تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) تحت تاثیر طیف‌های نوری

مهدی بابائی[۱]، لادن آژدانیان[۱]، حسین آروئی*[۲]

[۱]دانشجوی دکتری علوم باغبانی، اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهان باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

[۲]دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

نویسنده مسئول: aroiee@um.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کیفیت طیف های مختلف نور LED (90%R+10%B, 60%R+40%B and control) بر شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و میزان تعرق، بر گیاه شاهی آزمایشی گلدانی تحت شرایط کشت بدون خاک در گلخانه، در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۶ تکرار پایه ریزی و اجرا شد. نتایج بدست آمده نشان داد که کاربرد ترکیبی طیف‌های نوری آبی و قرمز با درصدهای متفاوت بر روی صفات اثر معنی‌دار و مثبتی داشتند. بیشترین مقدار هدایت روزنه‌ای، براساس افزایش نور قرمز در تیمار 90R:10B به‌میزان ۰/۳ ($cm.s^{-2}$)، دیده شد و همچنین در تیمار شاهد که منبع نوری آن نور طبیعی خورشید بود کمترین مقدار به میزان۰/۱۱ ($cm.s^{-2}$)، مشاهده شد. بیشترین میزان تعرق در تیمار 60R:40B ، ۲۵/۸۳ ($mol.m^{-2}.s^{-1}$) که در مقایسه با تیمار نوری شاهد (نور خورشید) افزایش معنی‌دار داشت. کمترین میزان تعرق در تیمار شاهد (نور خورشید) ۵/۵ ($mol.m^{-2}.s^{-1}$) بود. میزان شاخص کلروفیل در تیمار 60R:40B به بیشترین میزان ۴۱/۱۸ بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($p\leq0.01$) و کمترین در تیمار شاهد به‌میزان ۲۵/۵ بود. در نتیجه می‌توان اینگونه بیان کرد که استفاده از طیف‌های نوری آبی و قرمز به‌صورت ترکیبی با درصدهای مختلف می تواند اثرات گوناگون و مثبتی در رشد و نمو گیاهان بگذارد بنابراین وجود هر دو نوع طیف پیشنهاد می‌شود. این تکنولوژی یعنی ترکیبی خاص از طیف‌های نوری LED برای انواع تولیدات گلخانه‌ای تجاری، به‌ویژه محصولات با ارزش گلخانه‌ای می‌تواند مفید واقع شود.

واژه‌های کلیدی: تعرق، فتوسنتز، کلروفیل، نور آبی

مقدمه

امروزه به‌دلیل پیشرفت های فن آوری استفاده از دیودهای نور (LED) در صنعت باغبانی به‌سرعت در حال افزایش است و سیستم‌های نوری تکمیلی نقش مهمی در تولید گلخانه‌ای تجاری ایفا می‌کنند. به عنوان یک منبع نور مصنوعی، لامپ‌های LED می‌توانند به رشد بهتر و سریع‌تر محصولات باغبانی نظیر سبزیجاتی که در گلخانه‌ها کشت می‌شوند،کمک شایانی کنند. در این بین، نور آبی و قرمز برای رشد گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. گیاهان توانایی احساس تغییرات کوچک در طیف، شدت و جهت نور را دارند. گیرنده‌های نور این سیگنال‌ها را که امکان دستیابی به اطلاعات مورد استفاده برای تنظیم رشد گیاه را امکان پذیر می‌سازند، حس می‌کنند. سه گروه اصلی از گیرنده‌های نور شناخته شده‌اند: فیتوکروم‌های حساس به نور قرمز و قرمز دور، کریپتوکروم‌های حساس به UV-A و نور آبی و فتوتروپین‌ها. بر این اساس تحقیقات اخیر نشان داده است که مهم ترین طول موج‌ها برای فتوسنتز، طول موج آبی و قرمز است که بیشترین میزان فتوسنتز (قله فتوسنتزی) در طول موج ۴۴۰ نانومتر (آبی) و ۶۲۰ نانومتر (قرمز) دیده می‌شود (Franklin *et al.*, 2005). نور قرمز نقش مهمی در توسعه دستگاه‌های فتوسنتزی ایفا می‌کند و همچنین می‌تواند تغییرات نوری در دستگاه فیتوکروم را کنترل کند همچنین از طرفی نور آبی باعث بیوسنتز کلروفیل، باز شدن روزنه‌ها و افزایش ضخامت برگ می‌شود (Urbonavičiūtė *et al.*, 2007). مطالعات متعددی نشان داده است که استفاده از طیف‌های ترکیبی نوری باعث به کار انداختن و فعالیت سیستم‌های نوری پیچیده‌ای در گیاهان می‌شود که در نهایت منجر به پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان می شوند (Huche-Thelier *et al.*, 2016). به‌طور کلی، کنترل دقیق محیط نور (به‌عنوان مثال کیفیت نور ، شدت نور، و دوره نورانی) با توجه به نیازهای گیاه، می‌تواند عملکرد و کیفیت گیاه و راندمان تولید آن را بهبود بخشد. بنابراین، گلخانه هایی که از منابع نور LED استفاده می‌کنند، دارای توان بالقوه بالایی هستند که نور محیط را به‌طور خاص تنظیم می‌کنند. گیاهان کوچک مانند سبزیجات برگی، سبزیجات ریشه‌ای کوچک و بعضی از گیاهان دارویی ایده آل‌ترین گیاهان برای کشت در گلخانه هایی هستند که از LED استفاده می‌کنند. در حال حاضر، گونه

های گیاهی کشت شده در گلخانه های مجهز به LEDs بیشتر شامل سبزیجات برگی، مانند کاهو و اسفناج هستند (Kang *et al.* 2013). گیاه شاهی گیاهی کوچک، علفی، بدون کرک و یکساله به ارتفاع ۵۰ سانتیمتر از خانواده چلیپاییان بوده و گیاهی غنی از املاح معدنی و ویتامین های A و C که از لحاظ دارویی برای درمان کم خونی و تصفیه خون بسیار مفید می‌باشد. این گیاه هم به عنوان یک سبزی برگی خوراکی و هم به‌عنوان یک گیاه دارویی خواص فوق العاده‌ای دارد. بنابراین هدف اصلی از انجام این تحقیق با توجه به اثراتی که دو طیف نوری آبی و قرمز بر روی گیاهان به خصوص اثرات مثبتی که بر سبزی‌های برگی می‌گذارد، بررسی و مقایسه ترکیب‌های مختلفی از نور آبی و قرمز بر روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و پارامتر مهم قتوسنتزی گیاه شاهی به عنوان یک سبزی برگی و دارویی مهم بود تا بتوانیم بهترین درصد از ترکیب طیف‌های آبی و قرمز را برای ایده‌آل ترین رشد در گیاه شاهی معرفی کنیم.

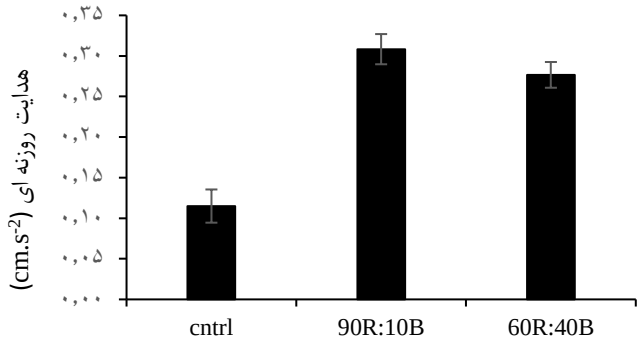
مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر نور آبی و قرمز تحقیق حاضر به‌صورت یک آزمایش گلدانی در گلخانه، در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۳ تیمار نوری شامل: نور طبیعی (شاهد)، ٪۶۰ نور قرمز+ ٪۴۰ نور آبی و ٪۹۰ نور قرمز + ٪۱۰ نور آبی در ۳ تکرار در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا با میانگین دما شبانه روز ۲۷–۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰–۴۰ ٪ پایه‌ریزی و اجرا شد. گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع۴۰ سانتی‌متر بودند. بستر کشت گیاه، مخلوطی شامل ۴۰٪ پیت ماس به‌همراه ۴۰٪ کوکوپیت و ۲۰٪ پرلایت خواهد بود.گیاهان روزانه تا زمان ارتفاع ۱۰ سانتی متری آبیاری می‌شدند، سپس توسط محلول نیم هوگلند هر دو روز یک بار تغذیه می‌شدند. جهت اعمال تیمارهای نوری در ابتدای کاشت بذر در هر واحد آزمایشی، مجموعه‌ای از لامپ‌های LED با قدرت بالا (High Power LED) شدت نور ۵۰۰۰ لوکس و میزان PPFD ۱۰±۱۶۸ ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از سطح گیاه با طول موج‌های آبی و قرمز استفاده شد. فاصله لامپ‌ها از گیاه به‌وسیله گیره‌های فلزی در مراحل مختلف رشدی گیاه قابل تنظیم بود. اندازه‌گیری شدت نور با استفاده از دستگاه نور سنج ساخت شرکت MarManix و Sekonic C-7000, Japan اندازه گیری شد. در واحد آزمایشی شاهد، از نور طبیعی خورشید استفاده شد. مدت روشنایی لامپ‌ها ۱۲ ساعت در طول روز برای تمام واحدها به‌طور یکسان توسط یک تایمر اعمال شد. طیف آبی و قرمز در یک والواشر خطی به عنوان دیودهای نوری به تعداد ۶ عدد قرار داده شدند. در تیمار 60R:40B تعداد ۴ عدد لامپ قرمز و ۲ عدد آبی و در تیمار 90R:10B ۵ عدد لامپ قرمز و ۱ عدد لامپ آبی قرار داده شده بود. محیط رشد گیاهان به طور کامل توسط پلاستیک های مخصوص پوشانده شده بود تا در زمان روشنایی لامپ‌ها تداخل نوری صورت نگیرد. طیف نوری لامپ قرمز ۶۳۷ نانومتر و طیف آبی ۴۶۳ نانومتر قرائت شد که طول موج‌های مذکور توسط دستگاه طیف سنج واقع در آزمایشگاه اپتیک اندازه‌گیری شد. هدایت روزنه‌ای و تعرق توسط دستگاه AP4 POROMETER و شاخص کلروفیل برگ توسط دستگاه کلروفیل‌متـر (SPAD) مدل ۲۰۰ - CCM SCIENCES-OPTI در سومین برگ گیـاه اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم افزار JMP8 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ ٪ انجام شد.

نتایج و بحث

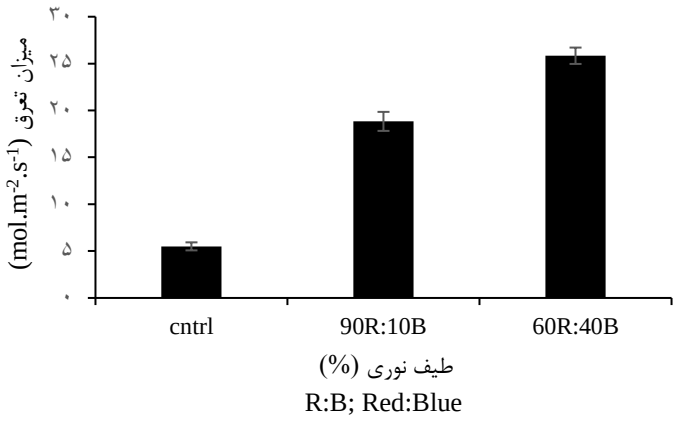
براساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، میزان هدایت روزنه‌ای گیاه شاهی در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر تیمارهای مختلف نوری قرار گرفت. مقدار هدایت روزنه‌ای ثبت شده براساس افزایش نور قرمز افزایش یافت ($p\leq0.01$) به‌طوری که در تیمار 90R:10B بیشترین هدایت روزنه‌ای به‌مقدار ۰/۳ ($cm.s^{-2}$) دیده شد. همان طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود روند کاهشی ($p\leq0.01$) در میزان هدایت روزنه‌ای با توجه به کاهش نور قرمز قابل مشاهده است این مقدار در تیمار 60R:40B ۰/۲۷ ($cm.s^{-2}$) بود. همچنین در تیمار شاهد که منبع نوری آن نور طبیعی خورشید بود کمترین مقدار به‌میزان ۰/۱۱ مشاهده شد. استومات‌ها یا روزنه‌های هوایی مانند حفره‌هایی هستند که در اپیدرم برگ‌ها مستقرند و برای تبادلات گازی بین گیاه و اتمسفر بکار می‌آیند. برخی پژوهشگران به اهمیت نور آبی در باز شدن استومات‌ها تاکید کردند (Zheng *et al.*, 2020). طبق مطالعات نورآبی تنها نوری است که در شدت نور پایین هم روی هدایت روزنه‌ای تاثیر میگذارد که با نتایجی که ما در این تحقیق بر روی گیاه شاهی انجام داده‌ایم مطابقت داشت. اما نتایج متناقضی هم در برخی مطالعات وجود دارد به‌عنوان مثال در مطالعه‌ای که بر روی سه گیاه تربچه، اسفناج و کاهو زیر لامپ‌های

LED انجام شده بود نشان داد که هدایت روزنه‌ای گیاهانی که در نور فلوروسنت رشد می‌کنند نسبت به گیاهانی که در LEDهای قرمز رشد می‌کنند با نور ابی کم یا بدون آن بیشتر است (Ballard, *et al*,2019).



شکل ۱- مقایسه میانگین طیف‌های نوری بر میزان هدایت روزنه ای گیاه شاهی ($p\leq0.01$)

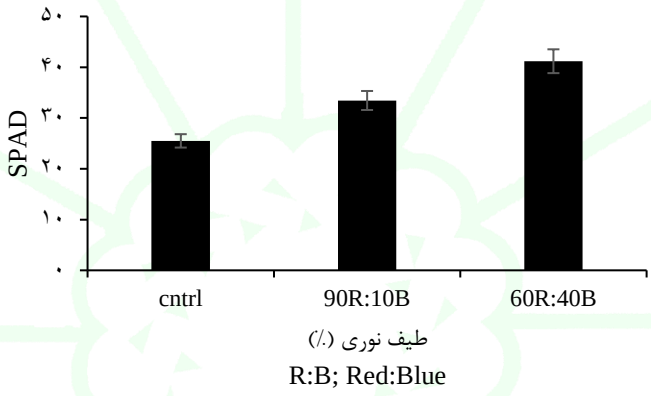
در هنگام استفاده از لامپ های ال‌ای‌دی با درصدهای مختلف نوری شامل 60R:40B و 90R:10B در مقایسه با تیمار شاهد (نور خورشید) در طی دوره رشد افزایش معنی‌داری ($p\leq0.01$) در میزان تعرق گیاه شاهی مشاهده شد (شکل۲). بیشترین میزان تعرق در تیماری مشاهده شد که نسبت به تیمارهای دیگر درصد نور آبی بیشتری داشت (60R:40B) این مقدار براساس شکل (۲) ۲۵/۸۳ ($mol.m^{-2}.s^{-1}$) بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($p\leq0.01$). میزان تعرق در گیاهانی که تحت تیمار نوری 90R:10B بودند به میزان ۱۸/۸۳ (mol.m-2.s-1) بود که در مقایسه با تیمار نوری شاهد (نور خورشید) افزایش معنی‌دارداشت ($p\leq0.01$). کمترین میزان تعرق در تیمار شاهد (نور خورشید) ۵/۵ (mol.m-2.s-1) بود (شکل۲). میزان تعرق در طول موج نور قرمز در مقایسه با دیگر تیمارهای نوری کاهش یافته است که با نتایج سایر محققان تطابق دارد. ترکیب نور قرمز و آبی اثرات افزایشی بر روی تعرق میگذارد که دلیل آن را میتوان توقف تمایز روزنه ها در نور قرمز دانست (Lee *et al*.,2007)، همچنین علت توقف تمایز روزنه‌ها در نور قرمز را می‌توان فقدان انواعی از کریپتوکروم‌ها و فتوتروپین‌ها که با همکاری نورآبی جهت توسعه و بازشدن روزنه‌ها اقدام می‌کنند دانست (Kang *et al*.,2009).



شکل ۲- مقایسه میانگین طیف‌های نوری بر میزان تعرق گیاه شاهی ($p\leq0.01$).

کاربرد نور مصنوعی در طی دوره کاشت بر روی میزان کلروفیل برگ‌های گیاه شاهی با LSD یک درصد اثر معنی‌داری داشت. براساس نتایج نشان داده شده در شکل (۳)، هر چه درصد نور آبی بیشتر باشد به همان میزان شاهد افزایش معنی‌داری نسبت به سایر

تیمارها در میزان کلروفیل خواهیم بود. به‌طوریکه بیشترین میزان کلروفیل در تیمار 60R:40B که درصد بالاتری نور آبی داشت به میزان ۴۸/۱۸ مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای نوری مشاهده شد و تیمار 90R:10B دارای ۳۳/۴۵ کلروفیل بود که همچنین کمترنی میزان را در تیمار شاهد ۲۵/۵ مشاهده کردیم (شکل۳). کیفیت طیف نوری میتواند بر ترکیب رنگدانه ها مؤثر باشد و بهطور مستقیم بر عملکرد کوانتومی گیاه برای تثبیت دی اکسید کربن اثر میگذارد. برای مثال گزارش شده است که نور آبی سنتز فلاونوئید را تحریک می‌کند، و در طیف PAR (400-700 nm) نور آبی (۴۰۰–۵۰۰ nm) به وفور موجود است که رنگدانه‌های جانبی را تحریک میکند (Hogewoning *et al.*,2010). ماتسودا و همکاران در سال ۲۰۱۶ اشاره کردند که نور آبی در تطابق نور بر سطح کلروپلاست در اسفناج درگیر است. تحقیقات گسترده‌ای راجع به اهمیت نور آبی تحت شرایط نور مصنوعی به وسیله ای‌ای‌دی‌ها انجام پذیرفته است که نشان دهنده چگونگی تاثیر نور آبی بر میزان کلروفیل در گیاهان گندم، گیاهچه سیب زمینی، آرابیدوبپسیس و اسفناج بود که با نتایج مطابق با تحقیقات ما بر روی برگ‌های گیاه شاهی بود که همانند سایر محققین متوجه تاثیر بسزای نور آبی بر روی میزان کلروفیل شدیم چرا که تیماری که درصد نور آبی بالاتری داشت میزان کلروفیل بالاتری نیز داشت.



شکل ۳- مقایسه میانگین طیف‌های نوری بر میزان شاخص کلروفیل (SPAD) گیاه شاهی ($p\leq0.01$).

منابع

Ballard, T., Peak, D., Mott, K. 2019. Blue and red-light effects on stomatal oscillations. Funct. Plant Biol. 46 (2), 146–151.

Franklin, K.A., Whitelam, G.C. 2005. Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. Ann. Bot. 96 (2), 169–175.

Hogewoning, S.W., Trouwborst, G., Maljaars, H., Poorter, H., van Ieperen, W., Harbinson, J. 2010. Blue light dose–responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of Cucumis sativus grown under different combinations of red and blue light. J. Exp. Bot. 61 (11), 3107–3117.

Huch_e-Th_elier, L., Crespel, L., Le Gourrierec, J., Morel, P., Sakr, S., Leduc, N. 2016. Light signaling and plant responses to blue and UV radiations—perspectives for applications in horticulture. Environ. Exp. Bot. 121, 22–38.

Kang, C.-Y., Lian, H.-L., Wang, F.-F., Huang, J.-R., Yang, H.-Q. 2009. Cryptochromes, phytochromes, and COP1 regulate light-controlled stomatal development in Arabidopsis. Plant Cell 21 (9), 2624–2641.

Kang, J.H., KrishnaKumar, S., Atulba, S.L.S., Jeong, B.R., Hwang, S.J. 2013. Light intensity and photoperiod influence the growth and development of hydroponically grown leaf lettuce in a closed-type plant factory system. Hortic, Environ., Biotechnol. 54 (6), 501–509.

Lee, S.-H., Tewari, R.K., Hahn, E.-J., Paek, K.-Y. 2007. Photon flux density and light quality induce changes in growth, stomatal development, photosynthesis and transpiration of Withania somnifera (L.) Dunal. plantlets. Plant Cell Tissue Organ Cult. 90 (2), 141–151.

Urbonaviciut _ e, A., Pinho, P., Samuolien_ e, G., Duchovskis, P., Vitta, P., Stonkus, A., Halonen, L., 2007. Effect of short-wavelength light on lettuce growth and nutritional quality. Sodininkyst _e ir dar_zininkyst _e 26 (1), 157–165.

Zheng, L., Steppe, K., Van Labeke, M.C., 2020. Spectral quality of monochromatic LED affects photosynthetic acclimation to high-intensity sunlight of Chrysanthemum and Spathiphyllum. Physiol. Plant.

Physiological changes in *Lepidium sativum* affected by light spectra

Hossen Aroiee*[1], Ladan Ajdanian[2], Mehdi Babaei[2]
[1] Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad; Iran,
[2]Ph.D student in Horticulture, Breeding and biotechnology of horticultural plants, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
Corresponding Author: aroiee@um.ac.ir

Abstract

In order to investigate the effect of quality of different spectra of LED light (90% R + 10% B, 60% R + 40% B and control) on chlorophyll index, stomatal conductance and transpiration rate, on potted watercress under soilless cultivation conditions In the greenhouse, split plots were established and implemented based on a completely randomized design with 6 replications. The results showed that the combined application of blue and red-light spectra with different percentages had a significant and positive effect on the traits. The highest amount of aperture conductivity was observed based on the increase of red light in the treatment of 90R: 10B by 0.3 ($cm.s^{-2}$), and also in the control treatment whose light source was natural sunlight, the lowest amount was observed by 0.11 ($cm.s^{-2}$), was observed. The highest amount of transpiration was in the treatment of 60R: 40B, 25.83 ($mol.m^{-2}. s^{-1}$) which had a significant increase compared to the control light treatment (sunlight). The lowest transpiration rate in the control treatment (sunlight) was 5.5 ($mol.m^{-2}. s^{-1}$). The amount of chlorophyll index in 60R: 40B treatment was 41.18 with the highest difference with other treatments ($p\leq0.01$) and the lowest in the control treatment was 25.5. As a result, it can be said that the use of blue and red-light spectra in combination with different percentages can have various and positive effects on plant growth and development, so the existence of both types of spectra is recommended. This technology means a special combination of LED light spectra can be useful for a variety of commercial greenhouse products, especially valuable greenhouse products.

***Keywords*:** Blue light, Chlorophyll, Photosynthesis, Transpiration