فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۴، شماره ۶۸، مهر و آبان‌ماه ۱۴۰۴ صفحه: ۸۷-۹۷
https://doi.org/10.22034/14.68.87

مقاله پژوهشی

اثر طیف‌های مختلف نور LED بر میزان رشد و اجزاء اسانس گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*)

نجمه قمری زارع[1]، ایمان یوسفی جوان[1*]، محبوبه ناصری[1] و عباس قمری زارع[2]
[1] گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی،دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران
[2] مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۱۲/۰۶)

چکیده

اسطوخودوس از گیاهان دارویی و معطر مهم است که کاربردهای متنوعی در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی دارد. به همین دلیل در این پژوهش تأثیر نور با طول‌موج‌های مختلف بر پارامترهای رشدی و میزان اسانس تولیدی و اجزاء اسانس گیاه اسطوخودوس بررسی شده است. گیاهان اسطوخودوس را در اتاقک حاوی لامپ‌های LED با طیف نوری قرمز (٪۱۰۰)، آبی (٪۱۰۰)، قرمز + آبی، سفید (٪۱۰۰)، سبز (٪۱۰۰) و زرد (٪۱۰۰) با شدت نوری ۳۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و در شرایط گلخانه‌ای قرار داده شدند. بعد از مدت ۱۴ و ۳۰ روز صفات رشدی و میزان تولید اسانس و اجزاء اسانس اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در مدت ۱۴ و ۳۰ روز در تیمار با نور قرمز بیشترین وزن تر (۰/۹۸ گرم)، وزن خشک (۰/۴۳ گرم) و فاصه میان گره (۲۷ سانتی‌متر) را داشتند. همچنین در گیاهان در تیمار نور سبز رنگ، کمترین میزان رشد مشاهده شد. سنجش اسانس گیاه اسطوخودوس نشان داد که، در تیمار نور آبی + قرمز در مدت۳۰ روز، میزان تولید اسانس (۰/۵ گرم) در گیاهان به شکل معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای نوری افزایش یافت. نتایج بررسی اجزاء اسانس اسطوخودوس مشخص شد که در تیمار نور قرمز تنوع متابولیت ثانویه بالاتری نسبت به سایر تیمارهای نوری حاصل شد. بطوریکه استفاده از منابع نوری مصنوعی مانند LED به عنوان منابع نوری جایگزین در گلخانه‌ها جهت بهبود رشد و افزایش مواد مؤثره پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، متابولیت ثانویه، کیفیت نور، نور تکمیلی

مقدمه

امروزه استراتژی جهانی در تولید گیاهان دارویی و معطر، ارتقای کمی و کیفی اسانس آنها است و با توجه به اثرات نامطلوب مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی نظیر کودها و آفت‌کش‌ها، تمایل به استفاده از مکانیزم‌های سالم‌تر و سازگارتر با محیط‌زیست در حال افزایش است (Ahmadi *et al.*, 2021). با توجه به کمبود آب و مشکلات ناشی از آن در مناطق خشک دنیا، گرایش جهانی در جهت استفاده از گلخانه و تأسیسات سرپوشیده به جای مزرعه برای پرورش گونه‌های دارویی است (Mesgaran and Azadi, 2018).

نور، نه تنها به عنوان منبعی از انرژی برای فتوسنتز گیاهان سبز محسوب می‌شود بلکه مهمترین عامل محرک در نمو گیاهان است. گیاهان برای پیشبرد مسیر تکاملی خود نیاز به شدت، جهت و کیفیت (طول‌موج‌های مختلف) مناسب نور

*نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: I.javan@torbath.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.87]

دارند که برای رسیدن به این امر مهم گیرنده‌های بسیار تخصص‌یافته‌ای ازقبیل انواع فیتوکروم‌ها، کریپتوکروم‌ها و فتوتروپین‌ها در گیاهان وجود دارد (Thoma *et al.*, 2020).

به لحاظ کیفیت، نور به چهار محدوده اصلی طول‌موجی برای گیاهان تقسیم می‌شود که هر کدام از این قسمت‌ها قادر به ارسال پیام‌های کنترل‌کننده، طی فرآیندهای رشد و نموگیاهان هستند؛ این چهار محدوده اصلی عبارتند از: محدوده نور فرابنفش ۳۴۰ تا ۴۰۰ نانومتر، محدوده نور آبی ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر، محدوده نور قرمز ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر و محدوده نور مادون قرمز ۷۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر. برای جذب این چهار محدوده اصلی در گیاهان، سه گروه گیرنده اختصاصی شامل: کریپتوکروم (جاذب نور آبی و فرابنفش)، فتوتروپین (جاذب نور آبی و فرابنفش) و فیتوکروم (جاذب نور قرمز و مادون قرمز) وجود دارد (Barrero *et al.*, 2014).

بررسی تغییر در میزان اسانس گیاهان دارویی بسیار مهم است زیرا این امر به تغییر خواص غذایی، دارویی و آنتی‌اکسیدانی آنها مربوط می‌شود (Mashkani *et al.*, 2018). تحقیقات نشان می‌دهد که ارتباط نزدیکی بین ویژگی‌های نور و تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی وجود دارد. بهینه‌سازی شرایط نوری می‌تواند به افزایش تولید این ترکیبات ارزشمند کمک کند و در نتیجه به بهبود کیفیت و کمیت فرآورده‌های دارویی منجر شود. این موضوع اهمیت زیادی در کشاورزی پایدار و تولید محصولات دارویی با کیفیت بالا دارد (Omid Beigi, 1999).

کیفیت نور می‌تواند ترکیب اسانس‌ها را در گیاهان دارویی تغییر دهد (Thoma *et al.*, 2020). از طیف‌های مختلف نور می‌توان برای بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در گیاهان از جمله اسانس‌ها استفاده کرد. شدت نور همچنین می‌تواند تولید اسانس را با تحریک آنزیم‌های حساس به نور مورد نیاز برای مسیر اسید موالونیک تغییر دهد. بنابراین، تابش می‌تواند به طور مستقیم بر تولید اسانس‌ها یا به‌طور غیرمستقیم از طریق افزایش زیست‌توده گیاهی تأثیر بگذارد (Pegoraro *et al.*, 2010).

تغییر کیفیت نور، از طریق استفاده از منابع نور مصنوعی در محیط‌های کنترل‌شده به منظور افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی امکان‌پذیر است از این‌رو در سال‌های اخیر لامپ‌های LED به عنوان منابع جدید نور برای تولید گیاهان در محیط‌های کنترل‌شده و همچنین تحقیقات فیزیولوژی گیاهی مورد توجه قرار گرفته است (Aslami *et al.*, 2024). لامپ‌های LED حدود ۸۰ تا ۱۰۰ درصد تشعشع فعال فتوسنتزی را دارند. یافته‌ها نشان می‌دهند که نور LED می‌تواند با تحریک متابولیسم گیاه تولید ترکیبات مؤثره دارویی را در آن‌ها بهبود ببخشد (Darko *et al.*, 2014). اندازه کوچک، طول عمر طولانی و فراهم‌کردن امکان انتخاب طول‌موج‌های خاص برای گیاه مورد نظر، LEDها را برای پرورش گیاهان نسبت به سایر منابع نوری برتری داده است (Abraham *et al.*, 2004). در پژوهشی تیز افزایش فنول در گیاه کاهو تحت تأثیر نور LED مشاهده کردند (Li and Kubota, 2009). همچنین آنتوسیانین کلم قرمز تحت تأثیر این نور افزایش یافته است (Wu *et al.*, 2007). نتایج در پژوهش‌هایی نشان داده است که درصد نور آبی تأثیر مستقیمی بر میزان تجمع کارتنوئید در کاهو، اسفناج، کلم، ریحان و فلفل دارد (Naznin *et al.*, 2019). استفاده از ترکیب LED قرمز و آبی سبب افزایش چهار برابری تولید اسانس در نعنا شده است (Sabzalian *et al.*, 2014). در گیاهان نعناع فلفلی نیز سبب افزایش بیش از چهار برابری درصد اسانس نسبت به شرایط مزرعه شده است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد در محیط‌های کنترل‌شده حضور همزمان نور قرمز و آبی جهت افزایش رشد، میزان رنگدانه‌ها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در سبزی‌ها ضروری است. افزون بر این درصد نورهای قرمز و آبی مورد نیاز بسته به گیاهان مختلف، متفاوت است (Naznin *et al.*, 2019). نتایج برخی از مطالعات نشان داده است که درصد نور آبی تأثیر مسقیمی بر میزان تجمع کاروتنوئید در کاهو، اسفناج، کلم، ریحان و فلفل دارد (Mirzahosseini *et al.*, 2019). در پژوهشی (Bernath, 2000) تأکید شده است که شرایط نوری نه تنها بر تولید متابولیت‌های ثانویه تأثیر دارد، بلکه می‌تواند به تغییرات مورفولوژیکی و بهینه‌سازی تولید ترکیبات دارویی در گیاهان کمک کند. به این

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.87]

ترتیب، مدیریت صحیح شرایط نوری در کشت گیاهان دارویی می‌تواند به افزایش کیفیت و کمیت محصولات دارویی منجر شود. این یافته‌ها می‌توانند به کشاورزان و محققان در توسعه روش‌های بهینه‌سازی کشت گیاهان دارویی کمک کنند و به تولید محصولات با خواص درمانی بهتر منجر شوند. با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته و تأثیر بسزای طول‌موج‌های مختلف بر تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان، در این پژوهش تأثیر طیف‌های مختلف نور LED بر اجزاء اسانس گیاه دارویی گیاه اسطوخودوس مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به دلیل تفرق صفات و یکسان نبودن خصوصیات ژنتیکی در جمعیت‌های مختلف گیاه اسطوخودوس، در این تحقیق گیاهان مورد آزمایش به صورت کلون (گیاهان حاصل از قلمه از یک گیاه مادری یکسان) و از مؤسسه تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی که دارای با کیفیت‌ترین قلمه‌های این گیاه و همچنین سازگاری بیشتری با آب‌وهوای استان خراسان رضوی داراست، تهیه شدند. گیاهان مورد استفاده در آزمایشات دارای سن رشدی برابر بوده و اندازه یکسانی با یکدیگر داشتند و دارای ریشه سالم و بدون آفت و بیماری بودند. علاوه‌براین، برای سازگاری بیشتر گیاهان یک هفته به صورت عادی در گلخانه دانشگاه تربت حیدریه نگهداری شدند تا به شرایط سازگاری برای شروع آزمایش برسند.

شرایط کشت و اعمال تیمار: جهت بررسی اثر نورهای LED بر برخی شاخص‌های مورفولوژیک و اسانس در گیاه اسطوخودوس آزمایشی در گلخانه پژوهشی دانشکده تربت حیدریه انجام شد. پس از تهیه لامپ‌ها LED و سیستم تهویه، قلمه‌های گیاه اسطوخودوس که به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری به محیط‌های کشت که گلدان‌های ۲۰ سانتی‌متر که دارای بستر کاشت شامل مخلوطی از پیت‌ماس، کوکوپیت و پرلیت بودند، منتقل شدند. پس از استقرار قلمه‌ها، تیمارهای نوری شامل نور آبی، قرمز، سبز، زرد، بنفش و سفید به وسیله لامپ‌های LED با شدت نور ۳۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه اعمال شد (شکل ۱). جعبه‌های به ابعاد ۰/۵ مترمربع تهیه و شدت نور بر پایه تابش در واحد سطح معادل ۳۰۰ میکرومول بر مترمربع تنظیم شد. لامپ‌های LED در فاصله ۳۰-۲۰ سانتی‌متری از سطح گلدان‌ها نصب شدند و به منظور جداسازی تیمارهای نوری، از فیبر استفاده شد. دمای گلخانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. به دلیل گزارش‌های متنوع از تأثیر دوره نوری ۱۴ ساعت در افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه، دوره روشنایی ۱۴ ساعته و تاریکی ۱۰ ساعته برای گیاهان فراهم شد (Ahmadi *et al*., 2021). اولین تاریخ شروع آبیاری بلافاصله پس از اعمال تیمار انجام و پس از آن آبیاری هر هفته به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر برای هر گلدان انجام گرفت. دو دوره نمونه‌برداری به دلیل بررسی دوره و طول تیمار نوری بر میزان تولید اسانس و اجزاء اسانس در جهت بررسی پارامترهای رشدی و میزان کمیت و کیفیت اسانس در ۱۴ و ۳۰ روز بعد از اعمال تیمار انجام شد.

اسانس‌گیری: بعد از خشک‌شدن نمونه‌ها در آون در دمای ۶۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت به منظور اسانس‌گیری، بافت خشک به وسیله آسیاب خرد شده و به صورت پودرهایی با ذرات درشت در آمد. مقدار ۱۰ گرم از بافت گیاهی هر نمونه به همراه ۵۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر درون بالن دستگاه تقطیر کلونجر آزمایشگاهی قرار داده و ۶ ساعت اسانس‌گیری انجام شد. سپس اسانس‌های جمع‌آوری شده در ظروف تمیز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

تعیین اجزاء اسانس اسطوخودوس: بعد از استخراج اسانس اجزاء اسانس به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC/MS) تجزیه و تحلیل و میزان هر کدام به دقت ثبت شد.

نتایج با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و سپس آزمون مقایسه میانگین Tukey HSD در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار Minitab ورژن ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار GraphPad Prism 9 استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر نورهای LED مختلف بر گیاه اسطوخودوس: اخیراً،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.87]

شکل ۱- شرایط اعمال تیمار نوری

تعداد زیادی از مطالعات اثرات مفید نور LED بر رشد و کیفیت گیاهان انجام شده است (Peng *et al.*, 2015). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که نورهای LED می‌توانند به عنوان منبع نوری عالی برای گیاه در جهت افزایش رشد و نقش مؤثر در تحریک گیاه به تولید متابولیت‌های ثانویه نظیر فنولیک‌ها، آلکالوئیدها، فلاونوییدها، ترپنوئیدها و استروییدها باشند. این اثرات می‌تواند به دلیل طول‌موج‌های خاص نورهای LED و راندمان بالای تبدیل فتوالکتریک آنها باشد (Peng *et al.*, 2015). با این حال، بررسی تأثیر نورهای LED با طیف‌های رنگی مختلف بر روی گیاه اسطوخودوس نشان از این داشت که که برخی طیف‌های نوری تأثیر زیادی بر رشد گیاه ندارد. به همین دلیل در پژوهش حاضر تغییرات رشدی زیادی تحت تیمار با نورهای مختلف در گیاه اسطوخودوس مشاهده گردید (شکل ۲). مطالعات نشان داده است در فاصله طول‌موج آبی یعنی ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر بهترین نور برای گیاهان سبز است که باعث رشد برگ‌ها می‌شود. در طول‌موج نور قرمز یعنی محدوده ۶۱۰ تا ۷۲۰ نانومتر بهترین نور برای پرورش گل، گل‌دهی و عملیات فتوسنتز در گیاه است (Takemiya *et al.*, 2005). رنگیزه‌های گیاهی دارای الگوهای شناخته‌شده جهت جذب طول‌موج مخصوص هستند که به عنوان طیف جذب شناخته می‌شوند. کلروفیل و کارتنوئید به ترتیب دارای بیشترین میزان جذب در طول‌موج ۵۰۰ -۴۰۰ نانومتر و ۶۸۰ -۶۳۰ نانومتر هستند و کمترین جذب نیز در ۶۱۰ -۵۳۰ نانومتر صورت می‌گیرد (Zheng *et al.*, 2017). تغییرات مورفولوژیک که تحت تأثیر رنگ‌های مختلف LED در بسیاری از گیاهان مثل فلفل، اسفناج، توت‌فرنگی و کاهو مشاهده شده است (Ahmadi *et al.*, 2021).

تأثیر طول‌موج‌های مختلف نور بر وزن تر گیاه اسطوخودوس: بررسی وزن تر اندام هوایی گیاه اسطوخودوس در ۱۴ و ۳۰ روز پس از اعمال تیمار نشان از آن داشت که رنگ قرمز و آبی بهترین نورها در جهت رشد مناسب گیاه است، این تیمارهای نوری به شکل معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها، رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دادند بطوریکه در نور قرمز و نور آبی وزن تر گیاه اسطوخودوس به ترتیب به ۰/۹۸ و ۰/۸۵ گرم رسید (شکل ۳). نور قرمز نسبت به آبی با تأثیر بر افزایش کارایی فتوسنتزی می‌تواند رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Zheng *et al.*, 2017). در پژوهشی بیشترین وزن تر کاهو رشدیافته تحت تیمار ترکیب نور قرمز و آبی بدست آمد (Kim *et al.*, 2004). در مقایسه اثر طول مدت زمان طیف‌های مختلف بر رشد گیاه اسطوخودوس مشخص شد که میزان وزن تر در تیمار نور قرمز و آبی در مدت ۳۰ روز نسبت به ۱۴ روز افزایش یافت و میزان رشد در نور سبز در همین مدت زمان کاهش معنی‌داری داشت (شکل ۳).

در نور سبز کمترین میزان وزن تر (۰/۵۷ گرم) در گیاه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.87]

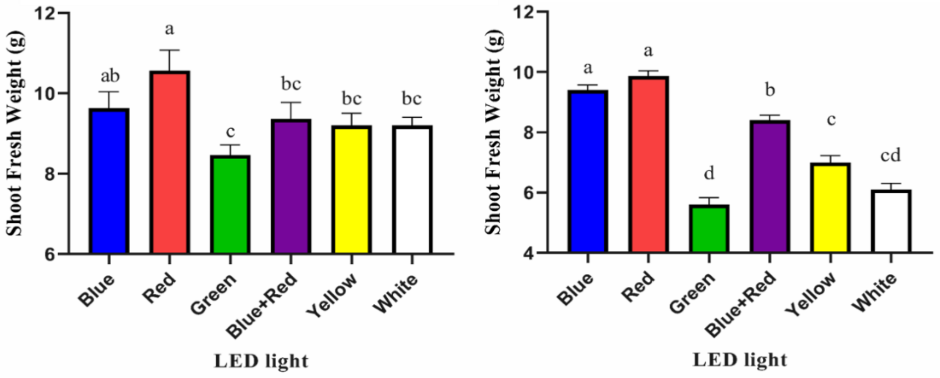
شکل ۲- تأثیر طیف‌های مختلف نوری بر تغییرات رشدی گیاه اسطوخودوس

۱۴روز

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
نور	۵	۷	۷	۱/۴	۱۰/۸	۰/۰۰۴
خطا	۱۲	۱/۴	۱/۴	۰/۱۳		
کل	۱۷	۸/۶				

۳۰ روز

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
نور	۵	۴۶/۵	۴۶/۵	۹/۳	۷۷	۱E-۰۸
خطا	۱۲	۱/۴	۱/۴	۰/۱۲		
کل	۱۷	۴۸				



شکل ۳- تأثیر نورهای مختلف بر وزن تر گیاه اسطوخودوس. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت در معنی‌داری است (آزمون توکی، P ≥ ۰/۰۵). نوارهای خطا نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین (SEM) هستند.

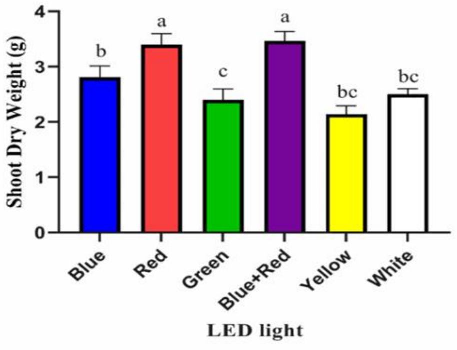
اسطوخودوس بدست آمد (شکل ۳). به دلیل اینکه که گیاه توانایی جذب طول‌موج سبز را برای فتوسنتز ندارد، در نتیجه فتوسنتز کمتری اتفاق افتاده و رشد کمتری را مشاهده می‌کنیم (Wang *et al*., 2013). سایر نورها نیز تأثیر چندانی بر بهبود رشد گیاه نداشتند (شکل ۳). محققین معتقدند که عملکرد نور قرمز و آبی به تنهایی برای رشد گیاهان کافی است، البته در برخی پژوهش‌ها مشخص شده که در صورت استفاده از نور قرمز، درصد کمی نور آبی نیاز است (Massa *et al*., 2008).

تأثیر طول‌موج‌های مختلف نور بر وزن خشک گیاه اسطوخودوس: در بررسی اثر طول‌موج‌های مختلف بر وزن خشک گیاه اسطوخودوس بیشترین وزن خشک (۴/۳ گرم) در نور قرمز و آبی بدست آمد (شکل ۴). و با اعمال تیمار نور

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.87]

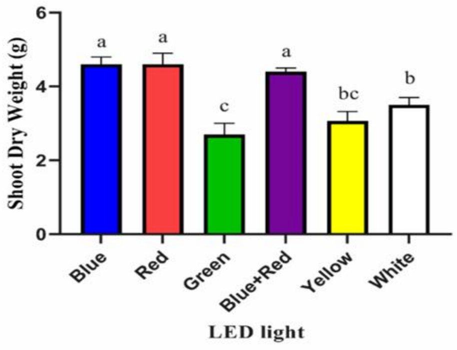
۳۰ روز

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
نور	۵	۴/۴	۴/۴	۰/۸۹	۲۹	۲E-۰۶
خطا	۱۲	۰/۳	۰/۳	۰/۰۳		
کل	۱۷	۴/۷				



۱٤روز

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
نور	۵	۱۰/۴	۱۰/۴	۲	۳۷	۶E-۰۷
خطا	۱۲	۰/۶	۰/۶	۰/۰۵		
کل	۱۷	۱۱				



شکل ۴- تأثیر نورهای مختلف بر وزن خشک گیاه اسطوخودوس. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت در معنی‌داری است (آزمون توکی، P ≥ ۰/۰۵). نوارهای خطا نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین (SEM) هستند.

قرمز+ آبی و تیمار نور قرمز به مدت ۳۰ روز، همین نتایج حاصل شد (شکل ۳). محققین گزارش کرده‌اند که استفاده همزمان از نور آبی و قرمز برای روند رشدی گیاهان می‌تواند سبب ایجاد حداکثر کارایی فتوسنتزی در گیاه شده و به این ترتیب بر تولید وزن خشک تولیدی تأثیر بگذارد (Aslami *et al.*, 2024). نتایج این پژوهش با تحقیقات دیگر، بر رشد گیاه کاهو در تیمارهای مختلف نوری LED، مطابق است و مشخص شد وزن تر گیاه در ترکیب نورهای قرمز و آبی بیشتر از سایر تیمارها بوده است (Kim *et al.*, 2004)، ولی Martineau و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که نور قرمز در افزایش عملکرد کاهو مؤثرتر بوده است.

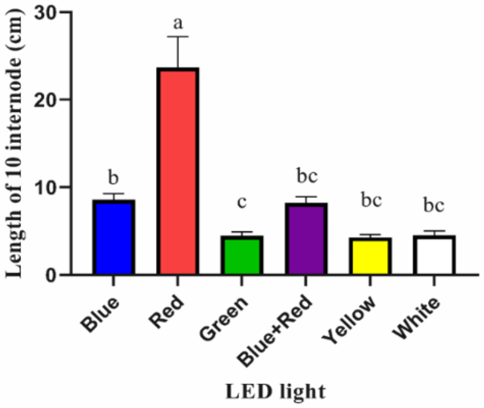
تأثیر طول‌موج‌های مختلف نور بر فاصله میان‌گره گیاه اسطوخودوس: نتایج تیمار گیاه اسطوخودوس با طول‌موج‌های مختلف نور بر فاصله میانگره نشان از تأثیر بسیار زیاد و معنی‌دار رنگ قرمز بر افزایش فاصله میانگره در این گیاه داشت (شکل ۵). بطوریکه فاصله میانگره در نور قرمز در ۱۴ روز اعمال تیمار، ۱۵ سانتی‌متر و در ۳۰ روز اعمال تیمار ۲۷ سانتی‌متر بود که این نتایج حاکی از این است که با افزایش زمان اعمال تیمار با نور قرمز فاصله میانگره افزایش چشمگیری داشته است. طول‌موج قرمز معمولاً باعث افزایش فاصله میانگره‌ها در گیاهان می‌شود. مکانیزم اصلی این تأثیر ناشی از افزایش فعالیت فتوکروم pfr (فرم فعال) است که با تحریک رشد سلول‌های گیاهی باعث افزایش فاصله میانگره‌ها می‌شود (Park *et al.*, 2011). در سایر نورها نیز تغییر معنی‌داری در افزایش یا کاهش اندازه میانگره مشاهده نشد، بجز رنگ سبز که کمترین فاصله میانگره را در ۱۴ و ۳۰ روز اعمال تیمار از خود نشان داد (شکل ۵).

تأثیر طول‌موج‌های مختلف نور بر میزان اسانس گیاه اسطوخودوس: بررسی میزان اسانس موجود در اندام هوایی گیاه اسطوخودوس نشان داد که در ۱۴ روز اعمال تیمار نوری، تیمار رنگ آبی سبب افزایش میزان اسانس در گیاه شد (۰/۴۲ گرم) با این حال سایر تیمارهای نوری تفاوت معنی‌داری از نظر تولید اسانس نداشتند (شکل ۵). اما با گذشت ۳۰ روز اعمال تیمار با طول‌موج‌های مختلف نور، در ترکیب نور آبی و قرمز بیشترین میزان اسانس تولیدی (۰/۵ گرم) بدست آمد و همچنین بعد از آن، در تیمار نور قرمز ۰/۴۷ گرم اسانس

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.87]

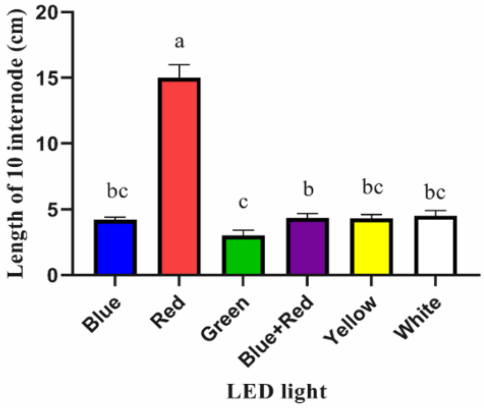
۳۰ روز

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
نور	۵	۴/۴	۴/۴	۰/۸۹	۹	۲E-۰۶
خطا	۱۲	۰/۳	۰/۳	۰/۰۳		
کل	۱۷	۴/۷				



۱۴روز

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
نور	۵	۱۰/۴	۱۰/۴	۲	۳۷	۶E-۰۷
خطا	۱۲	۰/۶	۰/۶	۰/۰۵		
کل	۱۷	۱۱				

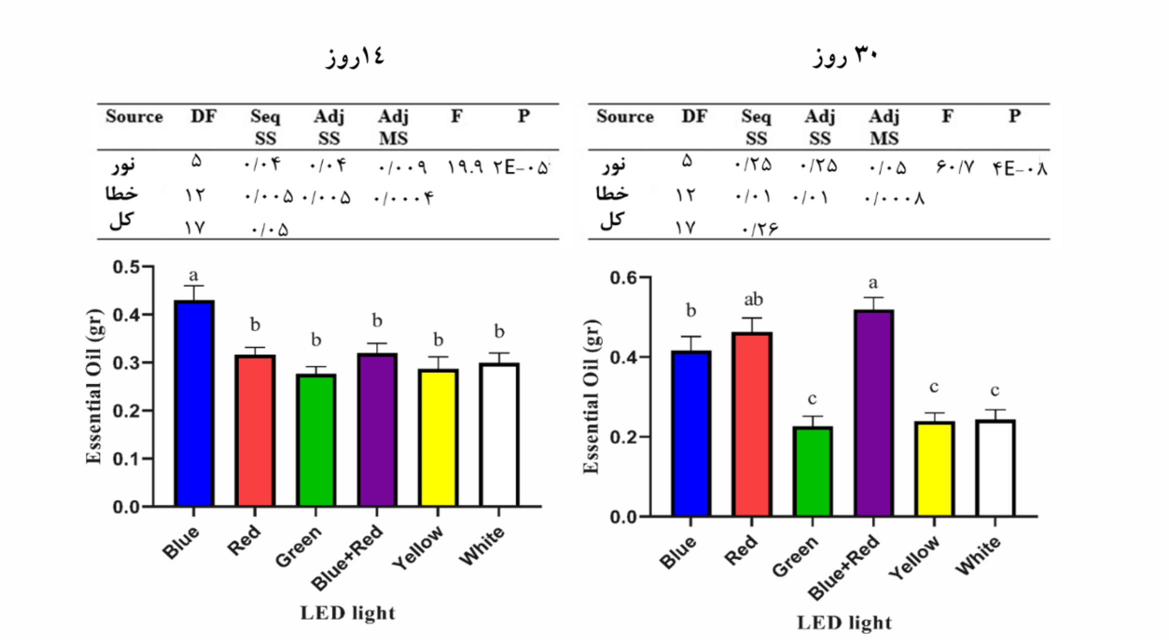


شکل ۵- تأثیر نورهای مختلف بر فاصله میانگره گیاه اسطوخودوس. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت در معنی‌داری است (آزمون توکی، P ≥ ۰/۰۵). نوارهای خطا نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین (SEM) هستند.

بدست آمد که با بقیه تیمارها از نظر آماری متفاوت بود (شکل ۶). از آن جایی که همبستگی مثبتی بین افزایش وزن و تولید متابولیت‌های ثانویه و میزان اسانس تولیدی در گیاه اسطوخودوس تحت تیمار با نور قرمز مشاهده شد (شکل ۳ و شکل ۶). می‌توان نتیجه گرفت که این طول‌موج سبب افزایش همزمان متابولیت‌های ثانویه و اولیه در گیاه شده و علاوه بر بهبود رشد در این گیاه میزان مواد مؤثره آن را نیز زیاد می‌کند. طبق نتایج برخی پژوهش‌ها، نور آبی باعث افزایش آلکالوئیدهای موجود در تعدادی از گیاهان می‌گردد. بعلاوه نورهایی با طول‌موج کوتاه مقدار اسانس گیاهان را نیز کاهش می‌دهد (Hashim *et al.*, 2021). همچنین در این طول‌موج‌ها هر چه گیاهان تحت تیمار نوری بیشتری قرار گرفتند میزان اسانس بیشتری را تولید کردند (شکل ۶) که نشان‌دهنده تأثیر مدت زمان قرارگرفتن در معرض نور بر تولید اسانس دارد (Thoma *et al.*, 2020). Ghaffari و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند نور LED سبب افزایش متابولیت‌های ثانویه در گونه‌های جنس perovski می‌شود. تولید متابولیت‌های ثانویه در سلول‌های گیاهی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد که از در میان آن‌ها کیفیت نور یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر و کنترل‌کننده غلظت این ترکیبات است (Lee *et al.*, 2010). در پژوهش‌هایی نشان داده شده که بیوسنتز ترکیبات دارویی گیاهی و انباشت آن در گیاهان به خوبی با مقدار فتوسنتز ارتباط دارد (Bian *et al.*, 2015).

تأثیر طول‌موج‌های مختلف نور بر اجزای اسانس گیاه اسطوخودوس: بررسی انواع متابولیت‌های ثانویه موجود در اسانس گیاه اسطوخودوس تحت تیمار با نورهای مختلف نشان داد که بیش از ۹۰ متابولیت مختلف تحت تیمار با طول‌موج توسط گیاه اسطوخودوس تولید می‌شوند که از این میان پنج متابولیت که دارای بزرگترین پیک در GC/MS بوده‌اند و تفاوت چندانی با هم نداشته‌اند. متابولیت‌های بورنئول، کاریوفیلن، کادینول و تری‌سیکلو هپتان تقریباً تحت تأثیر تمام طول‌موج‌ها به مقدار زیاد تولید شده‌اند با این حال در نور قرمز و آبی به ترتیب ۲ و ۳ متابولیت وجود داشت که در سایر تیمارهای نوری وجود نداشتند (جدول ۱). این مطلب می‌تواند

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.87]
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]



شکل ۶- تأثیر نورهای مختلف بر میزان اسانس گیاه اسطوخودوس. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت در معنی‌داری است (آزمون توکی، P ≥ ۰/۰۵). نوارهای خطا نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین (SEM) هستند.

جدول ۱- تأثیر طول‌موج‌های مختلف بر اجزاء اسانس در ۱۴ روز اعمال تیمار

	سفید	زرد	آبی+ قرمز	سبز	قرمز	آبی
۱	endo-Borneol	endo-Borneol	endo-Borneol	endo-Borneol	endo-Borneol	1,7,7-Trimethylbicyclo
۲	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	Bornyl acetate	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	Eucalyptol l	o-Cymene l	4-Hexen-1-ol
۳	Caryophyllene oxide	Caryophyllene oxide	Caryophyllene oxide	Caryophyllene oxide	Bornyl acetate	Caryophyllene oxide
۴	tau.-Cadinol	tau.-Cadinol	tau.-Cadinol	tau.-Cadinol	4a(2H)-Naphthalenol	tau.-Cadinol
۵	Tricyclo heptane-3-methanol	Tricyclo heptane-3-methanol	Tricyclo heptane-3-methanol	Tricyclo heptane-3-methanol	Glycine, N-(N-glycyl-L-leucyl)	Tricyclo heptane-3-methanol

جدول ۲- تأثیر طول‌موج‌های مختلف بر اجزاء اسانس در ۳۰ روز اعمال تیمار

	سفید	زرد	آبی+ قرمز	سبز	قرمز	آبی
۱	endo-Borneol	endo-Borneol	endo-Borneol	endo-Borneol	endo-Borneol	endo-Borneol
۲	Muurol-5-en-4-one	Muurol-5-en-4-one	Muurol-5-en-4-one	Tricyclo heptane-3-methanol	1,6,10-Dodecatrien-3-ol	Eucalyptol
۳	Caryophyllene oxide	Caryophyllene oxide	Caryophyllene oxide	Caryophyllene oxide	Caryophyllene oxide	Caryophyllene oxide
۴	tau.-Cadinol	tau.-Cadinol	tau.-Cadinol	tau.-Cadinol	tau-Cadinol	tau.-Cadinol
۵	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	Bergamotol, Z-α-trans	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	Bergamotol, Z-α-trans	Bis(2-ethylhexyl) phthalate

ناشی از این باشد که این طول‌موج‌ها انرژی لازم جهت تولید برخی متابولیت‌ها را در اختیار گیاه قرار نمی‌دهد. گزارش شده است که رنگ آبی و قرمز بالاترین تأثیر را بر تولید متابولیت‌های ثانویه دارد (Hashim *et al*., 2021).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.87]

بررسی ترکیبات اسانس گیاه اسطوخودوس ۳۰ روز پس از تیمار نوری با طول‌موج‌های مختلف نشان داد که سه متابولیت endo-Borneol، Caryophyllene oxide و tau.-Cadinol در تمامی گیاهان تیمارشده تولید شدند با این حال برخی متابولیت‌ها تحت تأثیر هر طول‌موج در گیاهان تولید داشتند که با یکدیگر متقاوت بودند. طول‌موج قرمز دارای دو متابولیت ثانویه متفاوت با سایر متابولیت‌های تولیدشده تحت تأثیر طول‌موج‌های دیگر بود (جدول ۲). نتایج سایر تحقیقات نشان از تأثیر بهتر ترکیب دو رنگ قرمز و آبی در تولید متابولیت‌های ثانویه دارد (Hashim *et al.*, 2021). همچنین طبق نتایج ترکیب رنگ آبی و قرمز اسانس بیشتری تولید می‌کند (شکل ۵). اما پروفایل متابولیتی متفاوتی در ترکیب اجزاء اسانس این دو رنگ مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری

بررسی طیف‌های نوری مختلف بر رشد گیاه اسطوخودوس نشان داد که نور قرمز بیشترین تأثیر را بر پارامترهای رشدی گیاه اسطوخودوس دارد. گیاهانی که در معرض این نور در بازه‌های ۱۴ و ۳۰ روز قرار گرفتند بیشترین میزان وزن تر و خشک و فاصل میانگره را داشتند. همچنین هر چه مدت زمان نگهداری گیاهان در شرایط نور قرمز و قرمز+ آبی افزایش یافت، میزان تولید اسانس به شکل معنی‌داری افزایش پیدا کرد. در نتیجه پیشنهاد می‌شود جهت تولید بیشتر اسانس در گیاه اسطوخودوس گیاهان در معرض نور قرمز در بازه‌های طولانی و مدت زمان ۳۰ روز قرار بگیرند. علاوه‌براین، طول‌موج‌های مختلف می‌تواند پروفایل متابولیتی متفاوتی داشته باشند که باتوجه به کاربرد و هدف، می‌توان برای تولید هر کدام از اجزای اسانس از نور با طول‌موج‌های مختلف استفاده کرد. بطورکلی استفاده از منابع نوری مصنوعی مانند LEDها به عنوان منابع نوری جایگزین در گلخانه‌ها جهت بهبود رشد و افزایش مواد مؤثره در گیاه اسطوخودوس پیشنهاد می‌شود.

منابع

Ahmadi, T., Shabani, L., & Sabzalian, M. R. (2021). LED light sources improved the essential oil components and antioxidant activity of two genotypes of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Botanical Studies*, *62*(1), 1-13. https://doi.org/10.1186/s40529-021-00316-7

Abraham, E. M., Huang, B., Bonos, S. A., & Meyer, W. A. (2004). Evaluation of drought resistance for *Texas bluegrass*, *Kentucky bluegrass*, and their hybrids. *Crop Science*, *44*(5), 1746-1753.

Aslami, Z., Ghehsareh, M. G., Mahdavi, S. M. E., & Nicola, S. (2024). Regeneration of african violet in response to light quality. *Horticulturae*, *10*(1), 78. https://doi.org/10.3390/horticulturae10010078

Bian, Z. H., Yang, Q., & Liu, W. (2015). Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments. *Science of Food and Agriculture*, *95*, 869-877.

Barrero, J. M., Downie, A. B., Xu, Q., & Gubler, F. (2014). A role for barley Cryptochrome1 in light regulation of grain dormancy and germination. *The Plant Cell*, *26*(3), 1094-1104. https://doi.org/10.1105/tpc.113.121830

Bernath, J. (2000). Medicinal and Aromatic Plant, Mezo. Budapest.

Darko, E., Heydarizadeh, P., Schoefs, B., & Sabzalian, M. R. (2014). Photosynthesis under artificial light: The shift in primary and secondary metabolism. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *369*, 2013-2043. https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0243

Ghaffari, Z., Rahimmalek, M., & Sabzalian, M. M. (2019). Variation in the primary and secondary metabolites derived from the isoprenoid pathway in the Perovskia species in response to different wavelengths generated by light emitting diodes (LEDs). *Industrial Crops and Products*, *140*, 111592.

Hashim, M., Ahmad, B., Drouet, S., Hano, C., Abbasi, B. H., & Anjum, S. (2021). Comparative effects of different light sources on the production of key secondary metabolites in plants in vitro cultures. *Plants*, *10*(8), 1521. https://doi.org/10.3390/plants10081521

Kim, H. H., Goins, G. D., Wheeler, R. M., & Sager, J. C. (2004). Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red-and blue-light-emitting diodes. *HortScience*, *39*(7), 1617-1622.

Lee, N. Y., Lee, M., Kim, Y., Park, J., Park, H., Choi, J., Hyun, J., Kim, K., Park, K., Ko, J., & Kim, J. (2010). Effect of light emitting diode radiation on antioxidant activity of barley leaf. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, *53*, 685-690.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.87]

Li, Q, & Kubota, C. (2009). Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals ofbaby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany*, *67*(1), 59-64.

Mesgaran, M. B, & Azadi, P. (2018). A national adaptation plan for water scarcity in Iran. In Working paper 6, Stanford Iran 2040 Project, Stanford University.

Mashkani, M. R. D., Larijani, K., Mehrafarin, A., & Badi, H. N. (2018). Changes in the essential oil content and composition of *Thymus daenensis* Celak. under different drying methods. *Industrial Crops and Products*, *112*, 389-395. http://jmp.ir/article-1-2292-en.html

Mirzahosseini, Z., Shabani, L., Sabzalian, M. R., & Dayanandan, S. (2019). Comparative physiological and proteomic analysis of *Arabidopsis thaliana* revealed differential wound stress responses following the exposure to different LED light sources. *Environmental and Experimental Botany, 169*, 103895.

Naznin, M. T., Lefsrud, M., Gravel, V., & Azad, M. O. K. (2019). Blue light added with red LED senhance growth characteristics, pigments content, and antioxidant capacity in lettuce, spinach, kale, basil, and sweet pepper in a controlled environment. *Plants*, *8*(4).

Omid Beigi, R. (1999). Production and processing of medicinal plants. 4th Ed. Astan20 Qods Razavi Press, Mashhad. (In Persian).

Massa, G. D., Kim, H. H., Wheeler, R. M., & Mitchell, C. A. (2008). Plant productivity in response to LED lighting. *Hort Science*, *43*(7), 1951-1956.

Martineau, V., Lefsrud, M., Naznin, M. T., & Kopsell, D. A. (2012). Comparison of light-emitting diode and high-pressure sodium light treatments for hydroponics growth of Boston lettuce. *HortScience*, *47*(4), 477-482.

Pegoraro, R. L., Falkenberg, M. D. B., Voltolini, C. H., Santos, M., & Paulilo, M. T. S. (2010). Producao de oleos essenciais em plantas de *Mentha × piperita* L. var. piperita (Lamiaceae) submetidas a diferentes niveis de luz e nutricao do substrato. *Brazilian Journal of Botany*, *33*(4), 631-637. https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000400011

Park, S. M., Won, E. J., Park, Y. G., & Jeong, B. R. (2011). Effects of node position, number of leaflets left, and light intensity during cutting propagation on rooting and subsequent growth of domestic roses. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52(4), 339-343. DOI: 10.1007/s13580-011-0163-z

Peng, L., Zou, L., Su, Y., Fan, Y., & Zhao, G. (2015). Effects of light on growth, levels of anthocyanin, concentration of metabolites in *Fagopyrum tataricum* sprout cultures. *International Journal of Food Science and Technology, 50*, 1382 -1389. https://doi.org/10.1111/ijfs.12780

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*, 879-886. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0209-6

Thoma, F., Somborn-Schulz, A., Schlehuber, D., Keuter, V., & Deerberg, G. (2020). Effects of light on secondary metabolites in selected leafy greens: A review. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 497. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00497

Takemiya, A., Inoue, S. I., Doi, M., Kinoshita, T., & Shimazaki, K. I. (2005). Phototropins promote plant growth in response to blue light in low light environments. *The Plant Cell*, *17*(4), 1120-1127. https:// doi.org/ 10.1105/tpc.104.030049

Wang, Y, & Folta, K. M. (2013). Contributions of green light to plant growth and development. *American Journal of Botany*, *100*(1), 70-78. https://doi.org/10.3732/ajb.1200354

Wu, M. C., Hou, C., Jiang, C. M., Wang, Y., Wang, C., Chen, H. H., & Chang, H. M. (2007). A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. *Food Chemistry*, *101*(4), 1753-1758.

Zheng, L, & Van Labeke, M. C. (2017). Long-term effects of red-and blue-light emitting diodes on leaf anatomy and photosynthetic efficiency of three ornamental pot plants. *Frontiers in Plant Science*, *8*, 917. http:// doi: 10.3389/fpls.2017.00917

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.87]

The effect of different spectrums of LED light on the growth and essential oil components of *Lavandula angustifolia*

Najmeh Ghamari Zare[1], Iman Yousefi Javan[1]*, Mahboobeh Naseri[1], Abbas Ghamari Zare[2]

[1] Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran
[2] Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran
(Received: 2024/10/11, Accepted: 2025/02/24)

Abstract

Lavandula Angustifolia is one of the important medicinal and aromatic plants that has various uses in the pharmaceutical, cosmetic, and health industries. For this reason, in this research, the effect of light with different wavelengths on the growth parameters and the amount of essential oil produced and the essential components of the lavender plant has been investigated. Lavender plants in a chamber containing LED lamps with a light spectrum of red (100%), blue (100%), red + blue, white (100%), green (100%), and yellow (100%) with a light intensity of 300 µmol per square meter per second were placed in greenhouse conditions. After a period of 14 and 30 days, the growth characteristics and the amount of essential oil production and essential oil components were measured. The results showed that the plants grew the most in the red light treatment. So that during 14 and 30 days in red light treatment, they had the highest fresh weight (0.98 grams), dry weight (0.43 grams), and intermodal distance (27 cm). Also, the lowest growth rate was observed in plants treated with green light. The measurement of essential oil of the lavender plant showed that, in blue + red light treatment for 30 days, the amount of essential oil production (0.5 g) in plants increased significantly compared to other light treatments. The results of the analysis of lavender essential oil components revealed that in red light treatment, a higher variety of secondary metabolites was obtained than in other light treatments. It is suggested to use artificial light sources such as LED as alternative light sources in greenhouses to improve growth and increase effective substances.

Keywords: Essential oil, Light quality, Secondary metabolite, Supplementry light

Corresponding author, Email: I.javan@torbath.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.87]