ها

بوته‌های گل رز رقم سامورایی از یک گلخانه تجاری (رز ایران)، به گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان (با مشخصات جغرافیایی ۳۲ درجه شمالی و ۵۱ درجه شرقی) منتقل شدند. بوته‌های گل رز رقم سامورایی در بسترهای کشت بدون خاک که قبل از تهیه بوته‌ها آماده شده بودند، در گلخانه شیشه‌ای کاشته شد. بسترهای کشت بدون خاک شامل کوکوپیت و پرلیت به ترتیب به نسبت ۴۰ به ۶۰ درصد بود و تغذیه بوته‌های رز براساس فرمول غذایی هوگلند انجام شد. پس از استقرار بوته‌ها در فصل پاییز، تیمارهای نوری به‌مدت ۳ ماه در طی پرورش گل‌های رز طی سه ماه فصل زمستان سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ اعمال شدند. تیمارهای نوری آزمایش شامل سه محیط نور تکمیلی لامپ بخار فلزی، نور سدیمی فشار بالا و دیودهای نور ترکیبی شامل نور ترکیبی قرمز- آبی (۶۰-۴۰ درصد) برای رشد گیاه بود. لامپ‌ها حدود ۴۰ سانتی‌متر بالای بوته‌های رز نصب شدند و شدت نور روی ۱۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه تنظیم شد. نوردهی تکمیلی از ساعت ۲:۰۰ بامداد تا ۶:۰۰ صبح اعمال شد. برای جلوگیری از اثر تیمارهای نور تکمیلی بر یکدیگر علاوه بر رعایت فاصله بین تیمارها، از جداکننده‌های نوری (صفحه‌های تیره) از بالای منبع نوری تا پایین بوته‌ها در ردیف‌های بستر کشت استفاده شد. میانگین دمای هوا ۲۵ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در روز و شب تنظیم شد و رطوبت نسبی هوای گلخانه حدود ۷۵ درصد در نظر گرفته شد. میانگین شدت نور روزانه ۲۶۰ میکرومول در مترمربع بر ثانیه و انتگرال نور روزانه ۹/۳۶ مول بر مترمربع بود. تیمارهای نوری با نصب چراغ‌ها اعمال شد و تیمار شاهد با نور خورشید و بدون نوردهی مکمل در نظر گرفته شد (۱ و ۲۳).

اندازه‌گیری صفت‌های رشدی: قطر غنچه و طول ساقه گل‌ها در مرحله برداشت به‌ترتیب توسط کولیس دیجیتال و خط‌کش اندازه‌گیری شد. گل‌های سالم در مرحله تجاری برداشت گل جمع‌آوری شدند (۲۴). شاخه‌های گل بلافاصله پس از برداشت با ترازوی دیجیتالی برای تعیین وزن تازه توزین شدند. شاخه‌های گل‌دار در کوره الکتریکی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند و سپس وزن خشک با یک ترازوی دیجیتال دقیق اندازه‌گیری شد. تعداد کل گل‌های شاخه بریده پس از گل‌دهی هر هفته ثبت شد.

سنجش کلروفیل و کاروتنویید: برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل و کاروتنویید برگ، ۰/۵ گرم از پهنک برگ بوته‌های هر تیمار به همراه ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی پودر شد. نمونه حاصل با استفاده از عبور از کاغذ صافی، صاف شد. مواد باقی‌مانده دوباره برای حل شدن باقی‌مانده کلروفیل، به همراه ۱۰ میلی‌لیتر استون در هاون کوبیده شد. عصاره حاصل به‌مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد؛ سپس با استون ۸۰ درصد به حجم ۱۵ میلی‌لیتر رسانده شد؛ سپس میزان جذب نوری عصاره استخراج شده توسط اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV106A) در طول موج‌های ۶۶۱/۶ نانومتر (برای سنجش کلروفیل a)، ۶۴۴/۸ نانومتر (برای سنجش کلروفیل b) و ۴۷۰

نانومتر (برای سنجش کاروتنوئید) قرائت شد و غلظت ترکیب‌های مورد نظر با استفاده از فرمول‌های هر ماده، محاسبه شد (۲۵).

سنجش میزان کربوهیدرات کل: برای اندازه‌گیری کربوهیدرات برگ، میزان جذب نوری محلول استخراج شده برگ در طول موج ۶۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV106A) قرائت شد (۲۶). میزان کربوهیدرات در نمونه، پس از مقایسه با منحنی استانداردگلوکز برآورد شد.

سنجش میزان آنتوسیانین: برای اندازه‌گیری آنتوسیانین گلبرگ، میزان جذب نور عصاره استخراج شده از نمونه تازه گلبرگ گل در طول موج ۵۵۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV106A) اندازه‌گیری شد. مقدار آنتوسیانین پس از محاسبه براساس معادله آن، گزارش گردید (۲۷).

سنجش شاخص کیفیت گل: کیفیت گل‌ها هر هفته بعد از برداشت به صورت مقایسه‌ای از ۱ تا ۱۰ براساس استانداردهای موجود برای آن رقم، مورد سنجش قرار گرفت؛ بدین‌ترتیب کیفیت گل‌های درجه یک در رده‌بندی ۸ تا ۱۰، گل‌های درجه دو در رده‌بندی ۵ تا ۸ و گل‌های درجه سه در رده زیر ۵ قرار گرفتند. به‌صورت هفتگی در طی ده هفته بعد از میانگین‌گیری برای هر تکرار گزارش شد (۱).

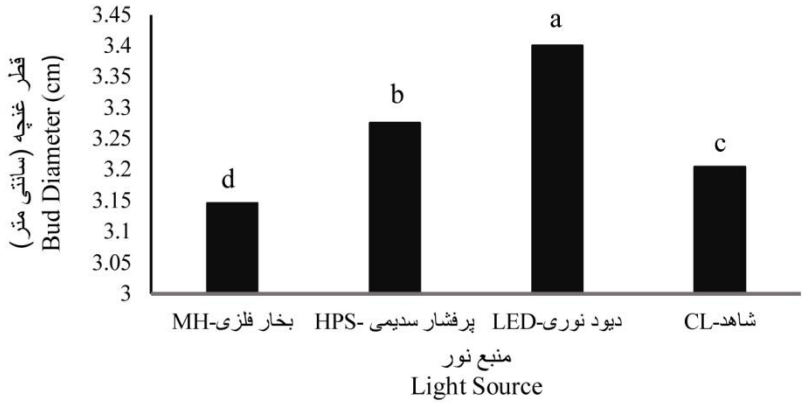
عملکرد گل: تعداد کل گل‌های شاخه بریده پس از شروع گل‌دهی طی هر هفته ثبت شد. گل‌های سالم در مرحله تجاری برداشت گل که به عنوان مرحله "نیمه باز" توصیف می‌شود، جمع‌آوری شدند؛ این مرحله زمانی است که گلبرگ‌های بیرونی در زاویه ۴۵ درجه نسبت به ساقه قرار می‌گیرند و گلبرگ‌های داخلی نسبتاً کوچک و نابالغ هستند (۱ و ۲۴).

تجزیه آماری: در این پژوهش پارامترهای مؤثر در فرایند رشد بوته‌های گل رز با چند منبع مختلف نوری بررسی شد. طرح آزمایش دارای ۴ تیمار و ۳ تکرار بود و گیاهان به‌صورت کاملاً تصادفی در بسترهای کشت مستقر شدند. در طی آزمایش سه بار اندازه‌گیری صفات در سه نوبت (ابتدا، اواسط و انتهای آزمایش با فاصله زمانی حدود یک ماه) روی هر تیمار (۱۲ عدد بوته گل رز) انجام شد. میانگین داده‌های به‌دست آمده در تجزیه و تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه داده‌های جمع‌آوری شده پس از تجزیه واریانس با آزمون حداقل معنی‌داری آماری بین تیمارها با استفاده از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل آماری SAS نسخه ۹.۰ انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل رسم شد.

نتایج و بحث

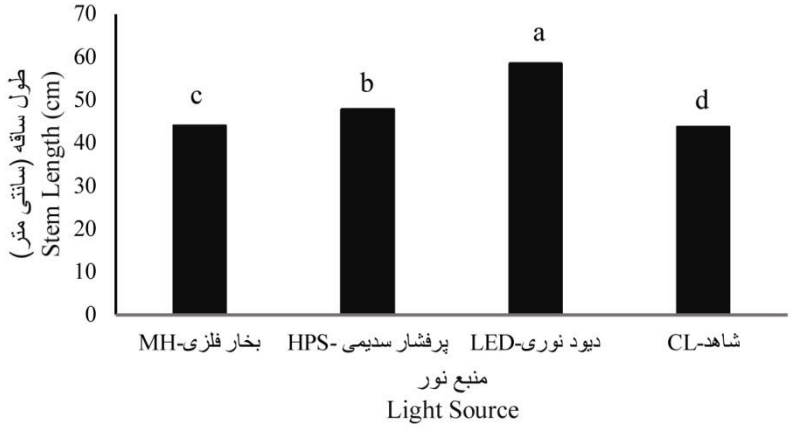
تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات رشدی گل رز رقم سامورایی نشان داد که دیودهای نوری رشد تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای نوری نشان می‌دهد (جدول ۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده، خصوصیات ریخت‌زایی این گل با استفاده از دیودهای نوری رشد به‌طور چشمگیری بهبود یافته است؛ به‌طوری‌که دیودهای نور ترکیبی افزایش معنی‌داری بر قطر غنچه و طول ساقه گل داشته است (شکل‌های ۱ و ۲). کومار و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند طول ساقه و انبساط برگ گیاهان رز پرورش یافته با تیمارهای نور پرفشار سدیمی در مقایسه با دیودهای رشد به ترتیب کوتاه‌تر و کم‌تر شده است و نتایج به دست آمده در مقایسه با دیودهای رشد ممکن است به دلیل ترکیب نور طیفی دیودهای نوری باشد (۱۵). طی پژوهش‌های قبلی مشخص شده است که نور دیود آبی، رشد میان گره‌ها و گسترش سلولی را در چندین گونه گیاهی مهار می‌کند (۲۶، ۲۸ و ۲۹). در این آزمایش نیز شاخه‌های گل رز پرورش یافته با نور بخار سدیمی که درصد بالایی از نور آبی دارد، کاهش ارتفاع شاخه گل را به همراه داشت (شکل ۲). سبزعلیان و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند نور

دیودی ترکیبی توانست خصوصیات رشدی را در تعدادی از گیاهان گلدار گلدانی در مقایسه با تیمار نور خورشید افزایش دهد (۲۳). کوری و لوپز (۲۰۱۳) خصوصیات رشدی تعدادی از گیاهان بستری را با نوردهی‌های مختلف بررسی کردند و اعلام نمودند نور ترکیبی دیودی نسبت به نوردهی با نور پرفشار سدیمی شاخص‌های رشد و نمو را در چند گونه گیاهی بهبود بخشید و گل اطلسی افزایش سطح برگ معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای نوری نشان داد (۳۰). مزیت‌های مشابهی که بر روی شاخص‌های رشد و نمو گیاهی در کشت تعدادی از محصولات گلخانه‌ای مانند گل داوودی و ارکیده توسط روشنایی تکمیلی ایجاد شده است (۱۴ و ۳۱)، با نتایج به‌دست آمده در این آزمایش هم سو می‌باشد (جدول ۱). در کشت سایر محصولات باغی هم‌چون تعدادی از گیاهان یکساله و خیار گلخانه‌ای نیز اثرات مثبت و معنی‌دار تیمار نوردهی دیودی ترکیبی گزارش شده است (۳۰، ۳۲ و ۳۳).



شکل ۱- اثر نوردهی بر قطر غنچه گل رز رقم سامورایی.

Fig. 1. The effect of lighting on the bud diameter of rose cv. 'Samurai'.



شکل ۲- اثر نوردهی بر طول ساقه گل رز رقم سامورایی.

Fig. 2. The effect of lighting on the flower stem length of rose cv. 'Samurai'.

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر منابع مختلف نور تکمیلی بر فاکتورهای ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک گل رز رقم سامورایی.

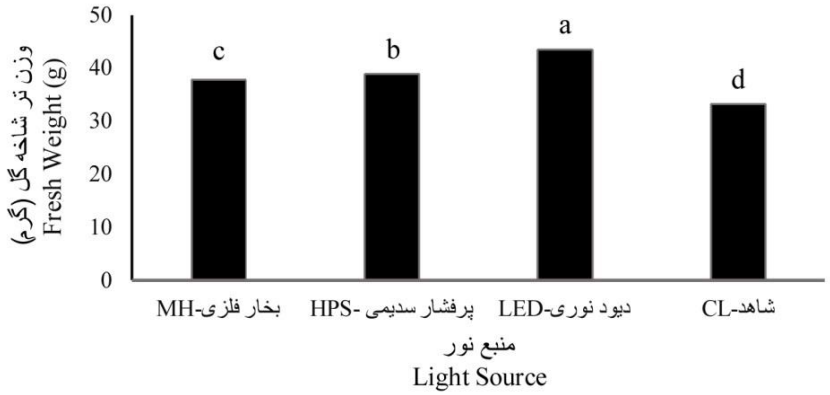
Table 1. Analysis of variance of the effect of supplemental lighting treatments on morphological and physiological traits of cut rose cv. 'Samurai'.

منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares									
		قطر گل Flower Diameter	ارتفاع ساقه Stem Length	وزن تر شاخه گل Flower Stem Fresh Weight	وزن خشک شاخه گل Flower Stem Dry Weight	کلروفیل کل برگ Chlorophyll	کاروتنویید برگ Carotenoid	کربوهیدرات کل برگ Carbohydrate	آنتوسیانین گلبرگ Anthocyanin	کیفیت گل Flower Quality	عملکرد گل Flower Production
تیمار Treatment	3	3.056**	40.113**	52.820*	6.9380*	0.912*	0.154*	176.116**	142.38*	7.605*	9.0605*
خطا Error	8	0.0965	0.0667	1.082	1.85	0.0156	1.125	1.89	5.730	1.723	34.523
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)	-	1.41	5.31	1.24	11.28	10.93	14.12	9.96	1.344	1.91	10.15

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد

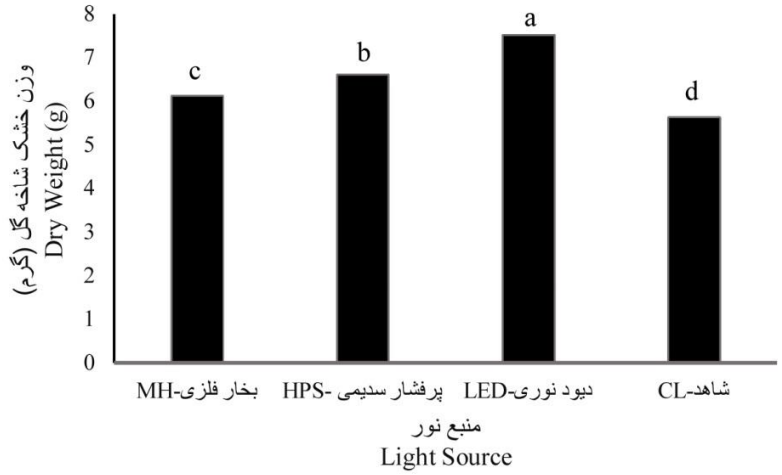
** and * respectively significant in 1% and 5%

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که منابع مختلف نوری اثر معنی‌داری بر وزن تر و خشک گل رز شاخه بریده رقم سامورایی داشته است (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر منابع نوردهی تکمیلی بیانگر آن است که بیش‌ترین میزان وزن تر ساقه گل رز مربوط به تیمار دیودهای رشد نسبت به سایر تیمارها بوده است (شکل ۳). افزایش وزن خشک گیاه در تیمار دیودهای رشد نسبت به سایر تیمارها در شکل ۴ نشان داده شده است. نتیجه این بررسی با پژوهش‌هایی که در گذشته انجام شده است مطابقت دارد. ریخت‌شناسی، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاهی در طیف نورهای مختلف، متفاوت است (۳۴). در پژوهش‌های اخیر اثر مثبت نوردهی تکمیلی با دیودهای ترکیبی در بهبود فرایند رشد و نمو، عملکرد و کیفیت محصول نشان داده شده است (۴، ۶، ۷ و ۸). ترفا و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند تیمار نوردهی دیود ترکیبی در مقایسه با نور پرفشار سدیمی توانست وزن تر و خشک برگ را در گل رز شاخه بریده افزایش دهد (۱). پژوهش‌های دیگری که به‌منظور بررسی اثر نور تکمیلی بر رشد و گلدهی گل داوودی انجام شده بود، نشان داد نور مکمل رشد توانست وزن تر و خشک نمونه‌های گیاهی را افزایش دهد (۱۴). کیفیت نور مصنوعی بر روی نمو طوقه و ساقه، تشکیل ساقه رونده و وزن تر و خشک میوه توت‌فرنگی مؤثر بوده است (۳۵). سارکا و همکاران (۲۰۱۷) اثر ترکیب پرفشار سدیمی و دیودهای رشد را بر مورفولوژی گیاه و عملکرد خیار گلخانه‌ای بررسی کرد و گزارش داد که وزن تر میوه در تیمار ترکیبی بالاترین میزان را داشت. در مقابل، راندمان استفاده از انرژی برق (کیلوگرم بازده بر ژول) زمانی که نور پرفشار سدیمی با دیودهای رشدی جایگزین شد افزایش یافت (۲۰). مارتینیو و همکاران (۲۰۱۲) توده خشک بیش‌تری از کاهو را در گیاهانی که تحت نور مکمل دیودی رشد کرده بودند نسبت به گیاهانی که تحت نور تکمیلی پرفشار سدیمی رشد کرده بودند، گزارش کردند (۳۶).



شکل ۳- اثر نوردهی بر وزن تر گل رز رقم سامورایی.

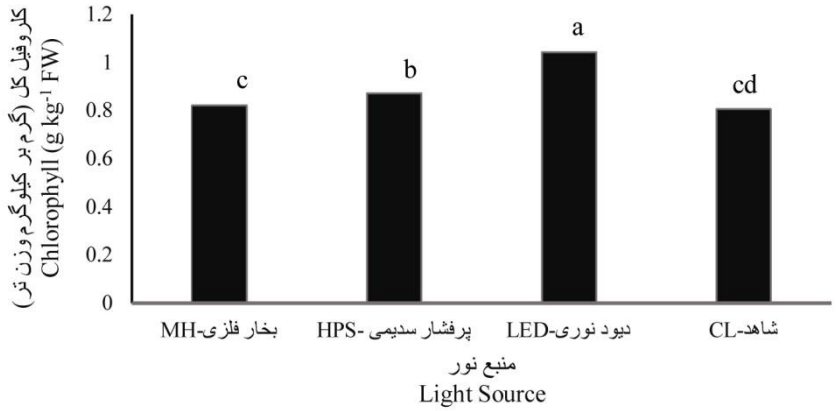
Fig. 3. The effect of lighting on the flowers' fresh weight of rose cv. 'Samurai'.



شکل ۴- اثر نوردهی بر وزن خشک شاخه گل رز رقم سامورایی.

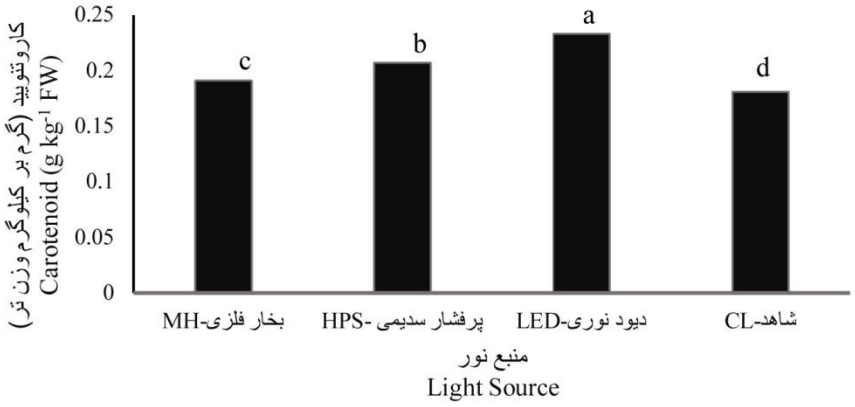
Fig. 4. The effect of lighting on the flower's dry weight of rose cv. 'Samurai'.

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثر تیمارهای مورد بررسی بر میزان کلروفیل کل و کاروتنویید در گل رز رقم سامورایی معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد تیمار دیود نوری بالاترین سطح کلروفیل و کاروتنوئید را در برگ‌های گل رز رقم سامورایی ایجاد کرده است (شکل‌های ۵ و ۶). نور با سوخت‌وساز کلروفیل ارتباط تنگاتنگی دارد. کلروفیل، پیوسته در حضور نور سنتز می‌شود و از بین می‌رود. میزان کلروفیل و کاروتنویید، به‌منظور بهبود حداکثر جذب فوتون در وضعیت‌های محیطی مختلف تغییر می‌کند (۱)؛ کلروفیل‌ها همراه با کاروتنوئیدها به‌عنوان رنگدانه‌های اصلی جمع‌آوری نور و تبدیل‌کننده انرژی در موجودات فتوسنتزکننده هستند. بر اساس پژوهش‌های انجام شده مشخص شده است که ترکیب‌های پیچیده برداشت نور نه تنها به بزرگ شدن مقاطع جذبی مراکز واکنش نوری کمک می‌کنند، بلکه در انطباق کوتاه‌مدت و بلندمدت ترکیبات و آنزیم‌های فتوسنتزی با محیط پیرامونی گیاه نیز مؤثر هستند و فرآیندهای تبدیل انرژی در پاسخ به شرایط بیرونی و درونی را تنظیم می کنند (۳۷). میزان بیش‌تر کلروفیل برگ می تواند با افزایش جذب نور، جذب بیشتر گاز دی اکسیدکربن را در پی داشته باشد و تولید کربن را افزایش دهد. مطالعات قبلی نشان داد که مکمل‌های ترکیبی دیودی توانست عملکرد فتوسنتزی کلم پینی و پنبه را با افزایش سطح کلروفیل‌های a و b افزایش دهد (۶ و ۳۸). همین مطالعه بر روی تأثیر کیفیت‌های مختلف نور دیودی بر پیش‌سازهای بیوسنتز کلروفیل در کلم نشان داد نوردهی تکمیلی افزایش بیوسنتز کلروفیل را در پی داشت (۳۸). مطالعات قبلی نشان داد رنج متعادلی از نور آبی سبب بهبود شاخص‌های فتوسنتزی در سلول‌های گیاهی گل ارکیده شد (۳۱). ترفا و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند شاخه‌های گل رز پرورش یافته زیر نور دیودی ترکیبی نسبت به نور پرفشار سدیمی کلروفیل بیش‌تری تولید کردند (۱). نتایج گزارش شده از پژوهش‌گران قبلی با نتایج به دست آمده از بررسی حاضر هم راستا می‌باشد. سارکا و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که میزان کلروفیل در خیار در نور مکمل دیودی افزایش یافته است (۲۰). هم‌چنین نور تکمیلی دیودی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه برنج را پس از جوانه‌زنی بهبود بخشید و بالاترین تجمع کلروفیل و کاروتنوئید را در مقایسه با تک‌طیف‌های نوری نشان داد (۳۹).



شکل ۵- اثر نوردهی بر میزان کلروفیل کل برگ گل رز رقم سامورایی.

Fig. 5. The effect of lighting on the total chlorophyll content of rose leaves cv. 'Samurai'.



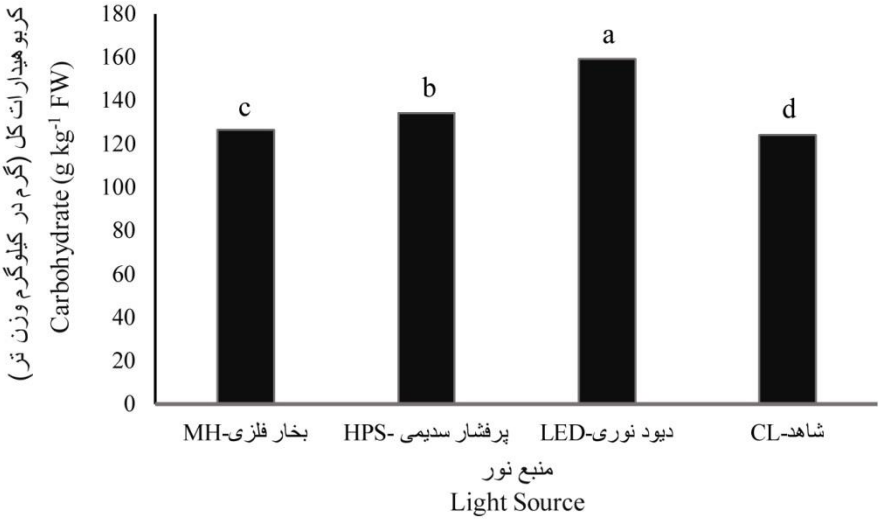
شکل ۶- اثر نوردهی بر میزان کاروتنویید برگ گل رز رقم سامورایی.

Fig. 6. The effect of lighting on the carotenoid content of rose leaves cv. 'Samurai'.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر تیمار نوری دیودی بر شاخص کربوهیدرات در رقم سامورایی گل رز معنی‌دار بوده است (جدول ۱). همان‌طور که شکل ۷ نشان می‌دهد تیمار دیودهای نور ترکیبی میزان کربوهیدرات محلول را نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارها افزایش داده است. کیفیت نور اغلب توسط طول موج فوتون‌های نوری و نسبت آن‌ها تعیین می‌شود و اغلب از نور قرمز برای افزایش طول روز استفاده می‌گردد. نور قرمز به فتوسنتز گیاه نسبت داده می‌شود و افزایش نرخ فتوسنتز منجر به افزایش تولید کربن در گیاهان می‌گردد (۱). اثر تابش بر تجمع کربوهیدرات‌ها عموماً به تأثیر نور بر میزان کلروفیل، سرعت فتوسنتز و در دسترس بودن مواد جذب شده برای رشد جوانه انتهایی و جوانه گل نسبت داده می‌شود (۲۳). به خوبی شناخته شده است که رزهای رشد یافته با دیودهای رشد، انرژی بیش‌تری را به‌سمت تجمع ماده خشک در ساقه، برگ و گل صرف می‌کنند (۱). افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در گیاه، سبب تسهیل القای گل می‌شود و از این‌رو می‌تواند با تامین انرژی لازم برای گیاه سبب بهبود سایر شاخص‌های رشد و نمو شود (۴۰ و ۴۱).

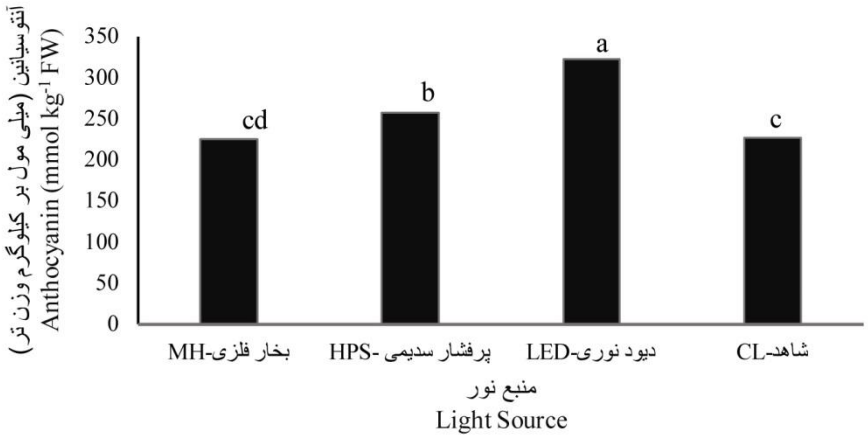
بر اساس تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده از این آزمایش، مشخص شد تیمارهای نوری تأثیر معنی‌داری بر میزان آنتوسیانین در گل رز رقم سامورایی داشته‌اند (جدول ۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها، میزان آنتوسیانین گل تحت‌تأثیر تیمار دیودهای نور ترکیبی در مقایسه با تیمارهای نوری اعمال شده و تیمار شاهد به صورت قابل‌توجهی افزایش یافته است (شکل ۸). در مطالعات قبلی نشان داده شده است که تجمع کربوهیدرات‌ها بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه مانند آنتوسیانین‌ها را افزایش می‌دهد و ترکیب ساکارز نیز به عنوان عامل تشدیدکننده در تشکیل گروه آنتوسیانین‌ها شناخته شده است (۴۲). تغییر در کمیت و کیفیت نور بر متابولیسم ترکیب‌های فنولی مانند آنتوسیانین‌ها مؤثر است. نتایج این بررسی نشان داد غلظت بالاتری از آنتوسیانین در بافت گلبرگ رزهای تیمار شده با دیودهای رشد نسبت به رزهای تیمار شده با سایر نورهای مکمل و شاهد تشکیل شد (شکل ۸).

آنتوسیانین‌ها جزء متابولیت های ثانویه ضروری در گل رز هستند. این ترکیبات نقش مهمی را به عنوان یک مولکول جایگزین برای تغییر کیفیت طیفی نور ایفا می‌کنند. همان‌طور که قبلاً گزارش شده است بیوسنتز آنتوسیانین به شدت توسط شدت نور و طول موج تنظیم می‌شود (۴۲ و ۴۳). علاوه بر این، ثابت شده است که کریپتوکروم‌ها به عنوان گیرنده‌های نور آبی در بیوسنتز آنتوسیانین‌ها نقش دارند (۴ و ۲۲). نتایج به دست آمده از بررسی‌های قبل نشان داد تیمار نوردهی تکمیلی دیودهای ترکیبی در مقایسه با نور تکمیلی پرفشار سدیمی توانست محتوای آنتوسیانین را در گل رز افزایش دهد (۱). این نتایج با پژوهش‌های سایر پژوهش‌گران روی کلم چینی و کاهو نیز هم سو بوده است (۳۶ و ۴۴). این مطالعه نشان داد که نسبت نور آبی در تیمارهای دیودهای رشدی به احتمال زیاد مؤثرتر از سایر تیمارهای نوری و شاهد برای بیوسنتز و تجمع آنتوسیانین در گل رز رقم سامورایی بوده است (شکل ۸).



شکل ۷- اثر نوردهی بر میزان کربوهیدرات کل برگ گل رز رقم سامورایی.

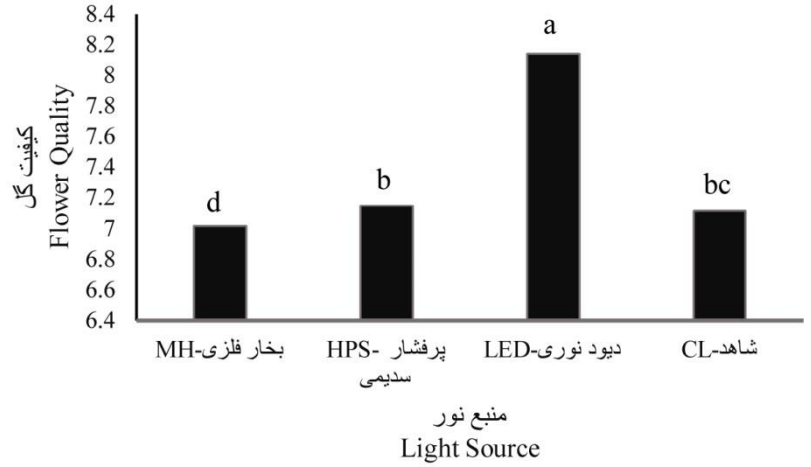
Fig. 7. The effect of lighting on the carbohydrate content of rose leaves cv. 'Samurai'.



شکل ۸- اثر نوردهی بر میزان آنتوسیانین گل رز رقم سامورایی.

Fig. 8. The effect of lighting on the anthocyanin content of rose flower cv. 'Samurai'.

با توجه به تجزیه واریانس انجام شده، مشاهده شد که منابع مختلف نور، بر کیفیت ظاهری گل رز اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده، مشخص گردید که تیمار دیودهای نوری نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارهای نور تکمیلی سبب افزایش شاخص کیفیت گل رز شاخه بریده رقم سامورایی شده است (شکل ۹). کیفیت ظاهری گل رز با بررسی هم‌زمان ویژگی‌های شاخه گل، یکنواختی و رنگ که در مقیاس مشخص شده تعیین شد، نشان داد بهترین کیفیت گل رز شاخه بریده رقم سامورایی در تیمار نوردهی تکمیلی دیود ترکیبی نسبت به بقیه تیمارها می باشد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند دیودهای ساطع‌کننده نور به‌طور قابل‌توجهی کیفیت گل تولید شده در تعدادی از گیاهان گل‌دهنده گلدانی مورد بررسی را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داده است (۲۳). همین تغییرات در سایر گونه‌های گیاهی مانند توت‌فرنگی، گل داوودی و کاهو تحت‌تأثیر نورهای دیودی ترکیبی مشاهده شد (۱۴، ۳۵، ۴۵ و ۴۶). کومار و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند افزایش طول ساقه گل و پهنک برگ گل رز به عنوان یک شاخص مهم در رتبه‌بندی کیفی این گل ارزشمند در تیمار نور دیودی ترکیبی نسبت به تیمار نور سدیمی با فشار بالا، نشان‌دهنده تأثیر مثبت این تیمار نوری بر شاخص کیفیت رز شاخه بریده در دوره پرورش است (۱۵). این بررسی اثر مهارکنندگی نور آبی بر افزایش طول سلول‌های میان‌گره ساقه و برگ را تأیید می‌کند؛ علاوه بر این، ترکیب آن با نور قرمز به احتمال زیاد اثر افزایش‌دهندگی نور قرمز در واکنش‌های فتوسنتزی گل رز را تشدید کرده است (۸). مشخص شده است نور قرمز با تأثیر بیش‌تر بر واکنش‌های فتوسنتزی، اثر به‌سزایی در فرم‌دهی و ایجاد ساختار متناسب سلولی گیاهان دارد (۲۱ و ۲۳).

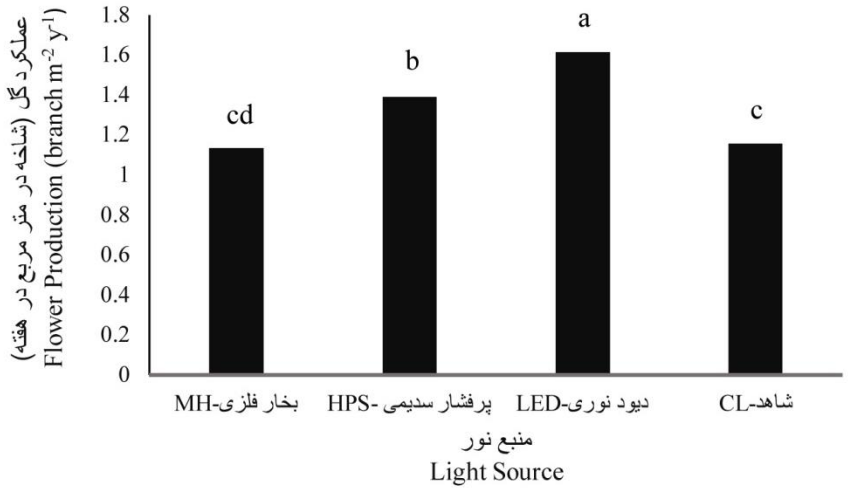


شکل ۹- اثر نوردهی بر کیفیت بصری گل رز رقم سامورایی.

Fig. 9. The effect of lighting on the visual quality of rose flower cv. 'Samurai'.

گل‌های درجه یک: امتیاز ۸ تا ۱۰، گل‌های درجه دو: امتیاز ۵ تا ۸، گل‌های درجه سه: امتیاز زیر ۵.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف نوری اعمال شده در عملکرد گل رز رقم سامورایی بود (جدول ۱). همان‌گونه که نتایج جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد، تیمار دیودهای نوری سبب افزایش عملکرد گل شاخه بریده نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارها شد (شکل ۱۰). کیفیت نور از طریق گیرنده‌های نوری روی آغازش ساقه‌ها و بسیاری دیگر از خصوصیت‌های مورفولوژی و بیوشیمیایی گیاه تأثیر می‌گذارد. گل رز یک گیاه نورپسند است و تغییر در خصوصات نوری می‌تواند آغازش شاخه‌های گل را در مرحله رشد و نمو گیاه تحت‌تأثیر قرار دهد (۴۷). فیتوکروم‌های فعال که دریافت‌کننده نور قرمز هستند، یک عامل مهم در آغازش ساقه می‌باشند (۱). این امر با پژوهش‌هایی که روی گل پامچال و گازانیا انجام شده بود، همخوانی دارد. نتایج بررسی این پژوهش‌گران نشان داد که اثربخشی تابش دیودهای نوری در تولید گیاهان پرورش داده شده در کشت طبقاتی با این نور، نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود. طی این مطالعه مشخص شد گیاهانی که در معرض دیودهای نوری قرار داشتند، زودتر به رشد کامل رسیدند؛ جوانه‌های گل بیش‌تری در هر بوته ایجاد کردند و در پایان آزمایش گل تولید شده به‌ازای هر بوته بیش‌تر بود. هم‌چنین جوانه گل گیاهان مورد بررسی تحت تابش نور دیودهای رشد، زودتر از گل‌های پرورش داده شده در شرایط شاهد، باز شدند (۱). سبزعلیان و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند نور ال ای دی ترکیبی توانست زمان تکمیل دوره رشد را در تعدادی از گیاهان گلدار گلدانی در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دهد. آن‌ها هم‌چنین اعلام کردند نور تکمیلی دیودی سبب افزایش تعداد غنچه گل شد و عملکرد تولید محصول را در این گیاهان افزایش داد (۲۳). پژوهش‌های دیگری نشان داد نور ترکیبی دیودی عملکرد را در گیاهانی مانند خیار افزایش داد (۳۲). در مطالعه حاضر نیز استفاده از منابع نوری دیودهای ترکیبی تأثیر بیش‌تری بر تولید گل‌های بازارپسند و مرغوب داشت و عملکرد تولید گل شاخه بریده رز را افزایش داد (شکل ۹).



شکل ۱۰- اثر نوردهی بر عملکرد گل رز رقم سامورایی.

Fig. 10. The effect of lighting on the flower production of rose cv. 'Samurai'.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش بیانگر حساسیت بالای صفات رویشی و فیزیولوژیکی گل رز رقم سامورایی نسبت به تغییر کیفیت نوردهی تکمیلی بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این بررسی، مشخص شد با تغییر منبع نور مکمل و در نتیجه تغییر کیفیت نور در دسترس گیاه، صفات رشدی و گلدهی این گل روند متفاوتی از خود نشان می‌دهد. بهترین شاخص‌های ریخت‌شناسی و فرایندهای درونی گیاه در تیمار نوری دیودهای ترکیبی مشاهده شد. به طوری که تیمار نور تکمیلی دیودهای رشد سبب افزایش معنی‌دار شاخص‌های کمی و کیفی گل رز در مقایسه با سایر تیمارهای نوری بخار فلزی و پرفشار سدیمی و همین‌طور تیمار شاهد شد. از آن‌جا که نور به عنوان یکی از عوامل مهم و مؤثر در رشد گیاهان نور دوست مانند گل رز می باشد و با توجه به تأثیر مثبت و معنی‌داری که این منبع نوری نسبت به سایر منابع نور تکمیلی بررسی شده و تیمار شاهد بر رشد رویشی، میزان ترکیبات بیوشیمیایی و عملکرد این گیاه داشته است، منبع دیود نوری برای پرورش گل رز شاخه بریده رقم سامورایی توصیه می‌گردد، ضمن این‌که دیودهای رشد در طی دوره‌های طولانی‌تر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر از متال هالید و پرفشار سدیمی هستند.

منابع

1.Terfa, M.T., Solhaug, K.A., Gislerød, H.R., Olsen, J.E. and Torre, S. 2013. A high proportion of blue light increases the photosynthesis capacity and leaf formation rate of *Rosa hybrida* but does not affect time to flower opening. Physiol. Plant. 148: 1. 146-159.

2.Pazourek, J. 1970. The Effect of light intensity on stomatal frequency in leaves of *Iris hollandica* hort. vats. Wedgwood. Biol. Plant. 12: 208-215.

3.Uddin, A.F., Hashimoto, M.J., Kaketani, M., Shimizu, K. and Sakata, Y. 2001. Analysis of light and sucrose potencies on petal coloration and pigmentation of lisianthus cultivars (*in virto*). Sci. Hort. 89: 73-82.

4.Briggs, W.R. and Huala, E. 1999. Blue-light photoreceptors in higher plants. Annu. Rev. Cell Dev. Biol. 15: 33-62.

5.Brown, C., Shuerger, A.C. and Sager, J.C. 1995. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. J. Am. Soc. Hort. Sci. 120: 808-813.
6.Li, H., Xu, Z. and Tang, C. 2010. Effect of light-emitting diodes on growth and morphogenesis of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plantlets in vitro. Plant Cell Tiss Organ Cult. 103: 155-163.
7.Li, Q. and Kubota, C. 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. Environ. Exp. Bot. 67: 59-64.
8.Massa, G.D., Kim, H.H., Wheeler, R.M. and Mitchell, C.A. 2008. Plant productivity in response to LED lighting. Hort. Sci. 43: 1951-1955.
9.Farquhar, G.D. and Sharkey, T.D. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. Annu. Rev. Plant Physiol. 33: 317-345.
10.Morison, J.I.L. 1987. Intercelluar CO_2 concentration and stomatal response to CO_2. In: Zeiger E Farquhar GD Cowan IR eds. Stomatal function. Stanford University Press. pp. 229-252.
11.Miskin, E. and Rasmusson, D.C. 1970. Frequency and distribution of stomata in barley. Crop. Sci. 5: 575-578.
12.Neales, T.F. 1970. Effect of ambient carbon dioxide concentration on the rate of transpiration of *Agave americana* in the dark. Nature. 228: 880-882.
13.Nishida, K. 1963. Studies on stomatal movement of crassulaceae plants in relation to the acid metabolism. Physiol. Plant. 16: 281-298.
14.Kim, S.J., Hahn, E.J., Heo, J.W. and Paek, K.Y. 2004 b. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets in vitro. Sci. Hort. 101: 1-2. 143-151.
15.Kumar, M., Singh, V.P., Arora, A. and Singh, N. 2014. The role of abscisic acid (ABA) in ethylene insensitive Gladiolus (*Gladiolus grandiflora* Hort.) flower senescence. Acta Physiol. Plant. 36: 151-159.
16.Folta, K.M., Lieg, E.J., Durham, T. and Spalding, E.P. 2003. Primary inhibition of hypocotyl growth and phototropism depend differently on phototropin-mediated increases in cytoplasmic calcium induced by blue light. Plant Physiol. 133: 1464-1470.
17.Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hashida, S.N. and Yoshihara, T. 2010. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. HortSci. 45: 12. 1809-1814.
18.Masarovi, E. and Tefancik, X. 1990. Some ecophysiological features in sun and shade leaves of tall beech trees. Biol. Plant. 35: 374-387.
19.Romero-Aranda, R. and Canto-Gara, R. 1994. Distribution and density of stomata in two cultivars of *Gerbera jamesonii* and its relation to leaf conductance. Sci. Hort. 58: 167-173.
20.Särkkä, L.E., Jokinen, K., Ottosen, C.O. and Kaukoranta, T. 2017. Effects of HPS and LED lighting on cucumber leaf photosynthesis, light quality penetration and temperature in the canopy, plant morphology and yield. Agric. Food Sci. 26: 2. 102-110.
21.Taiz, L. and Zieger, E. 2002. Plant Physiology, Ed 5. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
22.Stutte, G.W. 2009. Light-emitting diodes for manipulating the phytochrome apparatus. HortSci. 44: 231-234.
23.Sabzalian, M.R., Heydarizadeh, P., Zahedi, M., Boroomand, A., Agharokh, M., Sahba, M.R. and Schoefs, B. 2014. High performance of vegetables, flowers and medicinal plants in a red-blue LED incubator for indoor plant production. Agron. Sustain. Dev. 34: 4. 879-886.
24.Nichols, R. and Ho, L.C. 1975. Effects of ethylene and sucrose on translocation of dry matter and 14C-sucrose in the cut flower of the glasshouse carnation (*Dianthus caryophyllus*) during senescence. Ann. Bot. 39: 287-296.
25.Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Method. Enzymol. 148: 350-382.
26.Hedge, J.E. and Hofreiter, B.T. 1962. Estimation of carbohydrate. Methods in carbohydrate chemistry. Academic Press, New York, pp. 17-22.
27.Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanins in protoplast. Plant Physiol. 64: 88-93.

28.Appelgren, M. 2003. Effects of light quality on stem elongation of Pelargonium in vitro. Sci. Hort. 45: 345-351.
29.Dougher, T.A. and Bugbee, B.G. 2004. Long-term blue light effects on the histology of lettuce and soybean leaves and stems. J. Am. Soc. Hort. Sci. 129: 467-472.
30.Currey, C.J. and Lopez, R.G. 2013. Cuttings of Impatiens, Pelargonium, and Petunia propagated under light-emitting diodes and high-pressure sodium lamps have comparable growth, morphology, gas exchange, and post-transplant performance. HortSci. 48: 428-434.
31.Talbott, L.D., Zhu, J., Hon, S.W. and Zeiger, E. 2002. Phytochrome and blue light-mediated stomatal opening in the orchid, Paphiopedilum. Plant Cell Physiol. 43: 639-646.
32.Hovi-Pekkanen, T. and Tahvone, R., 2008. Effects of interlighting on yield and external fruit quality in year-round cultivated cucumber. Sci. Hort. 116: 2. 152-161.
33.Pettersen, R.I., Torre, S. and Gislerod, H.R. 2010. Effect of intra-canopy lighting on photosynthetic characteristic in cucumber. Sci. Hort. 125: 77-81.
34.Raschke, K. and Dittrich, P. 1977. [14C] Carbondioxide fixation by isolated epidermes with stomata dosed or open. Planta. 134: 69-75.
35.Nhut, D.T., Takamura, T., Watanabe, H., Okamoto, K. and Tanaka, M. 2003. Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under super bright red and blue light-emitting diodes (LEDs). Plant Cell, Tiss Organ Cult. 73: 1. 43-52.
36.Martineau, V., Lefsrud, M. and Nanzin, M.T. 2012. Comparison of light-emitting diode and high pressure sodium light treatments for hydroponics growth of Boston lettuce. HortSci. 47: 477-482.
37.Lokstein, H., Renger, G. and Götze, J.P. 2021. Photosynthetic Light-Harvesting (Antenna) Complexes-Structures and Functions. Molecules, 26: 11. 3378.
38.Fan, X., Zang, J., Xu, Z., Guo, S., Jiao, X., Liu, X. and Gao, Y. 2013. Effects of different light quality on growth, chlorophyll concentration and chlorophyll biosynthesis precursors of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). Acta Physiol. Plant. 35: 9. 2721-2726.
39.Lan-Lan, Y., Chang-mei1, S., Lin-jing, S., Li-li, L., Zhi-gang, X. and Can-ming, T. 2020. Effects of light-emitting diodes on tissue culture plantlets and seedlings of rice (*Oryza sativa* L.). J. Integrat. Agric. 19: 7. 1743-1754.
40.Lejeune, P., Bernier, G., Requier, M. and Kinet, J. 1993. Sucrose increase during floral induction in the phloem sap collected at the apical part of the shoot of the long-day plant *Sinapis alba* L. Planta. 190: 71-74.
41.Corbesier, L., Bernier, G. and P´erilleux, C. 2002. C: N Ratio increases in the phloem sap during floral transition of the long-day plants *Sinapis alba* and *Arabidopsis thaliana*. Plant Cell Physiol. 43: 684-688.
42.Solfanelli, C., Poggi, A., Loreti, E., Alpi, A. and Perata, P. 2006. Sucrose-specific induction of the anthocyanin biosynthetic pathway in Arabidopsis. Plant Physiol. 140: 637-646.
43.Cominelli, E., Gusmaroli, G., Allegra, D., Galbiati, M., Wade, H.K., Jenkins, G.I. and Tonelli, C. 2008. Expression analysis of anthocyanin regulatory genes in response to different light qualities in *Arabidopsis thaliana*. J. Plant Physiol. 165: 886-894.
44.Li, H., Tang, C., Xu, Z., Liu, X., and Han, X. 2012. Effects of different light sources on the growth of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). J. Agric. Sci. 4, 262–273.
45.Kim, H.H., Goins, G.D., Wheeler, R.M. and Sager, J.C. 2004. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red and blue-light-emitting diodes. HortSci. 39: 1617-1622.
46.Kim, J.S., Lee, B.H., Kim, S.H., Oh, K.H. and Cho, K.Y. 2006. Responses to environmental and chemical signals for anthocyanin biosynthesis in non-chlorophyllous corn (*Zea mays* L.) leaf. J. Plant Biol. 49: 16-15.
47.Mor, Y., Halevy, A.H. and Porath, D. 1980. Characterization of the light reaction in promoting the mobilizing ability of rose shoot tips. Plant Physiol. 66: 996-1000.