Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

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

Biochemical characteristics, yield and quality of 'Jumilia' rose grown under different light sources in the greenhouse condition

Sedigheh Rezai[1], Hossein Zarei[*2], Ali Nikbakht[3], Mohammad Reza Sabzalian[4]

1. Dept. of 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, Associate Prof., 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. Associate Prof., Dept. of Horticultural Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: anikbakht@cc.iut.ac.ir
4. Dept. of Agronomy and Plant Breeding, College 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: 06.15.2022
Revised: 07.09.2022
Accepted: 09.28.2022

Keywords:
Combined light-emitting diode,
Quality,
Quantity,
Rose flower,
Supplementary lighting

ABSTRACT

Background and Objectives: Rose is one of the most well-known cut flowers all over the world and high quality cut Roses production of with high efficiency in commercial greenhouses is very important. Rose flower is a light-loving plant among ornamental flowers, and providing adequate light during the cultivation period is one of the important measures in increasing the yield and quality of greenhouse roses, in low light and cloudy days. Increasing the light available to roses in greenhouse cultivation is done by using supplementary light sources. During the last few years, the use of new supplementary lights as an alternative to old light sources in improving the growth and development conditions of ornamental plants has received much attention. For this purpose, the present study was conducted with the aim of investigating the effect of supplementary light source on the morphological and physiological indicators of 'Jumilia' rose.

Materials and Methods: This experiment was conducted in the form of a completely randomized design with four light treatment groups including metal vapor supplementary lights, sodium high pressure, combined light emitting diodes and control (natural sunlight without supplementary exposure) in three replications and each replication includes four plants. The rose was performed. The experiment was carried out in the specialized rose greenhouse located in the research greenhouse of the Faculty of Agriculture of Isfahan University of Technology in 1399-1400. New supplementary lights, including combined light emitting diode (LED), were compared to conventional and old light sources such as metal halide (MH) and high-pressure sodium (HPS) to determine the optimal supplementary light source for the production of 'Jumilia' cut roses by hydroponic method, and natural sunlight during the cold season was used as The witness was considered.In this research, morphological and physiological traits including bud length, flower stem diameter, calyx diameter, number of leaves at the time of flowering, number of flowers, amount of leaf chlorophylls a and b, relative leaf water content, leaf protein and leaf chlorophyll fluorescence 'Jumilia' rose was measured.

Results: Based on the obtained results, the effect of supplementary light treatments on the morphogenesis, morphological and physiological traits of

‘Jumilia’ cut roses were significant. Compared to the control treatment, the treatment of combined light diodes had the greatest effect on the indicators of bud length, diameter of flower stalk and diameter of calyx; A similar result was obtained in increasing the number of leaves and the number of flower branches. Also, the accumulation of leaf photosynthetic pigments, including chlorophylls, showed the greatest increase in light treatment with combined diodes. Growth light diodes were able to increase the relative water content of leaves significantly compared to other treatments. The amount of protein measured in rose leaf tissue treated with combined light diodes was higher than other treatments. By examining the chlorophyll fluorescence index, it was found that light diodes provided more suitable growing conditions for the growth of rose bushes. Among the investigated treatments, the highest quantity and quality of ‘Jumilia’ cut roses were created by combined light emitting diode treatments compared to other supplementary light treatments as well as the control treatment.

Conclusion: Considering the favorable effects of combined light-emittingdiode treatments on the quantitative and qualitative characteristics of ‘Jumilia’ rose and considering the higher energy efficiency and economic efficiency in a longer period of time in greenhouse cultivation, the use of combined light diodes in lighting Supplementation of intensive crops is a priority. Combined light-emitting diode supplementary lightings are recommended due to their significant superiority over the control and their positive role in improving the growth and development of ‘Jumilia’ roses; Also, the complementary light of combined light-emitting diodes is recommended as an alternative to the complementary lights of metal vapor and high pressure sodium.

Cite this article: Rezai, Sedigheh, Zarei, Hossein, Nikbakht, Ali, Sabzalian, Mohammad Reza. 2023. Biochemical characteristics, yield and quality of ‘Jumilia’ rose grown under different light sources in the greenhouse condition. *Journal of Plant Production Research*, 30 (3), 1-19.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2022.20328.2944
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

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

ویژگی‌های بیوشیمیایی، عملکرد و کیفیت گل رز شاخه بریده رقم جوملیا رشدیافته تحت منابع نوری مختلف در گلخانه

صدیقه رضایی[۱]، حسین زارعی*[۲]، علی نیکبخت[۳]، محمدرضا سبزعلیان[٤]

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

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

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

٤. 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: ۱٤۰۱/۰۳/۲۵
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰٤/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۷/۰٦

واژه‌های کلیدی:
کمیت،
کیفیت،
گل رز،
نوردهی تکمیلی،
نور دیود ترکیبی

چکیده

سابقه و هدف: گل رز یکی از شناخته‌شده‌ترین گل‌های زینتی شاخه بریده در سراسر دنیا می‌باشد و تولید گل رز شاخه بریده مرغوب با راندمان بالا در گلخانه‌های تجاری اهمیت زیادی دارد. این گل یک گیاه نورپسند در میان گل‌های زینتی می‌باشد و تأمین نور مناسب در دوره پرورش یکی از اقدامات مهم در افزایش عملکرد و کیفیت گل رز گلخانه‌ای، در روزهای کم‌نور و ابرناک است. افزایش نور در دسترس گل رز در کشت‌های گلخانه‌ای با استفاده از منابع نور تکمیلی انجام می‌شود. طی چند سال اخیر کاربرد نورهای تکمیلی جدید به عنوان جایگزین منابع نور قدیمی در بهبود شرایط رشد و نمو گیاهان زینتی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. به این منظور پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر منبع نور مکمل بر شاخص‌های ریخت‌زایی و فیزیولوژیک گل رز رقم جوملیا صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار گروه تیمار نوری شامل نورهای تکمیلی بخار فلزی، پرفشار سدیمی، دیودهای ساطع‌کننده نور ترکیبی و شاهد (نور طبیعی خورشید بدون نوردهی تکمیلی) در سه تکرار و هر تکرار شامل چهار بوته گل رز اجرا شد. آزمایش در گلخانه تخصصی گل رز واقع در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱٤۰۰-۱۳۹۹ انجام شد. نورهای تکمیلی جدید شامل نور دیود ترکیبی در مقایسه با منابع نور متداول و قدیمی مانند بخار فلزی و پرفشار سدیمی برای تعیین منبع نور مکمل بهینه برای تولید گل رز شاخه بریده رقم جوملیا به روش هیدروپونیک در طی فصل سرد استفاده شد و نور طبیعی خورشید به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در این پژوهش صفات

ریخت‌زایی و فیزیولوژیک شامل طول غنچه، قطر ساقه گل، قطر کاسه گل، تعداد برگ در زمان گلدهی، تعداد گل، میزان کلروفیل‌های a و b برگ، محتوای نسبی آب برگ، پروتئین برگ و کلروفیل فلورسنس برگ گل رز رقم جوملیا اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: براساس نتایج به‌دست آمده، اثر تیمارهای نور تکمیلی بر صفات ریخت‌زایی و فیزیولوژیکی گل رز شاخه بریده رقم جوملیا معنی‌دار بودند. در مقایسه با تیمار شاهد، تیمار دیودهای نوری ترکیبی بیش‌ترین تأثیر را بر شاخص‌های طول غنچه، قطر ساقه گل و قطرکاسه گل داشت؛ نتیجه مشابه در افزایش تعداد برگ و تعداد شاخه گل به‌دست آمد. هم‌چنین تجمع رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ شامل کلروفیل‌ها در تیمار نوری دیودهای ترکیبی بیش‌ترین افزایش را نشان داد. دیودهای نوری رشد توانست محتوای نسبی آب برگ را به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش دهد. میزان پروتئین اندازه‌گیری‌شده در بافت برگ گل رز تیمار شده با نور دیودهای ترکیبی نسبت به دیگر تیمارها بالاتر بود. با بررسی شاخص کلروفیل فلورسنس مشخص شد دیودهای نوری شرایط رشدی مناسب‌تری برای رشد بوته‌های گل رز فراهم کردند. در بین تیمارهای مورد بررسی بالاترین کمیت و کیفیت گل رز شاخه بریده رقم جوملیا توسط تیمارهای دیودهای ساطع‌کننده نور ترکیبی در مقایسه با سایر تیمارهای نور تکمیلی و هم‌چنین تیمار شاهد ایجاد شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به اثرات مطلوب تیمارهای دیودی نور ترکیبی بر خصوصیات کمی و کیفی گل رز رقم جوملیا و 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 به دلیل برتری معنی‌دار نسبت به شاهد و نقش مثبتی که در بهبود فرآیند رشد و نمو گل رز رقم جوملیا دارند، پیشنهاد می‌گردد؛ هم‌چنین نور مکمل دیودهای ترکیبی به عنوان جایگزینی برای نورهای تکمیلی بخار فلزی و پرفشار سدیمی توصیه می‌گردد.

استناد: رضایی، صدیقه، زارعی، حسین، نیکبخت، علی، سبزعلیان، محمدرضا (۱۴۰۲). ویژگی‌های بیوشیمیایی، عملکرد و کیفیت گل رز شاخه بریده رقم جوملیا رشدیافته تحت منابع نوری مختلف در گلخانه. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۰ (۳)، ۱۹-۱.
DOI: 10.22069/JOPP.2022.20328.2944

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

گل رز *Rosa hybrida* از خانواده رزاسه و متشکل از ۳۲۰۰ جنس و ۱۱۵ گونه می‌باشد (۱). این گل در مقام نخست تولید گل‌های شاخه بریده دنیا قرار دارد و بیش از یک سوم تولید گل‌های شاخه بریده را به خود اختصاص داده است. گل رز بیش‌ترین ارزش تجاری در بین گل‌های شاخه بریده را از آن خود کرده است. کمیت و کیفیت این گل در دوره تولید به عوامل محیطی پرورش در گلخانه وابسته است و نور از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت و گلدهی رز است (۲). نور همراه با دما، از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر بیوسنتز و تجمع رنگیزه‌های گیاهی محسوب می‌شوند. بسته به جنس و گونه گیاهی، افزایش شدت نور و در دسترس بودن طیف‌های مؤثر در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه سبب افزایش تجمع رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود. وجود نور با متابولیسم کلروفیل ارتباط تنگاتنگی دارد (۳) و کلروفیل پیوسته در حضور نور سنتز می‌شود و از بین می‌رود. میزان کلروفیل به منظور بهبود حداکثر جذب فوتون در وضعیت‌های محیطی مختلف تغییر می‌کند (٤). در گیاهان در شرایط تنش نوری، تغییراتی در متابولیسم ترکیبات ساختاری و رنگیزه‌ها به منظور تحمل و ماندگاری در وضعیت جدید رخ می‌دهد. در بافت‌های فتوسنتزی، کاروتنوئیدها عامل محافظتی به‌شمار می‌روند و از اکسید شدن مولکول‌های کلروفیل (اکسیداسیون نوری) در حضور نور و اکسیژن جلوگیری می‌کنند (۵).

کمیت و کیفیت نور در کشت‌های فشرده مانند کشت‌های گلخانه‌ای طی فصل‌های سرد و ابرناک سال تغییر می‌کند؛ هم‌چنین نور در دسترس گیاه ممکن است توسط مواد مات‌کننده پوشش، ساختار داخلی سازه گلخانه و سبدهای آویزان که بالای نیمکت‌ها آویزان شده‌اند، کاهش یابد. نور تکمیلی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی نور مورد نیاز برای واکنش‌های حیاتی گیاه را در زمان‌هایی که نور طبیعی به اندازه کافی وجود ندارد یا دستخوش تغییرات می‌شود، افزایش دهد (۲ و ٤). طی بررسی‌های قبلی مشخص شده است فراهم کردن نور مؤثر در فرایندهای رشد و نمو گیاه و بهینه‌سازی فرایند تولید ترکیبات فتوسنتزی در گیاهان پرورش‌یافته در محیط‌های کنترل شده، کیفیت و عملکرد گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (٦) و نور تکمیلی به گونه‌ای مؤثر می‌تواند برای تقویت رشد و نمو گیاه استفاده شود (۷ و ۸). بنابراین، نور تکمیلی یک استراتژی مهم در بخش باغبانی برای بهبود رشد محصول، حفظ عملکرد بالا و تولید گیاهان با کیفیت برتر در تمام طول سال می‌باشد (٦).

در استفاده از نورهای تکمیلی لازم به توضیح است که خصوصیات ریخت‌زایی و فیزیولوژیکی گیاهی در طیف‌های نوری مختلف، متفاوت است (۳). طی چند سال گذشته، تغییر در منبع نور تکمیلی به عامل کلیدی تغییر در طیف‌های نوری مؤثر در رشد و نمو گیاهان در کشت‌های فشرده تبدیل شده است. لامپ‌های بخار فلزی و پرفشار سدیمی، دو منبع نور تکمیلی پرکاربرد هستند که به‌دلیل عمر طولانی، طیف نور مناسب و قیمت پایین معمولاً در تولید محصولات باغبانی در گلخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند (۹، ۱۰ و ۱۱). در سال‌های اخیر دیودهای ساطع‌کننده نور[1] توجه گسترده‌ای را در بخش نوردهی تکمیلی گلخانه‌ای به خود جلب کرده‌اند، زیرا این منابع نوری باند طول موج مشخصی را با راندمان بالا و مصرف انرژی پایین ارائه می‌دهند (۸). با این حال، اطلاعات در مورد انتخاب منبع نور و چگونگی اثر بر ویژگی‌های ریخت‌زایی و فیزیولوژیکی گیاهی در حال افزایش است. در مطالعات قبلی نشان داده شده است که استفاده از نور دیودی ترکیبی بر چندین گیاه از

1- LED (Light Emitting-Diode)

جمله لیلیوم (۱۲)، میخک (۱۳)، آنتوریوم (۱٤) و رز (۹) سرعت رشد و نمو بهتر این گیاهان را نسبت به سایر نورها فراهم می‌کند. هم‌چنین طول موج نور آبی با فعال کردن سیستم کریپتوکروم‌ها و افزایش جذب طیف‌های نوری توسط کلروفیل و کاروتنوئیدها مؤثر بود و توانست فرایند رشد وکارایی فرایند فتوسنتز را افزایش دهد (۱۵ و ۱٦).

از آنجا که گل رز شاخه بریده یک محصول مهم گلکاری است که به‌طور گسترده در سراسر دنیا و هم‌چنین ایران کشت می‌شود و تقاضا از سوی طرفداران ارقام مختلف این گل همواره رو به افزایش است، بهبود کمیت و کیفیت گل می‌تواند به بازارپسندی این گل بریده ارزشمند بیافزاید. این مطالعه به‌منظور تعیین منبع نور مکمل بهینه برای تولید گل رز شاخه بریده رقم جوملیا در شرایط کشت بدون خاک در گلخانه، مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

بوته‌های گل رز رقم جوملیا مورد استفاده در این مطالعه از یک گلخانه تجاری (رز ایران) تهیه شد. بوته‌های رز در گلخانه اختصاصی پرورش گل رز با مساحت ۳۰۰ مترمربع در مجموعه گلخانه‌ای پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان (با مشخصات جغرافیایی ۳۲ درجه شمالی و ۵۱ درجه شرقی) در طول فصل زمستان کشت و پروش داده شدند (۱٤۰۰-۱۳۹۹). پس از استقرار پایه‌های فلزی نگهدارنده بستر کشت که به ارتفاع یک متر از سطح زمین قرار داشتند، بسترهای کشت بدون خاک با کوکوپیت و پرلیت به نسبت حجمی ٤۰ به ٦۰ پرشد. گل‌های رز رقم جوملیا با یک شاخه فرعی، یک برگ مرکب جوان و بدون گل به بسترهای کاشت منتقل شد. تغذیه بوته‌های رز بر اساس فرمول غذایی هوگلند انجام شد. پس از استقرار گیاهان به مدت یک ماه، تیمارهای نوری اعمال شد. تیمارهای نوری آزمایش شامل سه محیط نور تکمیلی شامل لامپ بخار فلزی، نور سدیمی با فشار بالا و دیودهای نور ترکیبی با نور قرمز- آبی به نسبت ٦۰ درصد به ٤۰ درصد برای رشد گیاه بود. تیمارهای نوری با نصب چراغ‌ها اعمال شد و تیمار شاهد بدون هیچ نوردهی تکمیلی به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. چراغ‌ها به فاصله ٤۰ سانتی‌متر بالای بستر کشت قرار گرفتند و شدت نور روی ۱۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه تنظیم شد. نوردهی تکمیلی از ساعت ۲:۰۰ بامداد تا ٦:۰۰ صبح اعمال شد. برای جلوگیری از اثر تیمارهای نوری بر یکدیگر فاصله‌گزاری بین تیمارها رعایت شد و از صفحه‌های تیره جداکننده نور نیز در بین ردیف‌های بستر کشت استفاده شد. متوسط رطوبت نسبی هوای گلخانه حدود ۷۵ درصد حفظ شد و میانگین دمای هوا به ترتیب در روز و شب حدود ۲۵ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. میانگین انتگرال نور روزانه ۹/۳٦ مول بر مترمربع و میانگین شدت نور روزانه ۲٦۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بود (۲ و ٤).

اندازه‌گیری صفت‌های رشدی: قطر ساقه، طول غنچه و قطر کاسه گل‌ها در مرحله برداشت توسط کولیس دیجیتال و خط‌کش اندازه‌گیری شد. گل‌های سالم در مرحله غنچه نیمه باز جمع‌آوری شدند (۲ و ٤). تعداد برگ‌های هر بوته در هر تیمار در زمان گلدهی شمارش شد (۲). تعداد شاخه‌های گل در زمان برداشت ثبت شد و میانگین تعداد کل گل شاخه‌بریده پس از گل‌دهی در پایان هر هفته محاسبه شد.

سنجش میزان کلروفیل: برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ، ۰/۵ گرم از پهنک برگ بوته‌های هر تیمار به همراه ۵ میلی لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد. نمونه حاصل با عبور از کاغذ صافی

واتمن، صاف شد. مواد باقیمانده دوباره برای حل شدن باقیمانده کلروفیل، به همراه ۱۰ میلی‌لیتر استون در هاون ساییده شد. عصاره حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفیوژ با سرعت ٤۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد؛ سپس با استون ۸۰ درصد به حجم ۱۵ میلی‌لیتر رسانده شد و در نهایت میزان جذب نوری عصاره استخراج شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV106A) در طول موج‌های ٦٦۱/٦ نانومتر (برای سنجش کلروفیل a) ٦٤٤/۸ نانومتر (برای سنجش کلروفیل b) قرائت شد و غلظت ترکیب‌های مورد نظر با استفاده از فرمول‌های هر ماده، محاسبه شد. میزان کلروفیل a/b نیز بر اساس نسبت کلروفیل a به b گزارش شد (۱۷).

سنجش محتوای نسبی آب برگ: چهار تا پنج قطعه از برگ تازه به قطر ۱ سانتی‌متر برش داده شد و وزن آن اندازه‌گیری شد (FW)؛ سپس نمونه‌ها در پتری‌دیش همراه مقداری آب به مدت ٤ ساعت در ژرمیناتور (PIDPT100) در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از آن مجدداً نمونه‌ها وزن شدند (TW)؛ در انتها نمونه‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و دوباره وزن گردید (DW)؛ محتوای نسبی آب برگ (RWC) محاسبه شد (۱۸).

سنجش میزان پروتئین: برای اندازه‌گیری میزان پروتئین برگ، ۱۰۰ میلی‌گرم کوماسی بلوجی در ۵۰ میلی‌لیتر متانول (۹۵ درصد) حل شد. محلول به ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۸۵ درصد اضافه شد و با آب مقطر تا ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رقیق شد. پنج میلی‌گرم آلبومین سرم گاوی در ۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم (۵۰ میلی‌مولار) (pH=۷) حل شد. منحنی استاندارد با غلظت‌های مختلف مناسب محلول آلبومین سرم گاوی (BSA)[1] ساخته شد. جذب نمونه‌ها پس از ۵ دقیقه به روش اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد (۱۹).

سنجش کلروفیل فلورسانس: برای اندازه‌گیری شاخص فلورسانس کلروفیل از دستگاه فلورمتر با توانایی اندازه‌گیری فلورسانس در دو حالت روشنایی و تاریکی، استفاده شد. مقدار انتشار اشعه فلورسانس برگ توسط دستگاه Hansatech Instuments LTD RS232 انجام شد. بدین‌منظور دومین برگ بالغ و سالم از قسمت بالای گیاه انتخاب شد و عدد دستگاه قرائت گردید؛ سپس میانگین میزان کلروفیل نسبی بوته‌های هر تیمار محاسبه شد (۲۰).

آنالیز آماری: در این پژوهش ویژگی‌های مؤثر در فرایند رشد بوته‌های گل رز با منابع مختلف نوردهی مکمل بررسی شد. طرح آزمایشی دارای ٤ تیمار و ۳ تکرار بود و هر تکرار شامل چهار بوته گل رز بود. گیاهان به صورت کاملاً تصادفی در بسترهای کشت مستقر شدند. اندازه‌گیری صفات در طی آزمایش سه بار به فاصله حدود یک ماه انجام شد و میانگین داده‌های به دست آمده در تجزیه و تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه داده‌های جمع‌آوری شده پس از آنالیز واریانس با آزمون حداقل معنی‌داری آماری بین تیمارها با استفاده از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل آماری SAS نسخه ۹ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان داد صفت‌های ریخت‌زایی گل رز رقم جوملیا با استفاده از دیودهای نوری رشد به‌طور چشمگیری بهبود یافته‌اند (جدول ۱)؛ به طوری که دیودهای نور ترکیبی افزایش معنی‌داری بر طول غنچه (شکل ۱)، قطر شاخه گل (شکل ۲) و قطر کاسه گل (شکل ۳) داشته است.

1- Bovine Serum Albumin

بیش‌ترین مقدار طول غنچه و قطر شاخه و کاسه گل مربوط به تیمار دیود نوری بود، در حالی‌که کم‌ترین مقدار طول غنچه و قطر شاخه در تیمار بخار فلزی و کم‌ترین مقدار قطر کاسه گل در تیمار شاهد ایجاد شد. طی پژوهش‌های گذشته مشخص شده است که نور تک طیف دیودی آبی رشد میانگره‌ها و گسترش سلولی را در چندین گونه گیاهی مهار می‌کند (۲۱، ۲۲ و ۲۳). نتایج به دست آمده از این بررسی با نتایج کومار و همکاران (۲۰۱٤) هم راستا است؛ این پژوهش‌گران گزارش کردند طول ساقه کوتاه‌تر و انبساط برگ کاهش یافته گیاهان رز پرورش داده شده با تیمارهای نور پرفشار سدیمی در مقایسه با دیودهای نوری ممکن است به دلیل ترکیب نور طیفی دیودی باشد (۲٤).

نور یکی از عوامل محیطی مؤثر در پاسخ‌های ریخت‌زایی مرتبط با شکل و آناتومی گیاهان (۲۵) و فعالیت‌های فتوسنتزی (۲٦) است. پاسخ ریخت‌زایی گیاه به نور مانند فعالیت مریستم، تمایز اندام‌ها و رشد از طریق فعالیت‌های ژنتیکی کنترل می‌شود. بسیاری از گیاهان گل‌دهنده از فیتوکروم برای تنظیم زمان گل‌دهی و توازن شبانه‌روزی از طریق طول شب و روز (دوره تناوب نوری)، استفاده می‌کنند. فیتوکروم یک گیرنده نور است که در برگ‌های بیش‌تر گیاهان یافت می‌شود و گیاهان از این ترکیب رنگی برای شناسایی نور استفاده می‌کنند (۲۷). فیتوکروم در طیف نور مرئی، حساس به نور قرمز و قرمز دور است (۳). یکی از مهم‌ترین این سیگنال‌های نوری، پاسخ به میزان نسبت نور قرمز به نور قرمز دور می‌باشد که این میزان در نور حاصل از منابع نوری با طیف آبی مانند بخار فلزی بسیار کم می‌باشد (۲۸) یا در تک طیف نور دیودی آبی وجود ندارد (۲۹). فیتوکروم پاسخ‌های دیگری شامل جوانه‌زنی دانه، کشیدگی جوانه، اندازه، شکل و تعداد برگ و سنتز کلروفیل را تنظیم می‌کند (۳).

یکی دیگر از گیرنده‌های نوری کریپتوکروم‌ها هستند که شناسایی جنبه‌های عملکردی آن‌ها در گیاهان در حال گسترش است (۲۷). کریپتوکروم‌ها دسته‌ای از فلاوپروتئین‌ها هستند که به نور آبی حساس هستند. کریپتوکروم‌ها در ریتم ساعت شبانه‌روزی بیولوژی گیاهان و احتمالاً در سنجش میدان‌های مغناطیسی در برخی از گونه‌ها نقش دارند (۳). در بررسی‌های انجام شده گزارش شده است که فیتوکروم‌های فعال که ناشی از حضور نور قرمز می‌باشند، می‌توانند یک پیش‌نیاز تقویت‌کننده برای پاسخ‌های تنظیم‌کننده حاصل از کریپتوکروم‌ها در حضور نور آبی در گیاه باشند (۳۰). آلسانیوس و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند استفاده ترکیبی از نور دیودی قرمز و آبی با ۱٦ ساعت روشنایی و شدت ۷۰۰۰ لوکس باعث افزایش ارتفاع گیاه و قطر ساقه گل آفتابگردان شده است (۲۱). هم‌چنین مشخص شده است نور قرمز به تنهایی سبب افزایش طول ساقه شده است، در صورتی که نور آبی از کشیدگی ساقه شمعدانی جلوگیری کرد (۲۲). این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش‌های هو و همکاران (۲۰۰۳) بر روی سیکلمن ایرانی (۱۵) و نیز فوکودا و همکاران (۲۰۰۹) که بر روی اطلسی انجام شده است همخوانی دارد (۳۱).

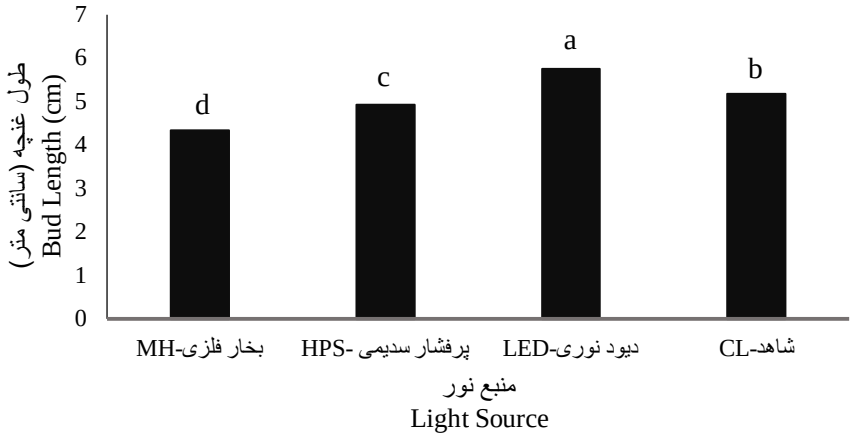
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر منابع مختلف نور تکمیلی بر فاکتورهای ریخت‌زایی و فیزیولوژیک گل رز رقم جوملیا.

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

منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات Mean squares										
		ارتفاع غنچه گل Flower Length (cm)	قطر شاخه گل Stem Diameter (cm)	قطر کاسه گل Calyx Diameter (cm)	تعداد برگ در گیاه در زمان گلدهی Number of Leaves per Plant at Flowering	تعداد گل Flower Number (branch m^{-2} $week^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a (g kg^{-1} FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (g kg^{-1} FW)	کلروفیل a/b Chlorophyll a/b	محتوای نسبی آب Relative Water Content (%)	پروتئین برگ Leaf Protein (mg g^{-1} FW)	کلروفیل فلورسنس Florescence Chlorophyll
تیمار Treatment	3	0.696*	0.027*	0.149*	9.938*	1748.12*	0.1912*	0.054*	0.3516*	5.47*	39.38*	0.0005*
خطا Error	8	0.135	0.0004	0.0042	0.75	1714.56	0.00006	0.00005	0.0004	2.460	2.230	0.00003
ضریب تغییرات Coefficient of variation	-	7.21	8.41	5.94	13.18	11.83	9.13	10.21	8.16	4.44	3.85	2.31

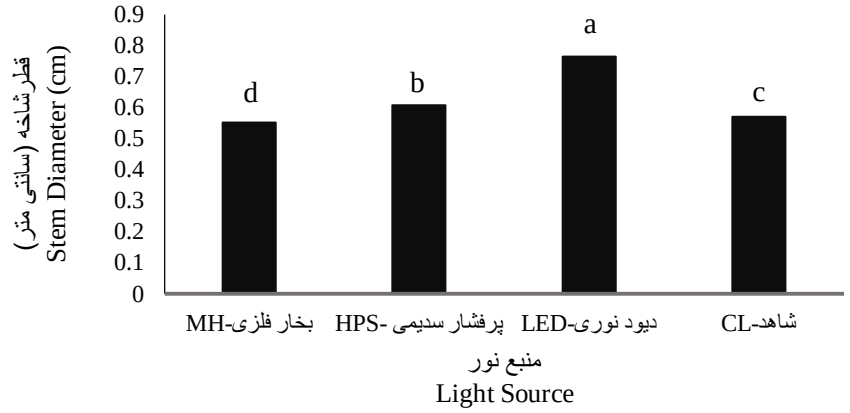
** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد

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



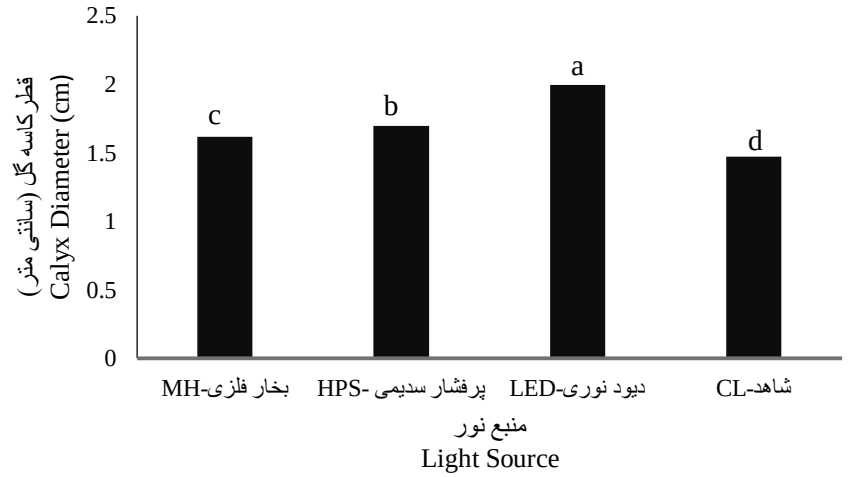
شکل ۱- اثر منبع نور بر طول غنچه گل رز رقم جوملیا.

Fig. 1. The effect of light source on the bud length of rose flower cv. 'Jumilia'.



شکل ۲- اثر منبع نور بر قطر شاخه گل رز رقم جوملیا.

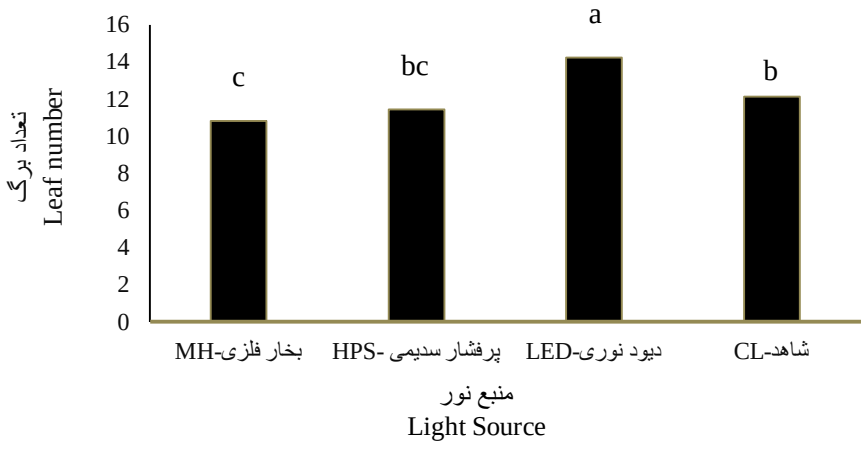
Fig. 2. The effect of light source on the stem diameter of rose flower cv. 'Jumilia'.



شکل ۳- اثر منبع نور بر قطر کاسه گل رز رقم جوملیا.

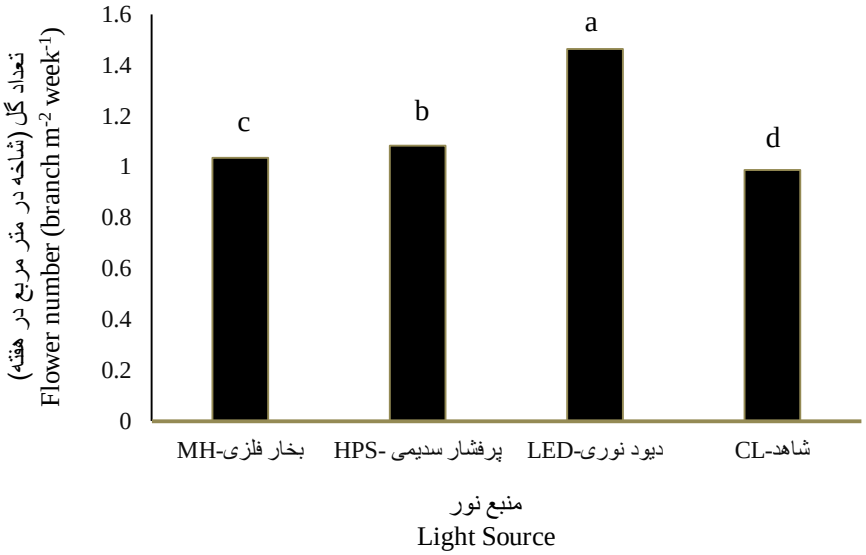
Fig. 3. The effect of light source on the calyx diameter of rose flower cv. 'Jumilia'.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار از نظر عملکرد گل رز رقم جوملیا بین تیمارهای مختلف نوری اعمال شده بود (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر منابع نوردهی تکمیلی بیانگر آن است که بیش‌ترین تعداد برگ در مرحله گلدهی و همین‌طور بیش‌ترین تعداد گل مربوط به تیمار دیودهای رشد و کم‌ترین تعداد برگ و گل در تیمار شاهد ایجاد شده است (شکل‌های ٤ و ٥). این روند با نتایج آزمایش سبزعلیان و همکاران (٢٠١٤) نیز همخوانی دارد. نتایج بررسی این پژوهش‌گران نشان دادکه اثربخشی تابش دیودهای نوری در تولید تعدادی از گل‌های گلدار در بستر 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. همین‌طور جوانه‌های گل‌های گلدانی تحت تابش نور دیودهای رشدی در محفظه‌های رشد زودتر از گلدان‌های پرورش داده شده در گلخانه با نور طبیعی، باز شدند (٤). افزایش میزان حضور نور و تنظیم کیفیت نور در دسترس برای فرایندهای سوخت‌وساز می‌تواند منجر به بهبود خصوصیات رشد رویشی و زایشی مانند افزایش برگ و گل در گیاهان شود (٣). در این پژوهش نیز تیمارهای نوری باعث افزایش در تعداد غنچه و گل برداشت شده بوده است. هیو و همکاران (٢٠٠٣) گزارش کردند که تاباندن نور قرمز- آبی به نسبت ۱:۱ با ۱۲ ساعت روشنایی و شدت نور ۵۵۰۰ لوکس در گیاه سیکلمن می‌تواند تعداد جوانه گل را نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارهای تک طیف نوری افزایش دهد (١٥). کیفیت نور از طریق گیرنده‌های نوری بر روی آغازش ساقه و بسیاری دیگر از خصوصیات ریخت‌زایی و بیوشیمیایی گیاه تأثیر می‌گذارد. گزارشی نشان داده است که فیتوکروم‌های فعال که دریافت‌کننده نور قرمز می‌باشند، عاملی مهم در آغازش ساقه هستند؛ هم‌چنین مشخص شده است که نور قرمز در چراغ‌های دیودی باعث افزایش باززایی شاخه‌ها می‌شود (٤). نتیجه به‌دست آمده از پژوهش حاضر با پژوهش‌های لوپز و رانکل (٢٠٠٨) بر روی گل حنا و اطلسی (٦) و نیز پژوهش‌های او و همکاران (٢٠١٠) بر روی گل بنفشه مطابقت دارد (٤).



شکل ٤- اثر منبع نور بر تعداد برگ در گیاه در زمان گلدهی گل رز رقم جوملیا.

Fig. 4. The effect of light source on the number of leaves per plant at flowering of rose flower cv. 'Jumilia'.



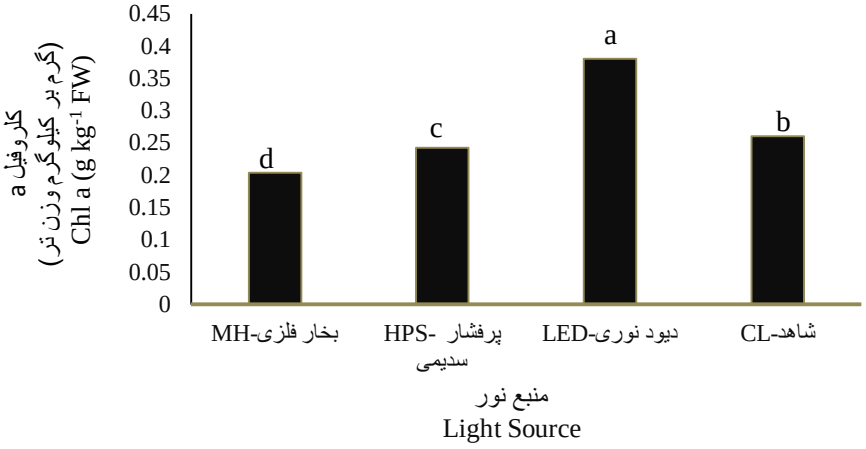
شکل ۵- اثر منبع نور بر تعداد گل رز رقم جوملیا.

Fig. 5. The effect of light source on the flower number of rose flower cv. 'Jumilia'.

داده‌های به دست آمده از این بررسی نشان داد که میزان کلروفیل‌های a و b در گل رز رقم جوملیا تحت تیمارهای نوری دیودی در مقایسه با سایر تیمارها و شاهد افزایش یافته است (جدول ۱). بیش‌ترین مقدار کلروفیل a و b در برگ، در تیمار دیود نوری و کم‌ترین مقدار برای کلروفیل a در تیمار بخار فلزی و برای کلروفیل b در تیمار بخار فلزی و شاهد بوده است (شکل‌های ٦ و ۷). افزایش میزان کلروفیل می‌تواند جذب نور را افزایش دهد و با جذب بیش‌تر گاز دی‌اکسیدکربن برای تولید کربن (۳۲)، اثر مستقیم و مثبتی در فعالیت‌های سوخت‌وسازی گیاه دارد. کلروفیل‌ها (همراه با کاروتنوئیدها) به‌عنوان رنگدانه‌های اصلی جمع‌آوری‌کننده نور و تبدیل‌کننده انرژی در موجودات فتوسنتزکننده هستند، افزایش کمپلکس‌های برداشت نور نه تنها به بیش‌تر کردن سطح جذبی مراکز واکنش‌های فتوسنتزی کمک می‌کنند، بلکه در انطباق کوتاه و بلندمدت دستگاه فتوسنتزی و تنظیم فرآیندهای تبدیل انرژی در پاسخ به شرایط بیرونی و درونی در گیاه بسیار مهم هستند (۳۳). مطالعات نشان داد که نسبت متعادلی از نور آبی در حین رشد، سبب بهبود شاخص‌های فتوسنتزی در سلول‌های گیاهی گل ارکیده شد (۳٤). ترفا و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند شاخه‌های گل رز پرورش یافته با نور دیودی ترکیبی، کلروفیل بیش‌تری نسبت به گیاهان پرورش‌یافته با نور پرفشارسدیمی تولید کردند (۲). همین مطالعه بر روی تأثیر کیفیت‌های مختلف نور دیودی بر پیش‌سازهای بیوسنتز کلروفیل کلم چینی نشان داد که نوردهی ترکیبی باعث افزایش بیوسنتز کلروفیل می‌شود (۳۵). سارکا و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که محتوای کلروفیل برگ خیار در نور مکمل دیودی افزایش یافت (۱۰). نتایج گزارش شده از مطالعات قبلی که نشان می‌دهد مکمل‌های دیودی ترکیبی عملکرد فتوسنتزی گیاه را با غنی‌سازی محتوای کلروفیل a و b افزایش می‌دهند (۱٤ و ۱۷) با نتایج به دست آمده از بررسی حاضر هم راستا می‌باشد (شکل‌های ٦ و ۷).

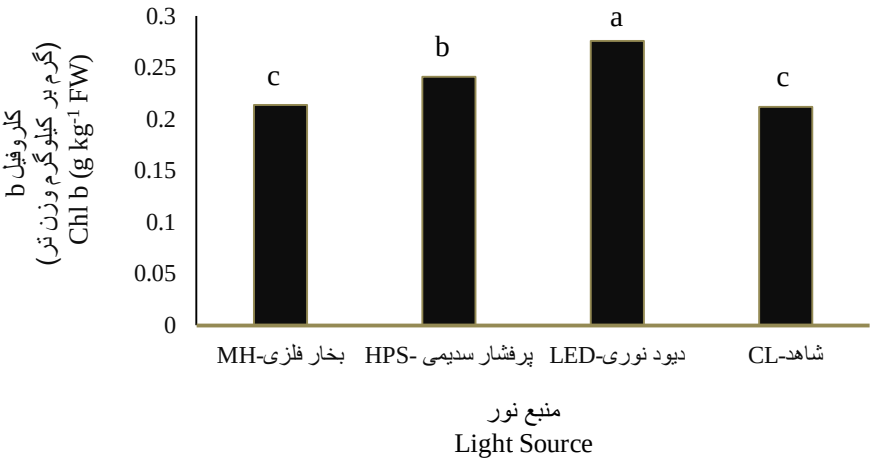
بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار نسبت کلروفیل a/b نیز به ترتیب در تیمار دیود نوری و تیمار شاهد اتفاق افتاده است (شکل ۸). نسبت کلروفیل a/b بالاتری در

برگ‌های رشد یافته با نور دیودی در مقایسه با لامپ پرفشار سدیمی در گل رز یافت شد (۲). نسبت بالاتر کلروفیل a/b به تأثیر نور آبی در ترکیب نور دیودی بر بیوسنتز کلروفیل نسبت داده می شود. نشان داده شده است گیاهان رشد یافته با نور مکمل آبی بالاترین نسبت کلروفیل a/b را داشتند نسبت به گیاهانی که در معرض نور فلورسنت آبی کم‌تر قرار داشتند، نشان داد. نسبت کلروفیل a/b بالاتر نشان‌دهنده وجود دستگاه فتوسنتزی با سازگاری بیش‌تر با نور است. دستگاه فتوسنتزی با کلروفیل b کم‌تر، حاوی آنتن‌های برداشت نور بیش‌تر و در نتیجه ظرفیت بالاتر برای انتقال الکترون و آنزیم‌های چرخه کالوین بیش‌تر بر پایه یک کلروفیل است. بهبود شرایط دستگاه فتوسنتزی سبب افزایش نرخ فتوسنتز بر اساس کلروفیل خواهد شد (۲). نتایج به دست آمده از بررسی‌های قبلی با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر (شکل ۸) مطابقت دارد.



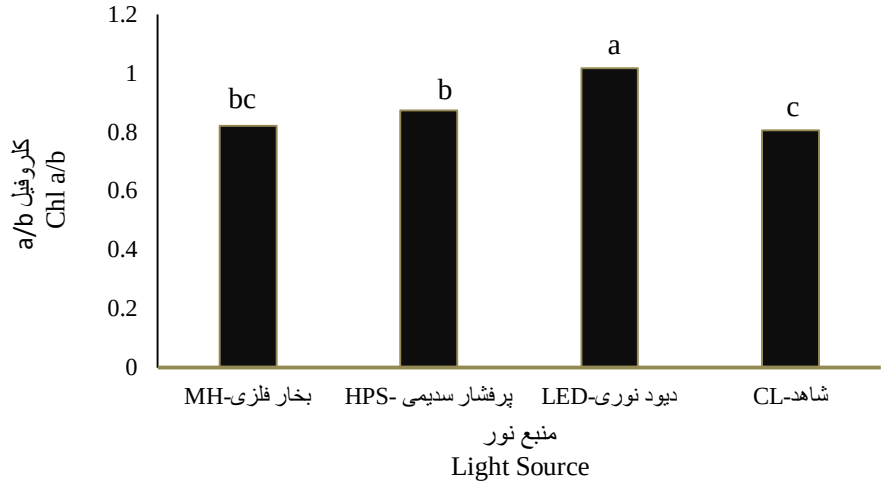
شکل ٦- اثر منبع نور بر میزان کلروفیل a گل رز رقم جوملیا.

Fig. 6. The effect of light source on the chlorophyll a content of rose flower cv. 'Jumilia'.



شکل ۷- اثر منبع نور بر میزان کلروفیل b گل رز رقم جوملیا.

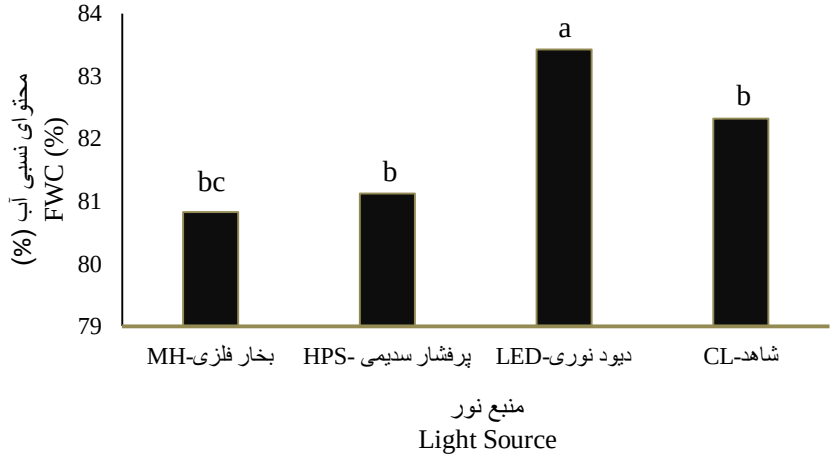
Fig. 7. The effect of light source on the chlorophyll b content of rose flower cv. 'Jumilia'.



شکل ۸- اثر منبع نور بر میزان نسبت کلروفیل a/b گل رز رقم جوملیا.

Fig. 8. The effect of light source on the chlorophyll a/b content of rose flower cv. 'Jumilia'.

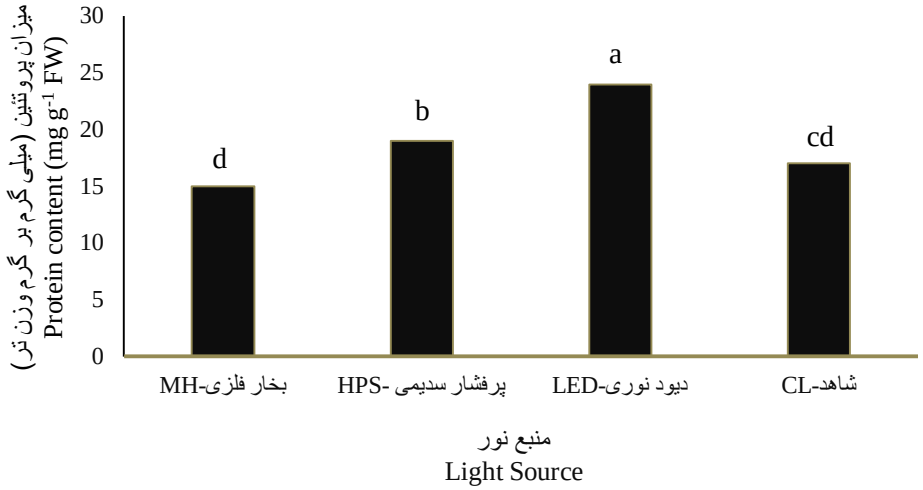
نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که تیمار دیودهای نور ترکیبی محتوای نسبی آب برگ گل رز رقم جوملیا را نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارها افزایش داده است. بر اساس داده‌های به دست آمده، بیش‌ترین میزان محتوای نسبی آب مربوط به تیمار دیود نوری و کم‌ترین آن در تیمار بخار فلزی حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار پرفشار سدیمی و تیمار شاهد نداشت (شکل ۹). ترفا و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی انجام شده روی گل رز مشاهده کردند که نور دیودی می‌تواند به‌طور مؤثری محتوای آب برگ را در مقایسه با تیمار پرفشار سدیمی افزایش دهد (۸). نورهای تکمیلی در مرحله رشد گیاهان می‌توانند با کمک به ذخیره‌سازی کربوهیدرات، محتوای نسبی آب را افزایش دهند (۳۶). آرو و همکاران (۲۰۱٤) اعلام کردند نور دیودی ترکیبی با میزان مناسبی از نور آبی می‌تواند تعادل آبی گل رز را در مقایسه با تیمار نور پرفشار سدیمی، بهبود بخشد (۳۷). نتایج مشابهی نیز توسط ها و همکاران (۲۰۲۰) در بهبود محتوای نسبی آب روی گل رز به دست آمد (۹) که با نتایج به دست آمده از این بررسی مطابق می‌باشد (شکل ۹).



شکل ۹- اثر منبع نور بر محتوای نسبی آب گل رز رقم جوملیا.

Fig. 9. The effect of light source on the flower water content of rose flower cv. 'Jumilia'.

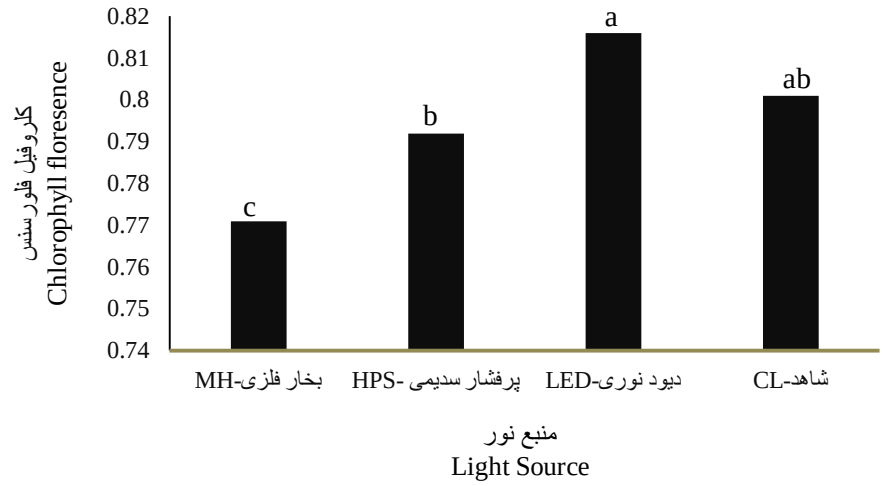
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای مختلف منبع نوری اثر معنی‌داری بر میزان پروتئین گل رز شاخه بریده رقم جوملیا داشته است (جدول ۱). همان‌گونه که نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان می‌دهد، تیمار دیودهای نوری سبب افزایش مقدار پروتئین استخراج شده از برگ گل شاخه بریده رز نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارها شده است (شکل ۱۰). کم‌ترین مقدار پروتئین در تیمار بخار فلزی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. افزایش ساخت پروتئین سبب بهبود شاخص‌های کیفی و کمی در گیاه می‌شود (۳). با افزایش سنتز پروتئین‌های جدید و کاهش تجزیه پروتئین‌های قبلی، شاخص‌های مؤثر در فرایندهای فیزیولوژیک گیاه افزایش می‌یابد. یکی از اثرات ایجاد شده در پی وجود میزان مناسب از ترکیبات پروتئینی در گیاه، بقای دیواره سلولی است (۳۹). در مطالعات قبلی نشان داده شده است که در میخک (۳۸)، گلایول (۲٤) و رز (۱) افزایش فعالیت پپتیتازها به دلایل مختلف سبب کاهش میزان پروتئین می‌شود. اثر تابش بر میزان پروتئین گیاه عموماً به تأثیر نور بر محتوای کلروفیل، سرعت فتوسنتز و در دسترس بودن مواد جذب‌شده برای رشد جوانه گل از جمله کربوهیدرات نسبت داده می‌شود. به خوبی شناخته شده است که رزهای رشدیافته با دیودهای رشد، انرژی بیش‌تری را به سمت توزیع تجمع ماده خشک در ساقه، برگ و گل تقسیم می‌کنند (۲). افزایش بیش‌تر تجمع کربوهیدرات‌ها، بهبود روند ساخت پروتئین را در پی دارد و در نتیجه القای گل را تسهیل می‌کند (۱، ۲ و ٤۰). از آنجا که نور از عوامل مهم سنتز متابولیت‌های اولیه و ثانویه در گیاه است (۳)، بنابراین به نظر می‌رسد تیمار نور دیودی ترکیبی با به تأخیر انداختن شکستن پروتئین‌های قبلی و احتمالاً افزایش سرعت سنتز پروتئین‌های جدید در سلول می‌تواند بهبود شاخص‌های ریخت‌زایی و فیزیولوژیکی گل رز را به همراه داشته باشد.



شکل ۱۰- اثر منبع نور بر میزان پروتئین برگ گل رز رقم جوملیا.

Fig. 10. The effect of light source on the leaf protein content of rose flower cv. 'Jumilia'.

با توجه به تجزیه داده‌ها، مشاهده شد که منابع مختلف نور، بر شاخص کلروفیل فلورسنس گل رز اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده مشخص گردید تیمار دیودهای نوری ترکیبی نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارهای نور تکمیلی سبب افزایش شاخص کلروفیل فلورسنس گل رز شاخه بریده رقم جوملیا شده است. این در حالی است که تفاوت میزان کلروفیل فلورسنس با تیمار شاهد معنی‌دار نبود اما تفاوت معنی‌داری بین تیمار دیودی با سایر تیمارهای نوری مشاهده شد. کم‌ترین مقدار کلروفیل فلورسنس در تیمار بخار فلزی و پس از آن تیمار نور پرفشار سدیمی مشاهده شد (شکل ۱۱). طی بررسی‌های انجام شده در آزمایش‌های قبلی تأیید می‌شود تغییر در کیفیت نور به طور مؤثر و مثبت سطح انرژی را در مراکز واکنش نوری تنظیم می‌کند (۵). با افزایش شاخص کلروفیل فلورسنس، بازده کوانتومی انتقال الکترون افزایش خواهد یافت و در نتیجه گیاه به حداکثر بازده فتوسنتزی در چرخه فتوسنتز نزدیک می‌شود. افزایش شاخص کلروفیل فلورسنس می‌تواند به فعال شدن مراکز واکنش نوری کمک کند و نسبت بیش‌تری از انرژی جذب شده در فتوسیستم بر روی زنجیره انتقال الکترون منتقل شود (۲). نتایج بررسی بیات و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که گل رز پرورش داده شده با دیودهای نور ترکیبی، گیاهان را قادر می‌سازد تا دستگاه فتوسنتز با آسیب‌پذیری کم‌تر نسبت به گیاهان رشد کرده با سایر تیمارهای نوری ایجاد کنند (۵). ترفا و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند میزان کلروفیل فلورسنس در گل‌های رز با تیمار نور دیودی از تیمار نور پرفشار سدیمی بالاتر بود (۲). این نتایج با داده‌های به دست آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- اثر منبع نور بر کلروفیل فلورسنس گل رز رقم جوملیا.

Fig. 11. The effect of light source on the chlorophyll florescence of rose flower cv. 'Jumilia'.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این بررسی مشخص شد تیمار نور تکمیلی دیودهای ترکیبی سبب افزایش معنی‌دار شاخص‌های کمی و کیفی گل رز در مقایسه با سایر تیمارهای نوری بخار فلزی و پرفشار سدیمی و همین‌طور تیمار شاهد شده است و این منبع نوری به منظور بهبود خصوصیات ریخت‌زایی و فیزیولوژیکی و نیز افزایش عملکرد گل رز شاخه بریده رقم جوملیا در شرایط گلخانه توصیه می‌گردد.

منابع

1. Kumar, N., Srivastava, G. C. & Dixit, K. (2008). Flower bud opening and senescence in roses (*Rosa hybrid* L.). *Plant Growth Regulation*, 55(2), 81-99.
2. Taiz, L., Zeiger, E. & Moller, I. M. (2015). *Murphy A Plant Physiology and Development*. Sinauer Associates. Incorporated. CT. USA.
3. Terfa, M. T., Solhaug, K. A., Gislerød, H. R., Olsen, J. E. & 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. *Physiologia Plantarum*, 148(1), 146-159.
4. Sabzalian, M. R., Heydarizadeh, P., Zahedi, M., Boroomand, A., Agharokh, M., Sahba, M. R. & Schoefs, B. (2014). High performance of vegetables, flowers, and medicinal plants in a red-blue LED incubator for indoor plant production. *Agronomy for sustainable development*, 34(4), 879-886.
5. Bayat, L., Arab, M., Aliniaeifard, S., Seif, M., Lastochkina, O. & Li, T. (2018). Effects of growth under different light spectra on the subsequent high light tolerance in rose plants. *AoB Plants*, 10(5), 052.
6. Massa, G. D., Kim, H. H., Wheeler, R. M. & Mitchell, C. A. (2008). Plant productivity in response to LED lighting. *HortScience*, 43, 1951-1955.
7. Oh, W., Runkel, E. S. & Warner, R.M. (2010). Timing and duration of supplemental lighting during the seedling stage influence quality and flowering in petunia and pansy. *HortScience*, 45, 1332-1337.
8. 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. In *VII International Symposium on Light in Horticultural Systems*, 956, 635-642.
9. Ha, S. T. T., In, B. C. & Lim, J. H. (2020). LED light improves postharvest quality and longevity of cut rose flowers' Lovely Lydia'. In *III International Symposium on Germplasm of Ornamentals*. 1291, 261-268.
10. Särkkä, L. E., Jokinen, K., Ottosen, C. O. & 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. *Agricultural and food science*, 26 (2), 102-110.
11. Stutte, G. W. (2009). Light-emitting diodes for manipulating the phytochrome apparatus. *HortScience*, 44, 231-234.
12. Lim, M. K., Lee, H. J. & Kim, W. S. (2017). Effects of ultraviolet A (UVA) + light emitting diode (LED) irradiation on the cut flower quality and vase life of the oriental Hybrid Lily 'Siberia' simulated exportation. *Flower Research Journal*, 25 (3), 118-123.
13. Heo, J. W., Chakrabarty, D. & Paek, K. Y. (2004). Longevity and quality of cut 'Master' carnation and 'Red Sandra' rose flowers as affected by red light. *Plant Growth Regulation*, 42(2), 169-174.
14. Evelyn, S., Farrell, A., Elibox, W., De Abreu, K. & Umaharan, P. (2020). The impact of light on vase life in (*Anthurium andraeanum* Hort.) cut flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 159, 110984.
15. Heo, J. W., Lee, C. W., Murthy, H. & Paek, K. Y. (2003). Influence of light quality and photoperiod on flowering of *Cyclamen persicum* Mill. cv. Dixie White. *Plant Growth Regulation*, 40, 7-10.
16. Hovi-Pekkanen, T. & Tahvonen, R. (2008). Effects of interlighting on yield and external fruit quality in year-round cultivated cucumber. *Scientia Horticulturea*, 116(2), 152-161.
17. Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*, 148, 350-382.
18. Yamasaki, S. & Dillenburg, L. R. (1999). Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*.

Revista Brasilleira de fisiologia vegetal, 11(2), 69-75.

19. Bradford, M. M. (1976). Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72, 248-25.
20. Genty, B., Briantais, J. M. & Baker, N. R. (1989). The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and photochemical quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)*, 990, 87-92.
21. Alsanius, B. W., Bergstrand, K. J., Hartmann, R., Gharaie, S., Wohanka, W., Dorais, M. & Rosberg, A. K. (2017). Ornamental flowers in new light: artificial lighting shapes the microbial phyllosphere community structure of greenhouse grown sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Scientia Horticulture*, 216, 234-247.
22. Appelgren, M. (2003). Effects of light quality on stem elongation of Pelargonium in vitro. *Scientia Horticulturea*, 45, 345-351.
23. Dougher, T. A. & Bugbee, B. G. (2004). Long-term blue light effects on the histology of lettuce and soybean leaves and stems. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129, 467-472.
24. Kumar, M., Singh, V. P., Arora, A. & Singh, N. (2014). The role of abscisic acid (ABA) in ethylene insensitive Gladiolus (*Gladiolus grandiflora* Hort.) flower senescence. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36, 151-159.
25. Li, H., Xu, Z. & Tang, C. (2010). Effect of light-emitting diodes on growth and morphogenesis of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plantlets in vitro. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 103, 155-163.
26. Lokstein, H., Renger, G. & Götze, J. P. (2021). Photosynthetic Light-Harvesting (Antenna) Complexes-Structures and Functions. *Molecules*, 26(11), 3378..
27. Neff, M. M. & Chory, J. (1998). Genetic interactions between phytochrome A, phytochrome B, and cryptochrome during Arabidopsis development. *Plant physiology*, 118, 27-35.
28. Wang, M., Xiao, J., Wei, H. & Jeong, B.R. (2020). Supplementary light source affects growth and development of carnation 'Dreambyul' cuttings. *Agronomy*, 10(8), p.1217.
29. Heo, J., Lee, C., Chakrabarty, D. & Paek, K. (2002). Growth responses of marigold and salvia bedding plants as affected by monochromic or mixture radiation provided by a light-emitting diode (LED). *Plant Growth Regulation*, 38(3), 225-230.
30. Nishida, K. (1963). Studies on stomatal movement of crassulaceae plants in relation to the acid metabolism. *Physiologia Plantarum*, 16, 281-298.
31. Fukuda, N., Ishii, Y., Ezura, H. & Olsen, J. E. (2009). Effects of light quality under red and blue light emitting diodes on growth and expression of FBP28 in petunia. In *VI International Symposium on Light in Horticulture*, 907, 361-366.
32. 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.
33. Lopez, R. G. & Runkle, E. R. (2008). Photosynthetic daily light integral during propagation influences rooting and growth of cuttings and subsequent development of New *Guinea impatiens* and petunia. *HortScience*, 43, 2052-2059.
34. Talbott, L. D., Zhu, J., Hon, S. W. & Zeiger, E. (2002). Phytochrome and blue light-mediated stomatal opening in the orchid, Paphiopedilum. *Plant and cell physiology*, 43, 639-646.
35. Fan, X., Zang, J., Xu, Z., Guo, X., Jiao, S., Liu, X. & 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 physiologiae plantarum*, 35(9), 2721-2726.
36. Hasan, M. M., Bashir, T., Ghosh, R., Lee, S. K. & Bae, H. (2017). An overview of LEDs' effects on the production of bioactive compounds and crop quality. *Molecules*, 22, 1-12.

37. Arve, L. E., Terfa, M. T., Suthaparan, A., Poudel, M. S., Gislerød, H. R., Olsen J. E. & Torre, S. (2014). Aerial environment and light quality during production affect postharvest transpiration of ornamentals. In *XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014)*, 1104, 197-204.
38. Sugawara, H., Shibuya, K., Yoshioka, T., Hashiba, T. & Satoh, S. (2002). Is a cysteine proteinase inhibitor involved in the regulation of petal wilting in senescing carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) flowers? *Journal of Experimental Botany*, 53, 407-413.
39. Sood, Sh., Vyas, D. & Nagar, P. K. (2006). Physiological and biochemical studies during flower development in two rose species. *Scientia Horticulturea*, 108, 390-396.
40. Corbesier, L., Bernier, G. & 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 and Cell Physiology*, 43, 684-688.