

The Improvement of Germination, Growth and Biochemical Indices of *Echium amoenum* Fisch & Mey. under Different Light Qualities

R. Nabipour Sanjbod¹, E. Chamani^{1*}, Y. Pourbeyrami Hir¹

1- Department of Horticultural Sciences and Landscape Designing, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

(*- Corresponding author's Email: echamani@uma.ac.ir)

Received: 08 January 2025

Revised: 29 May 2025

Accepted: 09 June 2025

Available Online: 09 June 2025

How to cite this article:

Nabipour Sanjbod, R., Chamani, E., & Pourbeyrami Hir, Y. (2026). The improvement of germination, growth, and biochemical indices of *Echium amoenum* Fisch & Mey. under different light qualities. *Journal of Horticultural Science*, 39(3), 699-714. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhs.2025.91567.1404>

Introduction

Medicinal plants, as a valuable source of herbal medicines and bioactive compounds, are rapidly declining due to uncontrolled collection from nature. *Echium amoenum* Fisch & Mey belongs to the *Boraginaceae* family and has a special place in Iranian traditional medicine. This plant is native to Iran and has been used to treat many infectious and inflammatory diseases, as well as modern diseases related to stress and anxiety, for many years. However, low germination percentage and uneven germination are some of the obstacles to the growth and propagation of this valuable medicinal plant. Recently, it has been reported that LED light sources have significantly increased the germination of some medicinal species. The response of plants to light spectra depends on the plant species. However, blue and red light are more useful because green plant tissues more readily absorb them. Considering the medicinal importance of *E. amoenum*, the present study was conducted to improve the germination and growth characteristics under LED treatments.

Materials and Methods

This study was conducted at the University of Mohaghegh Ardabili in 2024. *E. amoenum* seeds were purchased from Pakan Bazr Company. After surface disinfection, the seeds were placed in Petri dishes containing wet filter paper and transferred to light chambers. Germination indices (germination percentage, speed of germination, mean daily germination, germination energy, seed efficiency, seedling efficiency, seedling vigor index, coefficient of velocity of germination, daily germination speed) were recorded for up to 21 days. Morphological indices (fresh weight of seedling, dry weight of seedling, shoot length, root length, percentage of root dry weight, percentage of shoot dry weight) were measured in 7-day-old seedlings. Then seedlings were transferred to the growing medium (peat moss and perlite), and the pots were placed in the same light chambers. After 4 weeks, biochemical indices (photosynthetic pigment content, total carbohydrate content, total protein content, and total phenol content) were evaluated. The experiment was conducted based on a completely randomized design with 4 treatments and 4 replications. The 4 light treatments included 100% white LED light (W), 100% blue LED light (B), 100% red LED light (R), and a combination of blue and red LED light (50:50, BR). The data were analyzed using SPSS Inc. version 16. Means were compared using Duncan's multiple range test at a 5% probability level. Graphs were drawn using Excel software.

Results and Discussion

The results of the present study revealed that red light (R) treatment significantly improved germination percentage, germination speed, mean daily germination, germination energy, seed efficiency, seedling efficiency, seedling vigor index, coefficient of velocity of germination, and blue light (B) application reduced the



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.91567.1404>

germination of *E. amoenum* seeds. Similarly, *E. amoenum* growth characteristics, including fresh weight, dry weight, seedling length, root length, percentage of root dry weight, and percentage of shoot dry weight, increased under the positive effect of red LED light (R). Also, the blue light (B) application did not indicate any positive effect on growth indices. In biochemical indices, the application of a combination of blue and red light (BR) resulted in a significant increase in the content of photosynthetic pigments, total carbohydrate content, total protein content, and total phenol content. In addition, blue LED light (B) had a negative effect on biochemical indices compared to other treatments. In general, light quality changes can affect photosynthesis and energy production efficiency. Blue and red light are known to be the most effective wavelengths for plants, and their absorption peaks correspond to the absorption peaks of photosynthetic pigments. Therefore, their application alone and in combination can effectively increase the efficiency of photosynthesis, the synthesis of photosynthetic pigments, and the biosynthesis of macromolecules including carbohydrates and proteins. In addition, applying blue and red light increases phenolic compounds by increasing the production of enzymes related to plant secondary metabolism.

Conclusion

The observations of the present study showed that the seeds of *E. amoenum* are considered in the group of plant species that require light or are photoblastic positive. Hence, the application of red LED (R) can be considered an effective treatment to improve and increase the germination and growth characteristics of *E. amoenum* plant at the seedling stage. In the later stages of plant growth, the response of *E. amoenum* to light qualities was different. The combination of blue and red light (BR) was considered an effective treatment to increase the content of photosynthetic pigments, total carbohydrates, total proteins, and total phenols.

Acknowledgement

We would like to thank the University of Mohaghegh Ardabili for financial support.

Keywords: Chlorophyll, Germination percentage, Morphology, Phenol, Protein

بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و بیوشیمیایی گیاه گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch & Mey.) تحت کیفیت‌های مختلف نور

رقیه نبی‌پور سنجبد^۱ - اسماعیل چمنی^{۱*} - یونس پوربیرامی هیر^۱ 

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۹

چکیده

گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch & Mey.) در طب سنتی ایران جایگاه ویژه‌ای دارد. یکی از موانع ازدیاد آن، درصد جوانه‌زنی پایین و غیریکنواخت آن است. اخیراً منابع نوری LED توانسته‌اند جوانه‌زنی گونه‌های دارویی را به‌طور چشمگیری افزایش دهند. ازاین‌رو، مطالعه حاضر برای بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشدی گاوزبان ایرانی تحت تیمارهای LED انجام شد. این آزمایش در محل آزمایشگاه گروه علوم باغبانی و فضای سبز دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۲ اجرا گردید. آزمایش براساس طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار انجام شد. چهار تیمار نوری شامل ۱۰۰ درصد نور سفید، ۱۰۰ درصد نور آبی، ۱۰۰ درصد نور قرمز و ترکیب نور آبی و قرمز (۵۰:۵۰) بود. گیاهان از نظر شاخص‌های جوانه‌زنی (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه، انرژی جوانه‌زنی، کارایی بذری، کارایی گیاهچه، شاخص بنیه بذری، ضریب سرعت جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی روزانه)، ریخت‌شناختی (وزن تر دانه‌ها، وزن خشک دانه‌ها، طول ریشه، طول ساقه، درصد ماده خشک ریشه‌چه و درصد ماده خشک ساقه‌چه) و بیوشیمیایی (رنگیزه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات کل، پروتئین کل و فنل کل) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که نور قرمز، درصد جوانه‌زنی (۷۷ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۴/۴۴)، میانگین جوانه‌زنی روزانه (۱/۹۲)، انرژی جوانه‌زنی (۰/۸)، کارایی بذری (۷۶ درصد)، کارایی گیاهچه (۹۷/۶۱ درصد)، شاخص بنیه بذری (۷۰/۷۸ درصد) و ضریب سرعت جوانه‌زنی (۰/۲۱) را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشید. به‌طور مشابه، ویژگی‌های رشدی گاوزبان از جمله وزن تر دانه‌ها (۰/۱۴ گرم)، وزن خشک دانه‌ها (۰/۰۵ گرم)، طول ساقه (۳/۴ سانتی‌متر)، طول ریشه (۵/۷ سانتی‌متر)، درصد ماده خشک ریشه‌چه (۳/۱۷ گرم) و درصد ماده خشک ساقه‌چه (۲/۳۹ گرم) تحت تأثیر مثبت نور قرمز افزایش یافتند. در شاخص‌های بیوشیمیایی، کاربرد ترکیب نوری آبی و قرمز منجر به افزایش معنی‌دار محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a ۶۰۳/۴۹ میکروگرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b ۳۱۳/۰۸ میکروگرم بر گرم وزن تر) و محتوای کارتنوئیدهای کل (۱۳۰/۹۸ میکروگرم بر گرم وزن تر)، کربوهیدرات کل (۱۹۲/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، پروتئین کل (۲۸/۴۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و فنل کل (۲۰/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) شد. نتایج نشان داد که بذور گاوزبان ایرانی در گروه فتوبیلاستیک مثبت قرار می‌گیرند. ازاین‌رو، کاربرد نور قرمز می‌تواند یک تیمار مؤثر برای بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشدی گاوزبان ایرانی در مرحله دانه‌ها در نظر گرفته شود. در مراحل بعدی رشدی گیاه، واکنش گاوزبان ایرانی به کیفیت‌های نوری متفاوت بود و ترکیب نور آبی و قرمز، به‌عنوان یک تیمار کارآمد برای بهبود شاخص‌های بیوشیمیایی در نظر گرفته شد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، درصد جوانه‌زنی، فنل، کلروفیل، ریخت‌شناسی

مقدمه

دارویی در سطح جهان به‌دلیل جمع‌آوری بی‌رویه از طبیعت به‌سرعت در حال کاهش هستند. در روزگار کنونی، نزدیک به ۸۰ درصد مردم جهان از گیاهان دارویی (مواد خام، محصولات فرآوری‌شده مانند داروها، داروهای گیاهی، دمنوش، لوازم آرایشی، شیرینی‌ها، مکمل‌های غذایی، حشره‌کش‌ها و غیره) به‌منظور مراقبت‌های سلامتی و

گیاهان دارویی، بخش مهمی از تنوع زیستی طبیعی هستند. اخیراً اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت^۲ گزارش داده است که گیاهان

۱- گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(*) - نویسنده مسئول:

(Email: echamani@uma.ac.ir)

<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.91567.1404>

بهداشتی خود استفاده می‌کنند (Catana et al., 2020). علاوه بر این، بخش اعظمی از داروهای طب مدرن و ترکیبات فعال جدید، بر پایه دانش طب سنتی به دست آمده است (Buso et al., 2020).

طب سنتی ایران (طب ایرانی) مجموعه‌ای از علوم و دانش‌هایی است که از طریق نسل‌ها منتقل گشته و مبتنی بر مشاهدات و تجربیات عملی است که از زمان‌های گذشته تا به امروز در تشخیص، پیشگیری و رفع بیماری‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. علاوه بر این، اطلاعات مربوط به طب سنتی ایران توانسته است مطالعات جدیدی که در مورد استفاده درمانی از گیاهان و عصاره‌های گیاهی انجام شده را توجیه کند. یکی از گونه‌های دارویی ارزشمند که در طب سنتی ایران جایگاه ویژه‌ای دارد، گیاه گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch & Mey.) است (Buso et al., 2020).

گاوزبان ایرانی متعلق به تیره گیاهی *Boraginaceae* است. این گیاه چندساله به‌عنوان یک گیاه دارویی بومی ایران، به‌صورت وحشی در مناطق کوهستانی شمال ایران و منطقه قفقاز می‌روید. *E. amoenum* یک گیاه دارویی ارزشمند است که بیش از هزار سال جهت درمان بسیاری از بیماری‌های عفونی و التهابی مانند تبخال، عفونت‌های دهانی، سرماخوردگی، ذات‌الریه، تنگی نفس، گلودرد و سرفه مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، به‌عنوان یک آرام‌بخش در درمان استرس و اضطراب کاربرد دارد (Jamnani et al., 2023). بذور گیاهان دارویی در شرایط طبیعی به‌سهولت جوانه می‌زنند، اما جوانه‌زنی آن‌ها در شرایط زراعی و آزمایشگاهی اغلب با مشکلاتی مواجه می‌شود. این مسئله ممکن است به‌دلیل نیازهای بوم‌شناختی خاص هر گونه برای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه یا سرعت جوانه‌زنی پایین بذور گیاهان دارویی باشد. در بذور *E. amoenum* نیز درصد جوانه‌زنی پایین و غیریکنواخت یکی از موانع ازدیاد و تکثیر این گیاه دارویی بارز است. از این‌رو، شبیه‌سازی مصنوعی شرایط محیطی و اعمال تیمارهای بهبود جوانه‌زنی گاهی‌اوقات می‌تواند کلید موفقیت باشد (Jamnani et al., 2023).

جوانه‌زنی بذور فرآیندی است که به عوامل ژنتیکی و محیطی بستگی دارد (Solano et al., 2020). نور یک عامل محیطی است که با سه ویژگی طیف (کیفیت یا رنگ)، شدت (کمیت یا مقدار) و دوره نوری (مدت نور) مشخص می‌شود (Wang et al., 2021). جوانه‌زنی گیاهان از نظر نیاز نوری به سه گروه تقسیم می‌شود: فتوبلاستیک مثبت^۱ (نیازمند نور)، فتوبلاستیک منفی^۲ (بدون نیاز به

نور) و فتوبلاستیک خنثی^۳ (خنثی نسبت به نور) (Sharma et al., 2024).

اخیراً منابع نوری LED (دیودهای ساطع‌کننده نور^۴) در مراکز تولید و تکثیر گیاهان به‌شدت مورد توجه و استفاده پرورش‌دهندگان قرار گرفته‌اند و حتی در بسیاری از موارد، جایگزین منابع نوری سنتی (لامپ‌های فلورسنت، متال هالید و سدیم پرفشار) شده‌اند (Wang et al., 2021). LEDها طول عمر طولانی‌تر و خروجی حرارت کمی دارند و شدت و کیفیت نور در آن‌ها به‌راحتی قابل تنظیم است، بنابراین می‌توان با دستورالعمل‌های ویژه‌ای، واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاهان را با توجه به اهداف محققان و پرورش‌دهندگان تغییر داد. مطالعات نشان داده است که کیفیت نور با جوانه‌زنی بسیاری از گونه‌های گیاهان دارویی مرتبط است و طیف‌های رنگی نور می‌توانند جوانه‌زنی برخی گونه‌ها را به‌طور چشمگیری افزایش دهند (Sena et al., 2024).

پانیگوا پاردو و همکاران (Paniagua Pardo et al., 2015) در مطالعات خود نشان دادند که کاربرد نور قرمز موجب افزایش جوانه‌زنی *Brassica oleracea* شده است. همچنین در مطالعات دیگری، کاربرد نور آبی چنین پاسخی را در گونه‌های *Stevia rebaudiana* (Simlat et al., 2016) و *Vicia faba* (Vasilean et al., 2018) ایجاد کرد. حتی در مواردی مشاهده شده است که طیف‌های رنگی از جوانه‌زنی بذور برخی گونه‌ها جلوگیری کرد، همان‌طور که نور آبی مانع از جوانه‌زنی *Trifolium subterraneum* شد (Costa et al., 2016).

آنچه مسلم است، پاسخ جوانه‌زنی گیاهان به طیف‌های رنگی به نوع گونه گیاهی بستگی دارد. با این حال، به‌دلیل اینکه نورهای آبی و قرمز به‌سهولت توسط بافت‌های سبز گیاهان جذب می‌شوند، کاربرد بیشتری دارند (McCree, 1971). با توجه به اهمیت دارویی گیاه گاوزبان ایرانی در طب سنتی و داروسازی، این مطالعه با هدف بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشدی تحت تیمارهای طیف‌های رنگی نور انجام شد.

مواد و روش‌ها

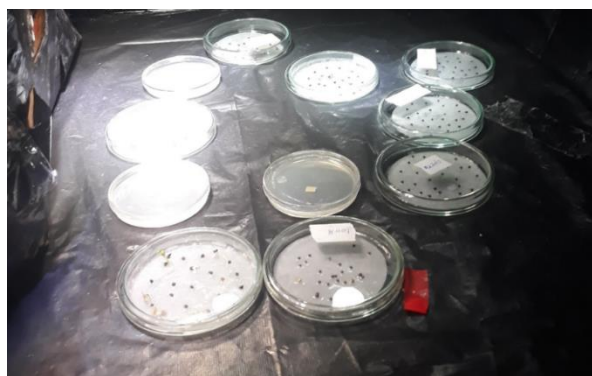
مواد گیاهی: مطالعه حاضر در محل آزمایشگاه گروه علوم باغبانی و فضای سبز دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۲ انجام شد. بذور گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch & Mey.) از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری گردید. ضدعفونی سطحی بذور با استفاده از محلول

3- Neutral photoblastic
4- Light-emitting diodes

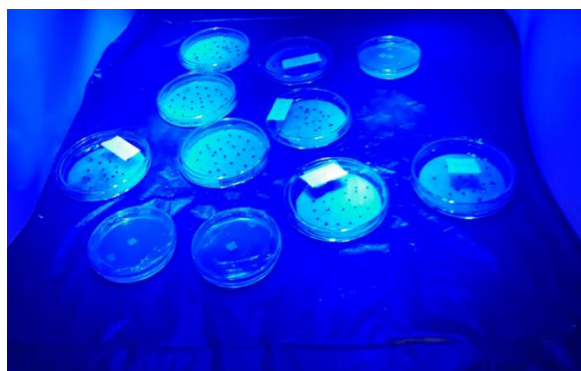
1- Positive photoblastic
2- Negative photoblastic

مدت زمان ۲۱ روز بررسی شدند. شاخص‌های ریخت‌شناختی در دانه‌های هفت‌روزه اندازه‌گیری شدند. سپس دانه‌ها در گلدان‌های پلاستیکی حاوی پیت ماس و پرلایت (۱:۱) کشت شده و در همان محفظه‌های نوری قرار گرفتند. گیاهان گاوزبان پس از گذشت چهار هفته از نظر شاخص‌های بیوشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

سدیم هیپوکلریت (دو درصد) به پنج دقیقه انجام شد. بذور ضدعفونی شده در داخل پتری دیش محتوی کاغذ صافی مرطوب قرار گرفتند. برای هر تیمار چهار پتری دیش در نظر گرفته شد و درون هر پتری دیش تعداد ۲۵ عدد بذر (در مجموع ۱۰۰ عدد بذر برای هر تیمار) قرار گرفت. سپس پتری دیش‌ها به محفظه‌های نوری منتقل شدند. شاخص‌های جوانه‌زنی با خروج ریشه‌چه به طول دو میلی‌متر در



(الف)
(A)



(ب)
(B)



(ج)
(C)



(د)
(D)

شکل ۱- محفظه‌های نوری مورد استفاده برای تیمارهای آزمایشی

Figure 1- Light chambers used for experimental treatments

(الف) محفظه نور سفید (طول موج ۴۲۰-۶۸۰ نانومتر)، (ب) محفظه نور آبی (طول موج ۴۶۰-۴۷۰ نانومتر)، (ج) محفظه نور قرمز (طول موج ۶۲۰-۶۳۰ نانومتر)، (د) محفظه ترکیب نوری آبی و قرمز (با نسبت ۵۰:۵۰).

(A) white light (wavelength 420-680 nm), (B) blue light (wavelength 460-470 nm), (C) red light (wavelength 620-630 nm), and (D) blue and red light combination (with a ratio of 50:50) chambers.

به‌ترتیب در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. رطوبت نسبی محفظه‌های نوری ۶۰ درصد در نظر گرفته شد و فتوپریود در تمام محفظه‌های نوری ۱۶ ساعت روشنایی بود. چگالی جریان فوتون فتوسنتزی^۱ (PPFD) اندازه‌گیری شده در بالای تمام پتری دیش‌ها و گیاهان، ۲۰ میکرومول بر مترمربع ثانیه بود. لامپ‌های LED (۱۶ وات، ۱۲۰۰ × ۲۴ میلی‌متر) از شرکت پارس

تیمارهای نوری و شرایط آزمایشی: تیمارهای آزمایشی

مطالعه حاضر شامل چهار تیمار نوری (چهار محفظه نوری) به‌شرح زیر بود: ۱۰۰ درصد نور LED سفید یا W (طول موج ۴۲۰-۶۸۰ نانومتر، شکل ۱-الف)، ۱۰۰ درصد نور LED آبی یا B (طول موج ۴۶۰-۴۷۰ نانومتر، شکل ۱-ب)، ۱۰۰ درصد نور LED قرمز یا R (طول موج ۶۲۰-۶۳۰ نانومتر، شکل ۱-ج) و ترکیب نور LED آبی و قرمز یا BR (با نسبت ۵۰:۵۰، شکل ۱-د) بود. رژیم دمایی روز و شب

1- Photosynthetic Photon Flux Density

بیوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های بیوشیمیایی شامل تعیین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، اندازه‌گیری محتوای کربوهیدرات کل، محتوای پروتئین کل و محتوای فنل کل بود.

برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی، یک گرم برگ تازه با استون ۱۰۰ درصد هموژن شد. سپس نمونه‌ها در شرایط تاریکی و دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶ ساعت قرار گرفتند. پس از سانتریفیوژ (۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه)، جذب نمونه‌ها در مقابل استون ۱۰۰ درصد با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل SP-UV 200، شرکت Spectrum Instruments Limited، استرالیا) در سه طول موج ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۲ نانومتر قرائت شد. غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی (میکروگرم بر گرم وزن تر) با استفاده از معادله‌های ۱۰ تا ۱۲ محاسبه گردید (Lichtenthaler & Buschmann, 2005).

$$\text{Chlorophyll a} = C_a \text{ (}\mu\text{g/ml)} \quad (10)$$

$$= 11.24 \times A_{661.6} - 2.04 \times A_{644.8}$$

$$\text{Chlorophyll b} = C_b \text{ (}\mu\text{g/ml)} \quad (11)$$

$$= 20.13 \times A_{644.8} - 4.19 \times A_{661.2}$$

$$\text{Total carotenoids} = C_{(x+c)} \text{ (}\mu\text{g/ml)} \quad (12)$$

$$= \frac{(1000 \times A_{470} - 1.90C_a - 63.14C_b)}{214}$$

به‌منظور تعیین محتوای کربوهیدرات کل، دو گرم برگ گاوزبان در هاون ساییده شد و کربوهیدرات کل دو مرتبه با محلول اتانول ۸۰ درصد و چهار مرتبه با محلول اتانول ۷۰ درصد استخراج گردید. در هر مرتبه، پس از سانتریفیوژ (پنج دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه)، محلول‌هایی رویی جمع‌آوری و با یکدیگر ترکیب شدند. عصاره به‌دست‌آمده در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا اتانول تبخیر و محلول غلیظ شود. سپس یک میلی‌لیتر عصاره با پنج میلی‌لیتر معرف آنترون-اسیدسولفوریک مخلوط شد و به مدت ۱۰ دقیقه در بن ماری ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۳۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد. منحنی استاندارد گلوکز برای محاسبه اکسی‌والانت‌های گلوکز (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در هر نمونه مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه معرف آنترون-اسیدسولفوریک، دو گرم آنترون در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۵ درصد سرد حل شد (Omokolo Doumou et al., 1996).

برای اندازه‌گیری محتوای پروتئین کل، مقدار یک گرم بافت برگ تازه در محلول بافر فسفات (pH = 7) هموژن شد. سانتریفیوژ نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه و تحت دمای چهار درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از جداسازی محلول رویی، ۱۰۰ میکرولیتر از آن با پنج میلی‌لیتر محلول کوماسی برلیات بلو

شهاب ایران تهیه شد. هر پتل شامل ۹۶ لامپ LED بود. ولتاژ، جریان و فرکانس به‌ترتیب v 85-220 AC، ۱۰۰ میلی آمپر و ۶۰/۵۰ هرتز بود.

شاخص‌های جوانه‌زنی: برای ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی از معادله‌های ۱ تا ۹ استفاده شد (Bahrasemani et al., 2023; Sanoubar et al., 2018).

$$\text{Germination Percentage (GP)} \quad (1)$$

$$= \frac{\text{Total number of germinated seeds}}{\text{Total number of seeds per assay}} \times 100$$

$$\text{Speed of Germination (SG)} = \frac{n_1}{d_1} + \frac{n_2}{d_2} + \frac{n_3}{d_3} + \dots + \frac{n_i}{d_i} \quad (2)$$

که در آن، n: تعداد بذور جوانه‌زده و d: تعداد روزها است.

$$\text{Mean Daily Germination (MDG)} \quad (3)$$

$$= \frac{\text{Total number of germinated seeds}}{\text{Total number of days}}$$

$$\text{Germination Energy (GE)} \quad (4)$$

$$= \frac{\text{Percentage of germinated seeds at the starting day}}{\text{Total number of seeds per assay}}$$

$$\text{Seed efficiency} = \frac{\text{Number of normal seedlings}}{\text{Total number of seeds per assay}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{Seedling efficiency} \quad (6)$$

$$= \frac{\text{Number of normal seedlings}}{\text{Total number of seedlings per assay}} \times 100$$

$$\text{Seedling Vigor Index (SVI)} = \frac{GP \times L}{100} \quad (7)$$

که در آن، L: میانگین طول دانه‌ال (میلی‌متر) است.

$$\text{Coefficient of Velocity of Germination (CVG)} \quad (8)$$

$$= \frac{1}{(G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n)}$$

$$= \frac{1}{((1 \times G_1) + (2 \times G_2) + (3 \times G_3) + \dots + (n \times G_n))}$$

که در آن، G1-Gn: تعداد بذور جوانه‌زده از اول تا پایان آزمون است.

$$\text{Daily Germination Speed (DGS)} = \frac{1}{MDG} \quad (9)$$

که در آن، MDG: میانگین جوانه‌زنی روزانه است.

شاخص‌های ریخت‌شناختی: در هر تکرار آزمایشی، ۱۰

دانه‌ال مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات ریخت‌شناختی شامل وزن تر

دانه‌ال (FW)، وزن خشک دانه‌ال (DW)، درصد ماده خشک ریشه

چه (RDW)، درصد ماده خشک ساقچه (SDW)، طول دانه‌ال (SL)

و طول ریشه (RL) بود. برای اندازه‌گیری وزن تر (گرم)، از ترازوی

دیجیتال آزمایشگاهی (مدل Semi-Micro Analytical Balances

GR-200، شرکت A&D، ژاپن) با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم استفاده گردید.

سپس اندام‌های مختلف در دستگاه آن با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد

به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن خشک (گرم) آن‌ها

اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری طول دانه‌ال (سانتی‌متر) و طول

ریشه (سانتی‌متر) از خط کش استفاده شد.

شاخص‌های بیوشیمیایی: یک ماه پس از جوانه‌زنی، شش

برگ پایینی گیاهان گاوزبان ایرانی برداشت شد و از نظر مشخصه‌های

آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

شاخص‌های جوانه‌زنی: براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، کیفیت نور به‌طور معنی‌داری شاخص‌های درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه، انرژی جوانه‌زنی، کارایی بذر، کارایی گیاهچه، شاخص بنیه بذر و سرعت جوانه‌زنی روزانه را در سطح احتمال یک درصد و همچنین ضریب سرعت جوانه‌زنی را در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر قرار داد.

با مقایسه میانگین نتایج مشخص شد که تیمار نوری آبی (B) جوانه‌زنی بذور گاوزبان ایرانی را کاهش داد. از سویی دیگر، دو تیمار نوری سفید (W) و ترکیب دو نور آبی و قرمز (BR) بر شاخص‌های درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه، انرژی جوانه‌زنی، کارایی بذر، کارایی گیاهچه، شاخص بنیه بذر، ضریب سرعت جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی روزانه تأثیر مشابهی داشتند. در این میان، نور LED قرمز (R) نسبت به سایر تیمارها، شاخص‌های درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه، انرژی جوانه‌زنی، کارایی بذر، کارایی گیاهچه، شاخص بنیه بذر و ضریب سرعت جوانه‌زنی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. اگرچه در افزایش شاخص‌های کارایی گیاهچه و ضریب سرعت جوانه‌زنی، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای نور R، W و BR مشاهده نشد (شکل ۲ و شکل ۳).

(Coomassie Brilliant Blue) مخلوط شد و سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید. محتوای پروتئین محلول کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر با استفاده از منحنی استاندارد بوبین سرم آلبومین (BSA) محاسبه گردید (Bradford, 1976).

استخراج ترکیبات فنلیک و تهیه عصاره متانولی طبق روش وانگ و همکاران (Wang et al., 2015) انجام شد و محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو (Folin-Ciocalteu) اندازه‌گیری گردید (Singleton et al., 1965). به این منظور، ۲۰ میکرولیتر از عصاره حاصل با ۱۵۸۰ میکرولیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتیو (۱:۱ رقیق شده) مخلوط شد. پس از یک دقیقه، مقدار ۱۵۰۰ میکرولیتر سدیم کربنات (۲۰ درصد) به مخلوط افزوده گردید و در دمای اتاق به مدت دو ساعت در شرایط تاریکی قرار گرفت. جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد و محتوای فنل کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر طبق منحنی استاندارد اسیدگالیک تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری: این آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار (چهار پتری دیش محتوی ۲۵ عدد بذر در مرحله بررسی جوانه‌زنی و چهار گلدان پلاستیکی محتوی پنج دانهال در مرحله بررسی مشخصه‌های رشدی) اجرا شد. مطالعه حاضر حداقل دو بار با نتایج مشابه تکرار گردید. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS Inc نسخه ۱۶ انجام شد. میانگین‌ها طبق

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر کیفیت‌های نوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی گاوزبان ایرانی

Table 1- ANOVA for the effect of light qualities on the germination characteristics of *Echium amoenum*

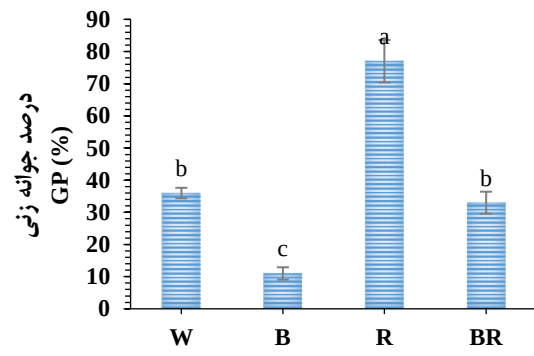
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares								
		درصد جوانه‌زنی GP	سرعت جوانه‌زنی SG	میانگین جوانه‌زنی روزانه MDG	انرژی جوانه‌زنی GE	کارایی بذر Seed efficiency	کارایی گیاهچه Seedling efficiency	شاخص بنیه بذر SVI	ضریب سرعت جوانه‌زنی CVG	سرعت جوانه‌زنی روزانه DGS
کیفیت نور Light quality	3	3030.33**	11.02**	1.93**	0.40**	3235.66**	2601.57**	3835.14**	0.002*	9.19**
خطا Error	12	61.66	0.20	0.03	0.01	47.66	246.52	85.71	0.0006	0.42
ضریب تغییرات CV (%)		20.00	21.55	20.05	31.20	18.78	19.77	35.75	13.90	37.14

** و * به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح یک و پنج درصد می‌باشد.

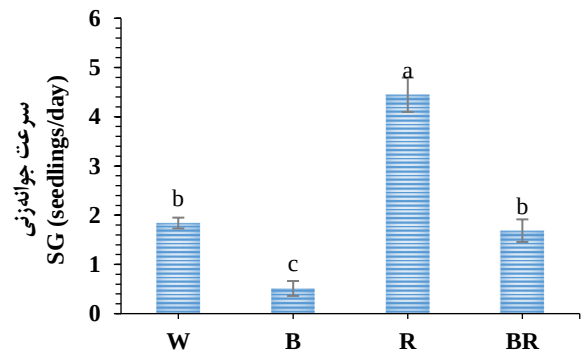
GP: درصد جوانه‌زنی، SG: سرعت جوانه‌زنی، MDG: میانگین جوانه‌زنی روزانه، GE: انرژی جوانه‌زنی، SVI: شاخص بنیه بذر، CVG: ضریب سرعت جوانه‌زنی، DGS: سرعت جوانه‌زنی روزانه.

** and *: significant at the 1% and 5% of probability levels, respectively.

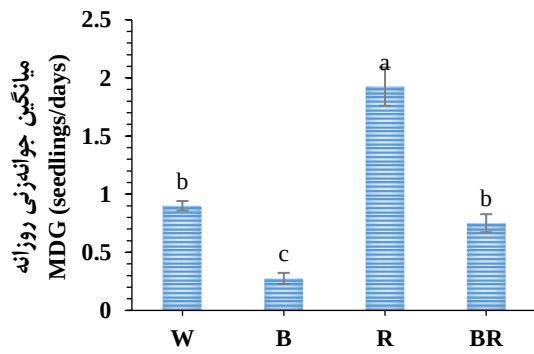
GP: germination percentage, SG: speed of germination, MDG: mean daily germination, GE: germination energy, SVI: seedling vigor index, CVG: coefficient of velocity of germination, DGS: daily germination speed.



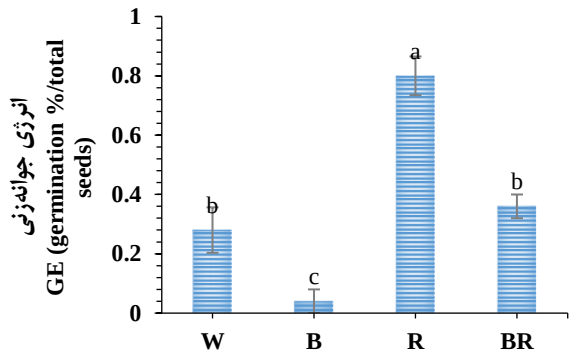
(الف)
(A)



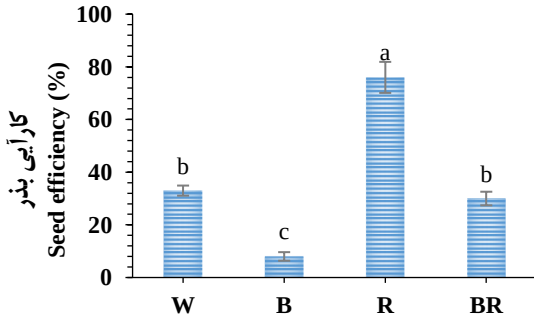
(ب)
(B)



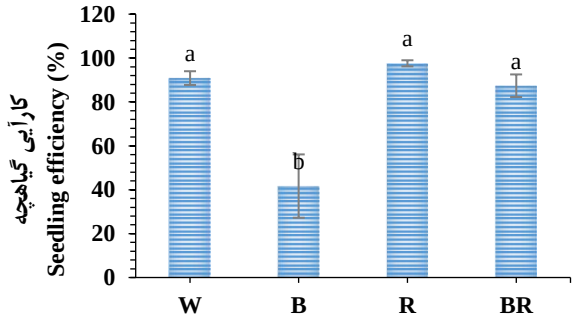
(ج)
(C)



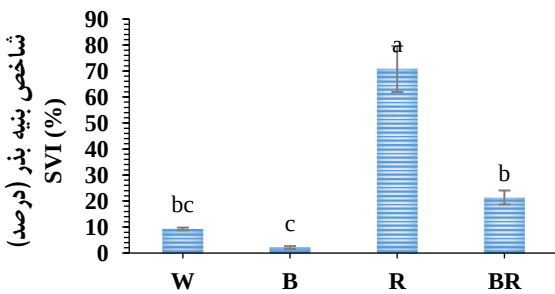
(د)
(D)



(ه)
(E)

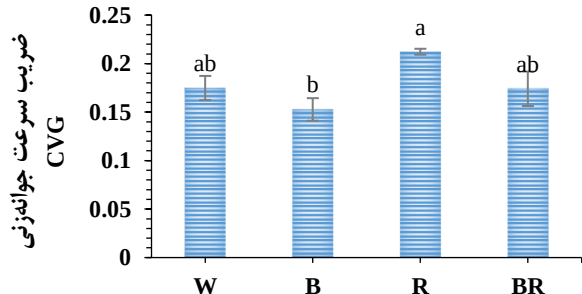


(و)
(F)



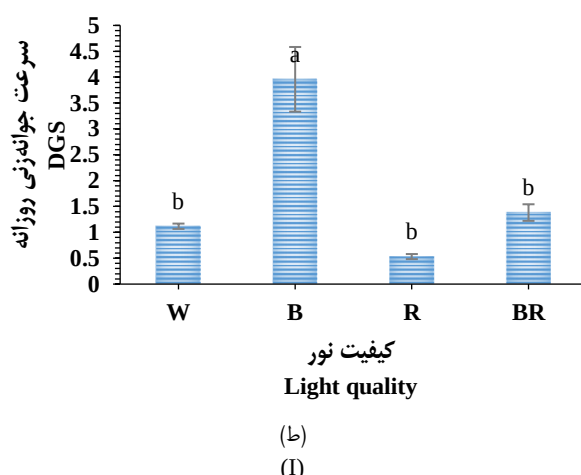
کیفیت نور
Light quality

(ز)
(G)



کیفیت نور
Light quality

(ح)
(H)



شکل ۲- تأثیر کیفیت‌های نوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی گاوزبان ایرانی

Figure 2- The effect of light qualities on the germination characteristics of *Echium amoenum*

(الف) درصد جوانه‌زنی، (ب) سرعت جوانه‌زنی، (ج) میانگین جوانه‌زنی روزانه، (د) انرژی جوانه‌زنی، (ه) کارایی بذر، (و) کارایی گیاهچه، (ز) شاخص بنیه بذر، (ح) ضریب سرعت جوانه‌زنی، (ط) سرعت جوانه‌زنی روزانه.

(A) germination percentage (GP), (B) speed of germination (SG), (C) mean daily germination (MDG), (D) germination energy (GE), (E) seed efficiency, (F) seedling vigor index (SVI), (H) coefficient of velocity of germination (CVG), (I) daily germination speed (DGS). (Error bars represent mean $\pm$ SE (n=4); DMRT, $p \leq 0.05$).

می‌گیرند (Wang et al., 2021). در مطالعه حاضر، اگرچه نور B درصد جوانه‌زنی را کاهش داد، کاربرد نورهای رنگی R، W و BR به‌ترتیب موجب تقویت جوانه‌زنی تا ۷۷، ۳۶ و ۳۳ درصد شد. علاوه‌بر این، نور قرمز کارایی بذر و گیاهچه، شاخص بنیه بذر و ضریب سرعت جوانه‌زنی را بهبود بخشید. این نتایج نشان می‌دهد که بذور گاوزبان ایرانی به‌طور متفاوتی به کیفیت نور پاسخ می‌دهند. مطابق با مطالعه حاضر، در آزمایش‌های وانگ و همکاران (Wang et al., 2021)، کاربرد نور قرمز چنین نتیجه مشابهی را در گیاه دارویی *Momordica charantia* L ایجاد کرد. علاوه‌بر این، در مطالعه پانیاگوا پاردو و همکاران (Paniagua Pardo et al., 2015)، نور قرمز به‌طور قابل ملاحظه‌ای سرعت جوانه‌زنی را در *Brassica oleracea* L. افزایش داد. براساس مشاهدات، نور یک محرک مثبت بر جوانه‌زنی بذور گاوزبان ایرانی در نظر گرفته می‌شود و گیاه گاوزبان ایرانی متعلق به گروه گیاهان فتوبلاستیک مثبت است.

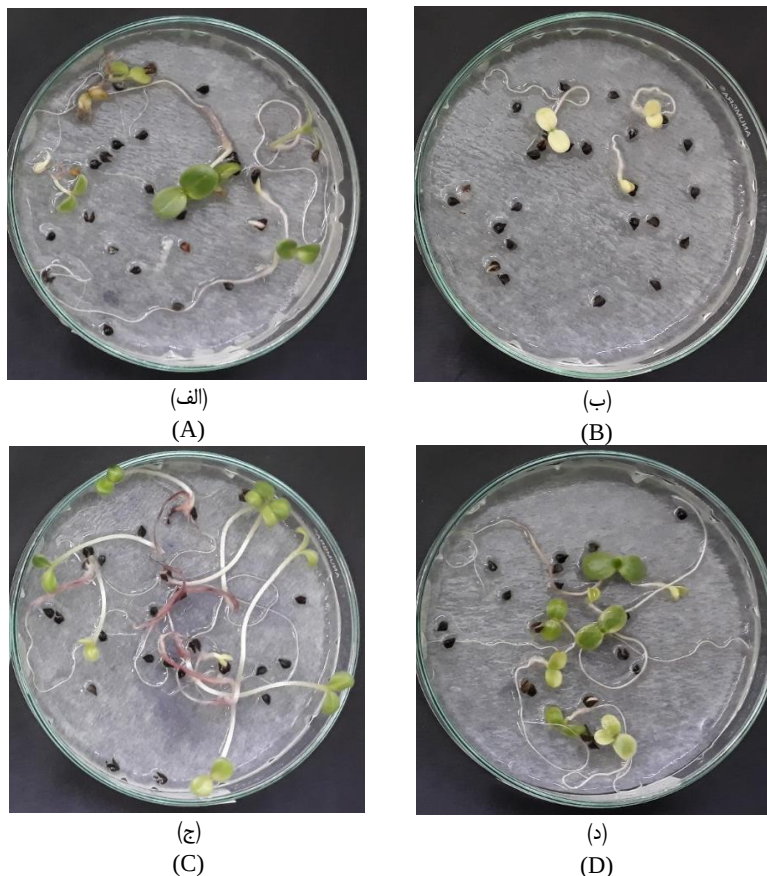
شاخص‌های رشدی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ویژگی‌های رشدی (وزن تر دانه‌ها، وزن خشک دانه‌ها، طول ساقه و طول ریشه، درصد ماده خشک ریشه‌چه و درصد ماده خشک ساقه-چه) گاوزبان ایرانی به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای LED قرار گرفت (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴)، تیمار نوری قرمز (R) نسبت به سایر تیمارهای نوری به‌طور قابل توجهی وزن تر دانه‌ها (۱۴۹۸/۰ گرم)، وزن خشک دانه‌ها (۵۵۶/۰ گرم)، طول ساقه (۳/۴ سانتی‌متر)،

مطالعات پیشین نشان داده است که افزایش درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی دو عامل مهم در بهبود رشد اولیه گیاهچه‌ها، دستیابی به پوشش یکنواخت در مزارع، افزایش قدرت رقابت با علف‌های هرز و ... است (Baskin & Baskin, 2014). شاخص کارایی بذر و گیاهچه و شاخص بنیه بذر نیز به‌ترتیب با جوانه‌زنی و توانایی بذر در تولید گیاهچه طبیعی و جوانه‌زنی در شرایط نامساعد مرتبط است. همچنین ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG) نشان‌دهنده سرعت جوانه‌زنی است و ارزش آن زمانی افزایش می‌یابد که تعداد بذورهای جوانه‌زده افزایش و مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی کاهش یابد (Bahrasemani et al., 2023). بر این اساس، کاربرد تیمارهای بهبود جوانه‌زنی بذور گیاهان به‌ویژه در گیاهان دارویی می‌تواند در راستای اهداف مذکور سودبخش باشد. گیاهان دارویی با دارا بودن سازوکار خواب در بذور خود توانسته‌اند که سالیان متمادی بقاء خود را تضمین کنند (Baskin & Baskin, 2014). با این حال، اغلب اوقات وجود خواب در بذور گیاهان دارویی، مشکلات بزرگی را برای محققان و پرورش‌دهندگان به وجود می‌آورد. در مطالعات پیشین گزارش شده است که بذور گیاه گاوزبان ایرانی دارای خواب فیزیولوژیک هستند و درصد جوانه‌زنی پایین (۲۱ درصد) دارند، از این‌رو برای جوانه‌زنی به پیش تیمارهای ویژه‌ای نیازمند هستند (Jamnani et al., 2023).

نور نه‌تنها انرژی را برای فتوسنتز فراهم می‌کند، بلکه نمو ریخت‌شناختی گیاهان را تنظیم می‌کند. برخی فرآیندهای رشدونمو گیاهان مانند جوانه‌زنی، نمو دانه‌ها و القاء گل‌دهی تحت تأثیر نور قرار

مشاهده شد. در شاخص طول ریشه، ترکیب نوری آبی و قرمز (BR)، مشابه با نور R، منجر به افزایش طول ریشه شد (شکل ۵).

طول ریشه (۵/۷ سانتی‌متر)، درصد ماده خشک ریشه‌چه (۳/۱۷۲۵ گرم) و درصد ماده خشک ساقه‌چه (۲/۳۹ گرم) را افزایش داد. همچنین ضعیف‌ترین ویژگی‌های رشدی در تیمار نوری آبی (B)



شکل ۳- دانه‌های هفت‌روزه گاوزبان ایرانی

Figure 3- Seven-day-old seedlings of *Echium amoenum*

دانه‌های رشد یافته تحت نورهای سفید (الف)، آبی (ب)، قرمز (ج) و ترکیب آبی و قرمز (د).
Seedlings grown under white (A), blue (B), red (C) and a combination of blue and red (D) lights.

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر کیفیت‌های نوری بر ویژگی‌های رشدی گاوزبان ایرانی

Table 2- ANOVA for the effect of light qualities on the growth characteristics of *Echium amoenum*

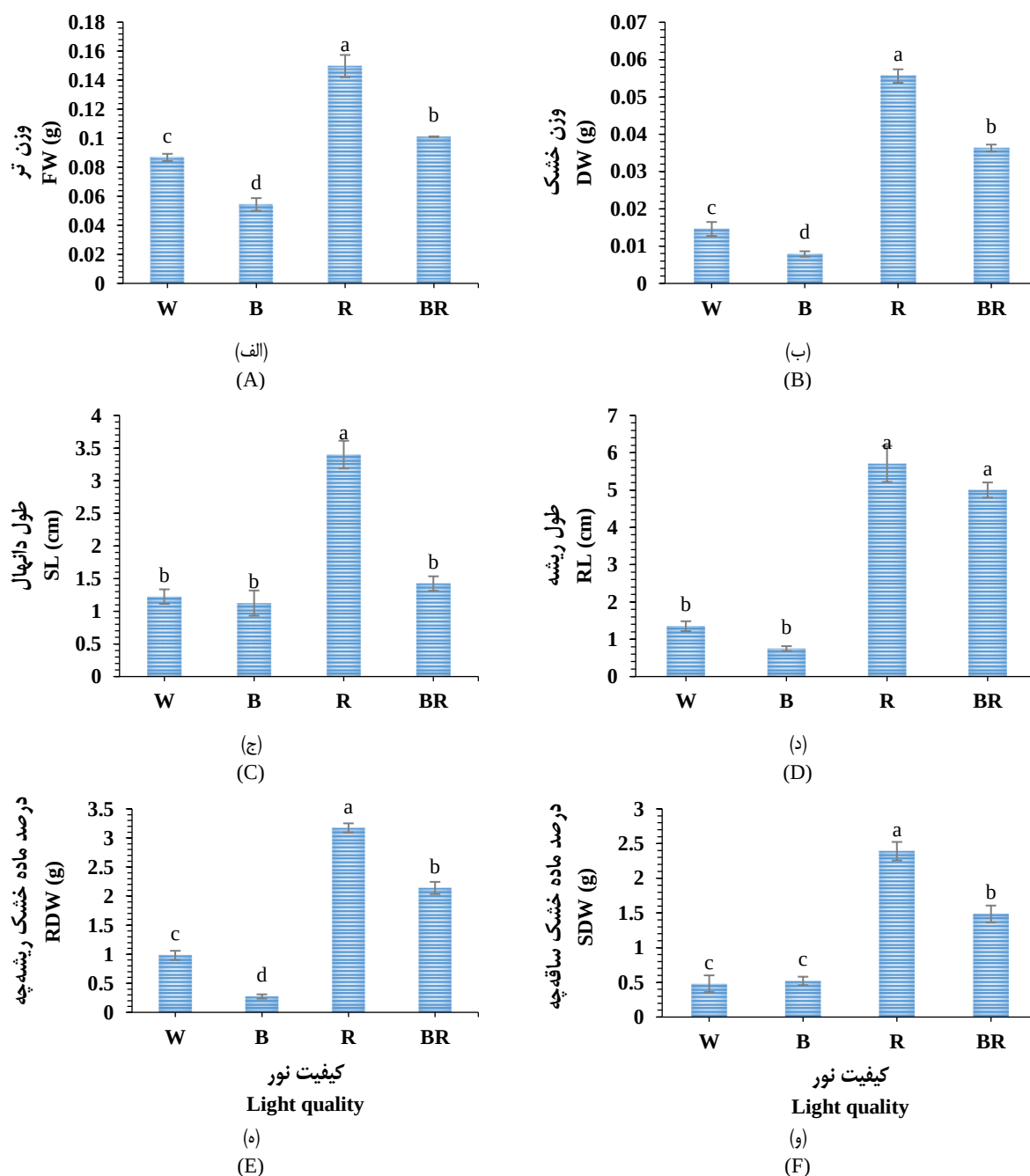
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares					
		وزن تر دانه‌ها FW	وزن خشک دانه‌ها DW	طول ساقه SL	طول ریشه RL	درصد ماده خشک ریشه‌چه RDW	درصد ماده خشک ساقه‌چه SDW
کیفیت نور Light quality	3	0.0063**	0.0018**	4.64**	25.22**	6.53**	3.30**
خطا Error	12	0.00008	0.000008	0.10	0.29	0.025	0.050
ضریب تغییرات CV (%)		9.36	10.02	18.22	17.02	9.55	18.52

** و * به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح یک و پنج درصد می باشد.

FW: وزن تر دانه‌ها، DW: وزن خشک دانه‌ها، SL: طول ساقه، RL: طول ریشه، RDW: درصد ماده خشک ریشه‌چه، SDW: درصد ماده خشک ساقه‌چه.

** and *: significant at the 1% and 5% of probability levels, respectively.

FW: fresh weight, DW: dry weight, SL: seedling length, RL: root length, RDW: root dry weight, SDW: shoot dry weight.



شکل ۴- تأثیر کیفیت‌های نوری بر ویژگی‌های رشدی گاوزبان ایرانی

Figure 4- The effect of light qualities on the germination characteristics of *Echium amoenum*

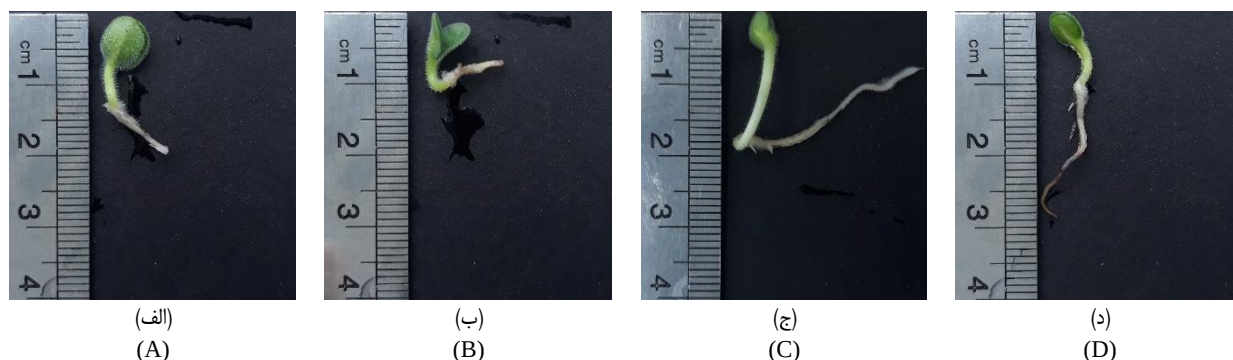
(الف) وزن تر، (ب) وزن خشک، (ج) طول دانه‌ال، (د) طول ریشه، (ه) درصد ماده خشک ریشه‌چه، (و) درصد ماده خشک ساقه‌چه.

(A) fresh weight, (B) dry weight, (C) seedling length, (D) root length, (E) root dry weight, (F) shoot dry weight.

(Error bars represent mean $\pm$ SE (n=4); DMRT, $p \leq 0.05$).

ساقه‌چه گیاه گاوزبان ایرانی در مرحله دانه‌الی تحت تأثیر نور قرمز (R) افزایش یافت، همان‌طور که در (Sharma *Lactuca sativa* L. و *et al.*, 2024) *Triticum aestivum* L. نیز (Li *et al.*, 2022) مشاهده شده است.

تغییرات در کیفیت و کمیت نوری می‌تواند بر کارایی فتوسنتز و به‌طور غیرمستقیم در دسترس بودن کربوهیدرات‌ها و انرژی برای رشد تأثیر بگذارد (Toldi *et al.*, 2019). بر این اساس، وزن تر دانه‌ال، وزن خشک دانه‌ال، درصد ماده خشک ریشه‌چه و درصد ماده خشک



شکل ۵- تأثیر کیفیت‌های نوری بر شاخص طول دانهال و طول ریشه
Figure 5- The effect of light qualities on the seedling length and root length

دانهال‌های رشدیافته تحت نور (الف) سفید، (ب) آبی، (ج) قرمز و (د) ترکیب نوری آبی و قرمز seedlings grown under white(A), blue(B), red (C) and a combination of blue and red (D) lights.

گرم وزن تر)، پروتئین کل (۲۸/۴۶۲ گرم بر گرم وزن تر) و فنل کل (۲۰/۷۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نیز تیمار ترکیبی نور آبی و قرمز (BR) تأثیر بیشتری نسبت به سایر تیمارها در افزایش شاخص‌های مذکور نشان داد. در این میان، تیمار نوری قرمز (R) محتوای کربوهیدرات و فنل کل را کاهش داد (شکل ۶).

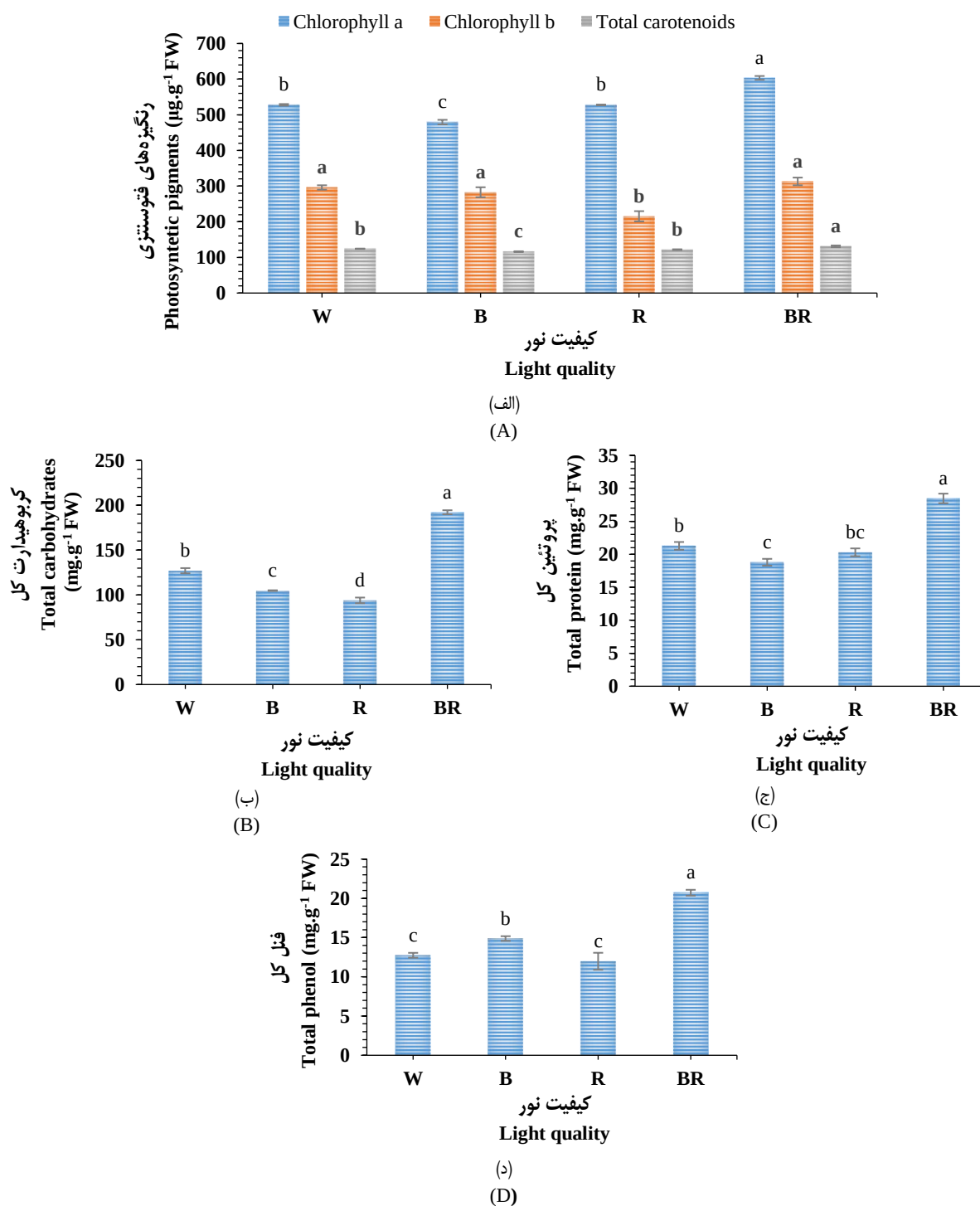
مطالعات نشان داده است که تأثیر تغییرات طیفی نور بر مشخصه‌های رشدی و بیوشیمیایی (علاوه بر گونه گیاهی) احتمالاً به مرحله رشدی گیاهان نیز وابسته است (Toldi et al., 2019). در مطالعه حاضر، شاخص‌های بیوشیمیایی با کاربرد ترکیب نور آبی و قرمز (BR) افزایش یافتند. نور قرمز و آبی بیشترین سهم از کل نور دریافتی توسط گیاهان را تشکیل می‌دهند و به‌عنوان تأثیرگذارترین طول موج‌ها در نظر گرفته می‌شوند (Li et al., 2022). کلروفیل و کاروتنوئیدها با جذب طیف نور آبی و قرمز موجب فتوسنتز در گیاهان می‌گردند (Johkan et al., 2010).

در این آزمایش، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تیمار نوری BR افزایش یافت. مطالعات نشان داده است که پیک جذب رنگیزه‌های فتوسنتزی با پیک انتشار نورهای آبی و قرمز مطابقت دارد. از این‌رو، ترکیب این دو طیف نوری می‌تواند فتوسنتز را بهبود ببخشد (Lee et al., 2014)، همان‌طور که در *Lactuca sativa* L. cv. Banchu Red Fire (Johkan et al., 2010) و *Stevia rebaudiana* Bertonii (Simlat et al., 2016) مشاهده شده است. علاوه بر این، نور آبی در تشکیل کلروفیل و نمو کلروپلاست دخیل است (Simlat et al., 2016).

کربوهیدرات محلول، پروتئین‌های محلول و پلی‌فنل‌ها متابولیت‌های اولیه و ثانویه مهم گیاهان هستند که ثابت شده است برای سلامتی انسان مفید هستند. گزارش شده است که کیفیت نور، عامل مهمی است که بر سنتز و تجمع این متابولیت‌ها تأثیر می‌گذارد (Li et al., 2022).

از طرفی، نور قرمز اغلب موجب طولیل شدن ساقه و ریشه‌ها می‌شود. این اثرات در برخی گونه‌های گیاهی از جمله *Stevia rebaudiana* Bertonii (Simlat et al., 2016) و *Ocimum basilicum grandiflorum* (Kim et al., 2004) مشاهده شده است. به نظر می‌رسد که کاربرد نور قرمز می‌تواند با افزایش رشد اولیه ریشه و جذب آب و مواد مغذی، رشد ساقه را تسهیل کند (Solano et al., 2020). همان‌طور که در مطالعه حاضر و مطالعه کیم و همکاران (Kim et al., 2004) در گیاهچه‌های *Dendranthema grandiflorum* افزایش رشد ساقه و ریشه تحت تأثیر نور قرمز مشاهده شد. همچنین گزارش شده است که فیتوکروم‌ها، طول ریشه اولیه را با واسطه نور قرمز تنظیم می‌کنند (Li et al., 2022). با این حال در مطالعات پیشین، اثرات نور قرمز بر طولیل شدن ساقه متناقض به نظر می‌رسد. برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که نور قرمز تک‌رنگ موجب عدم تعادل در توزیع انرژی برای فتوسیستم‌های I و II می‌شود که در نهایت از رشد ساقه جلوگیری می‌کند. در مجموع، به نظر می‌رسد که بسته به گونه گیاهی و مرحله رشدی، طولیل شدن ساقه را بتوان با فعل و انفعالات هم‌افزایی مختلف بین گیرنده‌های نور آبی/قرمز و فیتوکروم افزایش داد یا مهار کرد (Solano et al., 2020).

شاخص‌های بیوشیمیایی: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای نوری به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای کربوهیدرات کل، پروتئین کل و فنل کل مؤثر بودند (جدول ۳). تیمار نوری آبی (B) موجب کاهش قابل توجه محتوای کلروفیل a و کارتنوئید کل شد. دو تیمار نوری سفید (W) و قرمز (R) نتایج مشابهی را در مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی نشان دادند. از طرف دیگر، تیمار ترکیبی نور آبی و قرمز (BR) منجر به افزایش قابل ملاحظه محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی شد. در سه شاخص محتوای کربوهیدرات کل (۱۹۲/۲۵ میلی‌گرم بر



شکل ۶- تأثیر کیفیت‌های نوری بر ویژگی‌های بیوشیمیایی گاوزبان ایرانی

Figure 6- The effect of light qualities on the biochemical characteristics of *Echium amoenum*

(الف) رنگیزه‌های فتوسنتزی، (ب) کربوهیدرات کل، (ج) پروتئین کل، (د) فنل کل.

(A) photosynthetic pigments, (B) total carbohydrates, (C) total protein, (D) total phenol. (Error bars represent mean $\pm$ SE (n=4). DMRT, $p \leq 0.05$).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر کیفیت‌های نوری بر ویژگی‌های بیوشیمیایی گاوزبان ایرانی

Table 3- ANOVA for the effect of light qualities on the biochemical characteristics of *Echium amoenum*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares					
		کلروفیل a CHL a	کلروفیل b CHL b	کاروتنوئید CAR	کربوهیدرات کل TC	پروتئین کل TP	فنل کل TPH
کیفیت نور Light quality	3	10508.867*	7332.871**	152.816**	7756.529**	73.718**	62.527**
خطا Error	12	75.336	559.326	8.695	23.554	1.493	1.489
ضریب تغییرات CV (%)		1.62	8.54	2.39	3.74	5.50	8.09

** و *: به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح یک و پنج درصد می باشد.

CHL a: کلروفیل a, CHL b: کلروفیل b, CAR: کاروتنوئید, TC: کربوهیدرات کل, TP: پروتئین کل, TPH: فنل کل.

** and *: significant at the 1% and 5% of probability levels, respectively.

CHL a: chlorophyll a, CHL b: chlorophyll b, CAR: carotenoid, TC: total carbohydrates, TP: total protein, TPH: total phenol.

کوآنزیم آ و کومارول کوآ، سنتز ترکیبات فنلی را افزایش می‌دهد (Qian et al., 2016).

نتیجه‌گیری

این مطالعه ویژگی‌های جوانه‌زنی، رشدی و بیوشیمیایی گیاه گاوزبان ایرانی را تحت منابع LED با طیف‌های مختلف نوری بررسی کرد. تیمار بذور گاوزبان ایرانی با نور قرمز (R) جوانه‌زنی را تقویت نمود. همچنین موجب افزایش وزن تر، وزن خشک، طول دانه‌ها و طول ریشه، درصد ماده خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه شد. در مقابل، تیمار نور آبی (B) جوانه‌زنی بذور گاوزبان ایرانی را کاهش داد و رشد را به‌شدت تحت تأثیر قرار داد. در مراحل بعدی رشدی، واکنش گیاه گاوزبان ایرانی به طیف‌های نوری متفاوت از مراحل دانه‌پالی بود. به‌طوری‌که، تحت تیمار نوری BR، بیشترین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای کربوهیدرات کل، محتوای پروتئین کل و محتوای فنل کل به دست آمد. این مطالعه مبنایی برای دست‌ورزی طیف نوری و انتخاب نسبت مناسب نور آبی و قرمز با توجه به اهداف پرورش‌دهندگان فراهم کرد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پسادکتری دانشگاه محقق اردبیلی با شماره قرارداد ۱۶۶ است. از دانشگاه محقق اردبیلی برای حمایت مالی تشکر و قدردانی می‌شود.

در این مطالعه، محتوای کربوهیدرات کل، پروتئین محلول و فنل کل تحت تیمار نوری BR بالاترین میزان بود. در برخی گونه‌های گیاهی مانند *Momordica charantia* L. (Wang et al., 2021) و *Cunninghamia lanceolata* (Xu et al., 2019) افزایش محتوای کربوهیدرات کل تحت نور BR گزارش شده است که ناشی از دخالت نور قرمز و آبی در بهبود فتوسنتز گیاهان، بیوسنتز کربوهیدرات‌ها و افزایش رشد است (Sharma et al., 2024).

با وجود اینکه پروتئین‌ها بر عملکرد فتوسنتزی تأثیر دارند، در مطالعات کیفیت نوری کمتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Bantis et al., 2016). مشابه با نتایج این مطالعه، محتوای پروتئین کل تحت تیمار BR در گیاه *Cunninghamia lanceolata* افزایش یافت. در گزارش‌ها مشخص شده است که نور آبی دارای انرژی فوتون بیشتری است و می‌تواند در سنتز ماکرومولکول‌هایی مانند پروتئین نقش داشته باشد. علاوه بر این، نور آبی، پروتئین پیرووات کیناز را در مسیر گلیکولیز افزایش می‌دهد (Xu et al., 2019).

تأثیر کیفیت نور بر متابولیسم ثانویه بسیاری از گونه‌ها بررسی شده و مشخص شده است که نور آبی به‌صورت تک‌رنگ و یا در ترکیب با تیمار نوری قرمز می‌تواند نقش مثبتی در سنتز و تجمع پلی‌فنل‌ها داشته باشد. این مورد در برخی گونه‌های گیاهی مانند *Fagopyrum* (Bantis et al., 2016)، *Ocimum basilicum* L. (Liu et al., 2014) و *Pisum sativum* L. (Lee et al., 2014) مشاهده شده است. همچنین با افزایش تولید مالونیل

References

1. Bahrasemani, S., Seyedi, A., Fathi, S., & Jowkar, M. (2023). Improvement of germination indices , growth , and biochemical characteristics of indigo seedlings under salinity stress due to seed priming with pistachio wood vinegar. *IRAnian Journal of Plant Biology*, 14(2), 43–64 (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22108/IJPB.2023.135181.1298>
2. Bantis, F., Ouzounis, T., & Radoglou, K. (2016). Artificial LED lighting enhances growth characteristics and total phenolic content of *Ocimum basilicum*, but variably affects transplant success. *Scientia Horticulturae*, 198, 277–283. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.014>
3. Baskin, C.C., & Baskin, J.M. (2014). Seeds: Ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination. In Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-00597-X>
4. Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1–2), 248–254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
5. Buso, P., Manfredini, S., Ahmadi-Ashtiani, H.R., Sciabica, S., Buzzi, R., Vertuani, S., & Baldisserotto, A. (2020). Iranian medicinal plants: From ethnomedicine to actual studies. *Medicina (Lithuania)*, 56(3), 2014–2023. <https://doi.org/10.3390/medicina56030097>
6. Catana, R., Lazar, M., Holobiuc, I., & Florescu, L. (2020). Seed germination of some medicinal plant species for conservative purpose. *Romanian Biotechnological Letters*, 25(3), 1621–1627. <https://doi.org/10.25083/rbl/25.3/1621.1627>
7. Costa, A., Dias, A.S., Grenho, M.G., & Dias, L.S. (2016). Effects of dark or of red, blue or white light on germination of subterranean clover seeds. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(12), 853–864. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-06-774>
8. Jamnani, M.J., Holmelid, B., Vedeler, A., Parsian, H.H., Andersen, H.L., & Fossen, T. (2023). Natural Products from leaves of the ancient iraninan medicinal plant *Echium amoenum* Fisch. & C. A. Mey. *Molecules*, 28(1), 1–10. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.3390/molecules28010385>
9. Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hashida, S., Nosuke, & Yoshihara, T. (2010). Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience*, 45(12), 1809–1814. <https://doi.org/10.21273/hortsci.45.12.1809>
10. Kim, S.J., Hahn, E.J., Heo, J.W., & Paek, K.Y. (2004). Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets *in vitro*. *Scientia Horticulturae*, 101(1–2), 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2003.10.003>
11. Lee, S.W., Seo, J.M., Lee, M.K., Chun, J.H., Antonisamy, P., Arasu, M.V., Suzuki, T., Al-Dhabi, N.A., & Kim, S.J. (2014). Influence of different LED lamps on the production of phenolic compounds in common and Tartary buckwheat sprouts. *Industrial Crops and Products*, 54, 320–326. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.024>
12. Li, J., Guo, X., Zhang, S., Zhang, Y., Chen, L., Zheng, W., & Xue, X. (2022). Effects of light quality on growth, nutritional characteristics, and antioxidant properties of winter wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 13(September), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.978468>
13. Lichtenthaler, H.K., & Buschmann, C. (2005). *Chlorophylls and Carotenoids: Measurement And Characterization by UV-VIS Spectroscopy. Handbook of Food Analytical Chemistry*, 2–2(1), 171–178. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0403s01>
14. Liu, H.K., Chen, Y.Y., Hu, T.T., Zhang, S.J., Zhang, Y.H., Zhao, T.Y., Yu, H.E., & Kang, Y.F. (2016). The influence of light-emitting diodes on the phenolic compounds and antioxidant activities in pea sprouts. *Journal of Functional Foods*, 25, 459–465. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.06.028>
15. McCree, K.J. (1971). The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agricultural Meteorology*, 9(C), 191–216. [https://doi.org/10.1016/0002-1571\(71\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0002-1571(71)90022-7)
16. Omokolo Doumou, D., Ndzomo, T.G., & Djocgoue, P.F. (1996). Changes in carbohydrate, amino acid and phenol contents in cocoa pods from three clones after infection with *Phytophthora megakarya* Bra. and Grif. *Annals of Botany*, 77(2), 153–158. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0017>
17. Paniagua Pardo, G., Hernández Aguilar, C., Rico Martínez, F., Domínguez Pacheco, F.A., Martínez Ortiz, E., & Martínez González, C.L. (2015). Efecto de la luz led de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.). *Polibotánica*, 0(40). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.40.13>
18. Qian, H., Liu, T., Deng, M., Miao, H., Cai, C., Shen, W., & Wang, Q. (2016). Effects of light quality on main health-promoting compounds and antioxidant capacity of Chinese kale sprouts. *Food Chemistry*, 196, 1232–1238. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.055>
19. Sanoubar, R., Calone, R., Noli, E., & Barbanti, L. (2018). Data on seed germination using LED versus fluorescent light under growth chamber conditions. *Data in Brief*, 19, 594–600. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.05.040>

20. Sena, S., Kumari, S., Kumar, V., & Husen, A. (2024). Light emitting diode (LED) lights for the improvement of plant performance and production: A comprehensive review. *Current Research in Biotechnology*, 7(November 2023), 100–184. <https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2024.100184>
21. Sharma, R.K., Bhatia, B., Chhibbar, A.K., Mukherjee, S., Ritika, K., Kumari, K., & Indu, S. (2024). Substitute of Light requirement for germination in positive photoblastic seeds of inula racemosa - a critically endangered medicinal and aromatic plant of North-Western Himalaya, India. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 50(3), 377–383. <https://doi.org/10.55863/ijees.2024.0015>
22. Simlat, M., Ślęzak, P., Moś, M., Warchoń, M., Skrzypek, E., & Ptak, A. (2016). The effect of light quality on seed germination, seedling growth and selected biochemical properties of Stevia rebaudiana Bertoni. *Scientia Horticulturae*, 211, 295–304. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.009>
23. Singleton, V.L., & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158. <http://www.ajevonline.org/cgi/content/abstract/16/3/144>
24. Solano, C.J., Hernández, J.A., Suardíaz, J., & Barba-Espín, G. (2020). Impacts of LEDs in the red spectrum on the germination, early seedling growth and antioxidant metabolism of pea (*Pisum sativum* L.) and melon (*Cucumis melo* L.). *Agriculture (Switzerland)*, 10(6), 1–11. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060204>
25. Toldi, D., Gyugos, M., Darkó, É., Szalai, G., Gulyás, Z., Gierczik, K., Székely, A., Boldizsár, Á., Galiba, G., Müller, M., Simon-Sarkadi, L., & Kocsy, G. (2019). Light intensity and spectrum affect metabolism of glutathione and amino acids at transcriptional level. *Plos ONE*, 14(12), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227271>
26. Vasilean, I., Cîrciumaru, A., Garnai, M., & Patrascu, L. (2018). The influence of light wavelength on the germination performance of legumes. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI: Food Technology*, 42(2), 95–108.
27. Wang, G., Chen, Y., Fan, H., & Huang, P. (2021). Effects of Light-Emitting Diode (LED) red and blue light on the growth and photosynthetic characteristics of *Momordica charantia* L. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 10(01), 1–15.
28. Wang, X., Li, C., Liang, D., Zou, Y., Li, P., & Ma, F. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activity in red-fleshed apples. *Journal of Functional Foods*, 18, 1086–1094. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.06.013>
29. Xu, Y., Liang, Y., & Yang, M. (2019). Effects of composite LED light on root growth and antioxidant capacity of *Cunninghamia lanceolata* tissue culture seedlings. *Scientific Reports*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46139-2>