تاثیر نورهای LED قرمز، آبی و قرمز-آبی بر ترکیبات پلی‌فنل و متابولیت ثانویه در مرزنگوش (*Origanum vulgare* L.)

ویدا خلیلی[1*] و دکتر شاهپور خانقلی[2]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهانن دارویی، دانشگاه شاهد تهران. vida.khalili@shahed.ac.ir

[2] استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه شاهد تهران. khangholi@shahed.ac.ir

چکیده

کشت و پرورش گیاهان‌دارویی در فضای پوشیده رو به گسترش است، این پژوهش به بررسی اثر نور تابش شده از لامپ‌های LED بر گیاه مرزنگوش در شرایط گلخانه‌ای پرداخت. مرزنگوش به دلیل داشتن مواد مؤثره مورد استفاده در صنایع غذایی و بهداشتی می‌باشد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در شرایط گلدانی اجرا گردید. تیمارهای این آزمایش شامل چهار محیط نوری شامل طیف نورهای قرمز (۱۰۰درصد)، آبی (۱۰۰ درصد)، ترکیب قرمز (۷۰ درصد)+آبی (۳۰ درصد) و فلورسنت (شاهد)، بودند. پس از گذشت ۱۲۰ روز صفات فیزیولوژیکی شامل خاصیت آنتی‌اکسیدانی، پلی‌فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از تیمارها با کمک دستگاه میکروکلونجر اسانس گیری و درصد اسانس محاسبه شد. همچنین ترکیب اسانس با GC/MS بررسی گردید. نتایج نشان داد که نور LED قرمز-آبی در تجمع آنتوسیانین نقش مهمی داشت. تیمار نور قرمز باعث افزایش ۱۳/۹۴ درصد فلاونوئید، تیمار نور قرمز-آبی باعث افزایش ۱۱/۳۲ درصد فنل در مقایسه با شاهد شد. همچنین نور LED قرمز+آبی و قرمز علاوه بر افزایش فلاونوئید و پلی‌فنل کل، توان آنتی‌اکسیدانی را نیز بهبود داد. تیمار نور قرمز در مقایسه با شاهد باعث افزایش ۳۰/۷۶ درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدان شد. نتایج تجزیه اسانس نشان داد که کیفیت نور بر تعداد و میزان ترکیبات اسانس تاثیرگذار است به‌طوری که کارواکرول به عنوان مهمترین ماده مؤثره در گیاه مرزنگوش در تیمار نور قرمز با (۹۰/۳۳۴ درصد) بیشترین و در

تیمار نور قرمز-آبی با (۶۹/۸۱۲ درصد) کمترین مقدار را داشت. از نتایج به دست آمده مشخص شد که بیشترین مقدار پاراسیمن در نور فلورسنت (۳/۰۲ درصد) و کمترین مقدار در تیمار نور قرمز (۰/۸۵ درصد) است. هم‌چنین ترکیب گاما-ترپینن در نور فلورسنت (۷/۰۳ درصد) و کمترین مقدار در تیمار نور آبی (۲/۴۹ درصد) شد.

واژه‌های کلیدی: نور LED، مرزنگوش، متابولیت ثانویه، شرایط گلخانه

مقدمه

نور به عنوان یکی از مهمترین عوامل محیطی سبب تغییر در مقدار و کیفیت متابولیت‌های ثانویه می‌شود. در واقع ترکیبات ثانویه با جذب نور فرابنفش سبب حفاظت گیاه در برابر نور مرئی می‌شوند (Ouzounis et al., ۲۰۱٤). از جهت دیگر با توجه به افزایش تقاضا برای گیاهان‌دارویی و تغییرات آب و هوا به علت افزایش وقوع سیل، خشکسالی و طوفان و افزایش شهرنشینی و کاهش زمین‌های زراعی توجه به محصولات گلخانه‌ای افزایش یافته است (Dou et al., ۲۰۱۷; Bian et al., ۲۰۱۵).

کیفیت و شدت و طول دوره نوری از جمله عوامل مهم و مؤثر بر روی رشد و توسعه گیاه است. در شرایط گلخانه‌ای با استفاده از نور مصنوعی می‌توان این فاکتورها را تحت کنترل قرار داد. امروزه از لامپ LED[1] به عنوان منبعی از نور مصنوعی جهت رشد و نمو مطلوب گیاهان در شرایط گلخانه‌ای و آزمایشگاهی استفاده می‌شود (Dixon and Aldous., ۲۰۱٤).

تکنولوژی استفاده از نور LED یا دیودهای ساطع‌کننده نور در واقع شرایط را برای تولید محصولات گلخانه‌ای در تمام فصول فراهم کرده است. با توسعه تجهیزات گلخانه‌ای می‌توان تولید و عملکرد کشت خارج از فصل گیاه دارویی را افزایش داد (Panwar et al., ۲۰۰۹).

[1] Light emitting diodes

مرزنگوش با نام علمی "*Origanum vulgare* L." از خانواده نعناسانان (Lamiaceae) است که به دلیل داشتن خواص دارویی در طب، صنایع غذایی و خوراکی مورد استفاده قرار گرفته است. مرزنگوش یک گیاه چندساله است که دارای خواصی مانند ضدقارچ (Santoro et al., ۲۰۰۷) ، آنتی‌اکسیدان قوی (Bozin et al., ۲۰۰۶) و ضدمیکروبی (Kalemba and Kunicka., ۲۰۰۳) است.

نور یکی از فاکتورهای مهم محیطی برای رشد گیاه می‌باشد. جهت تامین نور مصنوعی ویا نور تکمیلی در باغبانی از منابع نوری متنوعی استفاده می‌شود. لامپ‌های LED یکی از این منابع نور مصنوعی ایده‌آل جهت تامین نور برای گیاه است و با تطبیق طول موج‌های منبع نوری با گیرنده نوری گیاه تاثیر مثبتی روی رشد ونمو گیاه می‌گذارد و سبب افزایش تولید محصولات گیاهی می‌شود (Massa et al., ۲۰۰۸; Morrow., ۲۰۰۸). رنگ و طول موج نوری که توسط گیاه جذب می‌شود روی مورفولوژی و متابولیسم گیاه تاثیر می‌گذارد و رشد و نمو گیاه به آن وابسته می‌باشد (Johkan et al., ۲۰۱۰).

استفاده از لامپ‌های LED که دارای ترکیب نور قرمز و آبی هستند یک منبع تاثیرگذار برای تولید بسیاری از گونه‌های گیاهی در شرایط گلخانه‌ای و کنترل شده است. امروزه لامپ‌های LED که دارای ترکیب نور قرمز و آبی هستند استفاده بسیاری در تحقیقات و باغبانی تجاری دارند (Hogewoning et al., ۲۰۱۰; Shin et al., ۲۰۰۸). با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته طراحی و استفاده از سیستم روشنایی LED در شرایط گلخانه‌ای و کنترل شده بازده عملکرد بالاتری را نسبت به استفاده از منابع سنتی فراهم می‌کند (Bourget., ۲۰۰۸).نتایج نشان داد گیاهان عکس‌العمل‌های متفاوتی در برابر سطوح مختلف نوری نشان می‌دهند و به‌دست آوردن دستورالعمل‌های متفاوت برای گونه‌های متفاوت گیاهی ضروری است (Mani., ۲۰۱۵). باتوجه به افزایش جمعیت، تغییرات آب و هوایی، کمبود آب و رقابت استفاده از زمین کشاورزی سبب افزایش درخواست برای کشت گلخانه‌ای، سیستم بدون خاک، کشت متراکم و عمودی شده است. بیشتر سیستم‌ها به نور اضافی، حداقل نور تکمیلی و منبع نور مطمئن برای رشد نیاز دارند (Sheng et al., ۲۰۱۳; Massa et al., ۲۰۰۷).

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر نور LED بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و متابولیت‌های ثانویه در گیاه مرزنگوش"*Origanum vulgare* L."، آزمایشی در گلخانه پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۷ انجام شد. پس از نصب لامپ‌ها و سیستم تهویه، نشاءهای ۱۰-۵ سانتی‌متری مرزنگوش"*Origanum vulgare* L." از دانشگاه شهید بهشتی تهران تهیه شد و به محیط-های کشت که گلدان‌های ۲۰ سانتیمتری بودند، منتقل شد. بستر کاشت مورد استفاده در این آزمایش شامل مخلوطی از خاک مزرعه، پرلایت، پومیس و ماسه بادی با نسبت یکسان بود. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت شدن نشاءها انجام شد. آبیاری‌های بعدی هفته-ای دو بار به مقدار مساوی برای همه گلدان‌ها انجام شد. تغذیه گیاه با محلول غذایی (NPK (۱۰۰۰ PPM، با نام (Deltaspra(۲۰-۲۰+micro، به صورت دو هفته یکبار انجام گرفت.

لامپ های LED با رنگ‌های قرمز، آبی و ترکیب قرمز_ آبی و نیز لامپ فلورسنت در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. به منظور اعمال تیمارهای نوری از والواشرهای خطی LED، (۲۴ وات) که از شرکت ایران گرولایت تهیه شده بود و دارای شدت نور ۲۰۰ میکرومول برمترمربع در ثانیه بود، استفاده گردید. لامپ‌های LED در فاصله ۵۰-۴۰ سانتی‌متری از سطح گلدان‌ها نصب شدند و به جهت جلوگیری از تداخل تابش‌های نوری و جداسازی تیمارهای نوری، از فیبر استفاده شد. دوره تاریکی ۱۰ ساعته و روشنایی ۱۴ ساعته برقرار بود. حداقل میزان دما ۱۴ درجه سانتی‌گراد و حداکثر میزان دما ۲۲ درجه سانتی‌گراد بود. گیاهان به مدت چهار ماه تحت تیمار قرار گرفتند. در پایان این آزمایش صفاتی نظیر خاصیت آنتی‌اکسیدانی، پلی‌فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین و ترکیبات اسانس اندازه‌گیری شدند.

میزان اسانس

استخراج اسانس با استفاده از روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر صورت گرفت.

برای اسانس‌گیری، مقدار ۵ گرم نمونه خشک از سرشاخه‌های این گیاه، پس از خشک شدن در شرایط سایه، با میکروکلونجر اسانس-گیری شد. این مقدار نمونه به همراه ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در بالون دستگاه قرار گرفت و به مدت ۳ ساعت جوشانیده شدند. حجم

اسانس بدست آمده یادداشت برداری و سپس با استفاده از دی متیل اتر آبگیری شد. ترکیب اسانس با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف نگار جرمی (GC/MS)، با ستون موئینه DB-۶ به طول ۶۰ متر و دارای ضخامت ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر و محفظه تزریق ۲۵۰ ساتنی‌گراد که دارای برنامه ریزی حرارتی ۶۰ تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد با افزایش دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در دقیقه بود. هلیوم با سرعت ۲ میلی‌لیتر و نسبت۱ به ۵۰ به عنوان گاز حامل بود.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش به صورت طرح کاملا تصادفی با چهار تیمار درسه تکرار که تیمارها شامل شاهد (لامپ فلورسنت)، نور قرمز (۱۰۰ درصد)، نور آبی (۱۰۰ درصد) و ترکیب قرمز (۷۰ درصد) و آبی (۳۰ درصد) لامپ‌های LED بود انجام گرفت. در مجموع ۲۴ گلدان که شامل سه تکرار و هر تکرار شامل دو واحد آزمایشی (گلدان) بود. داده‌ها توسط نرم افزار SPSS ۲۵ تجزیه شد، مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت و ترسیم نمودارها با کمک نرم افزار Excel صورت پذیرفت.

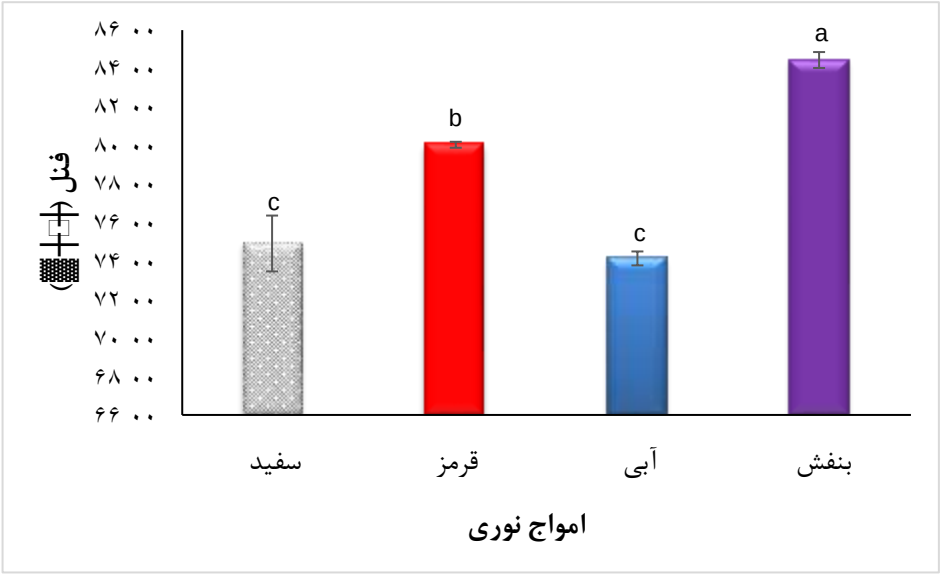
نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارها در مورد فنول، فلاونوئید، آنتوسیانین، پروتئین و آنتی‌اکسیدان اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ۱ درصد وجود داشت (جدول ۱). طبق نتایج به دست آمده در این تحقیق بیشترین فنل در تیمار نور قرمز-آبی و کمترین مقدار آن در تیمار نور آبی مشاهده شد (شکل ۱). مطابق با شکل ۲ بیشترین فلاونوئید در تیمار نور قرمز و کمترین مقدار آن در تیمار نور سفید مشاهده شد. بیشترین آنتوسیانین در تیمار نور قرمز-آبی و کمترین مقدار آن در تیمار نور آبی مشاهده شد (شکل ۳). بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدان تحت نور قرمز و کمترین مقدار آن در تیمار نور سفید بدست آمد. بین تیمار نور قرمز با قرمز-آبی براساس ظرفیت آنتی‌اکسیدان تفاوت مشاهده نشد (شکل ۴).

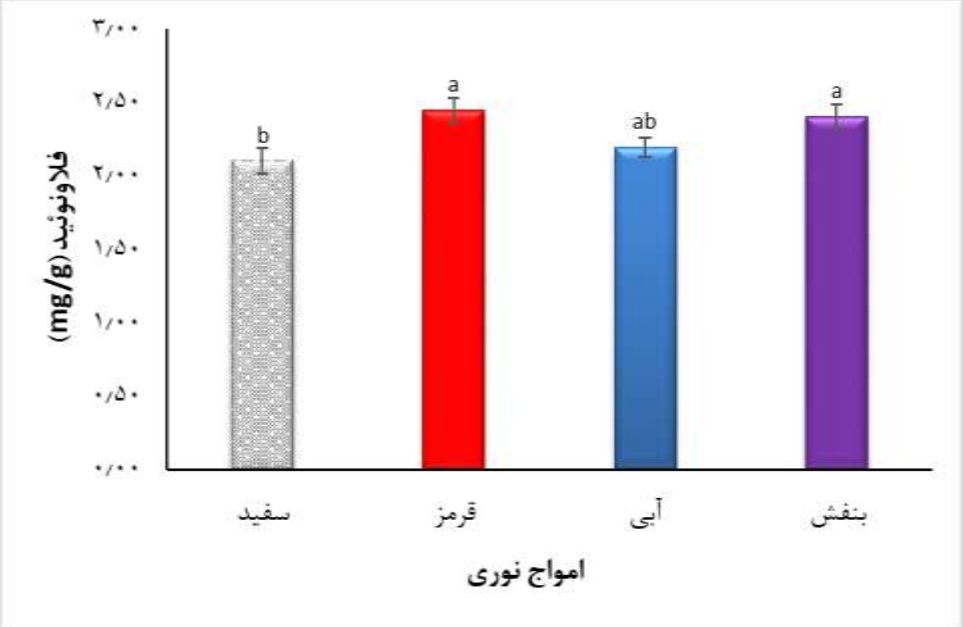
جدول(۱) تجزیه واریانس طول موج‌های مختلف نور LED روی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات(MS)			
		پلی‌فنل	فلاونوئید	آنتوسیانین	آنتی‌اکسیدان
تیمار	۳	۶۹/۹۵**	۰/۰۸۲*	۰/۰۱**	۴۰۲/۷۸**
خطای آزمایش	۸	۱/۸۰	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰	۱۹/۴۴
ضریب تغییرات %CV		۵/۷۵	۸/۴۵	۲۰/۲۹	۱۶/۰۳

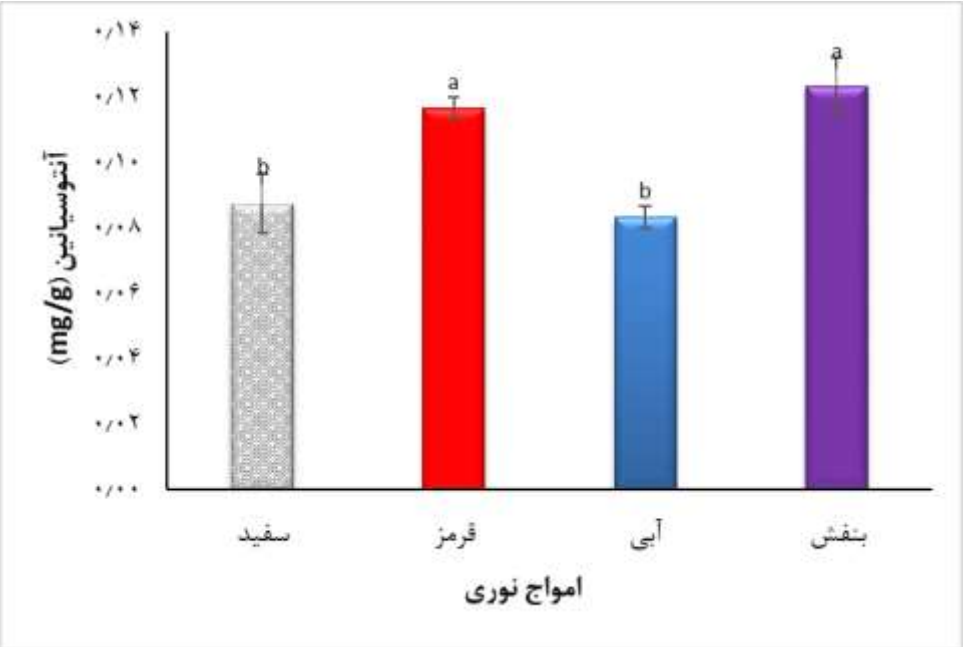
**،*وns به ترتیب معنی داری در سطح اختلاف ۱درصد،۵درصد و غیر معنی دار



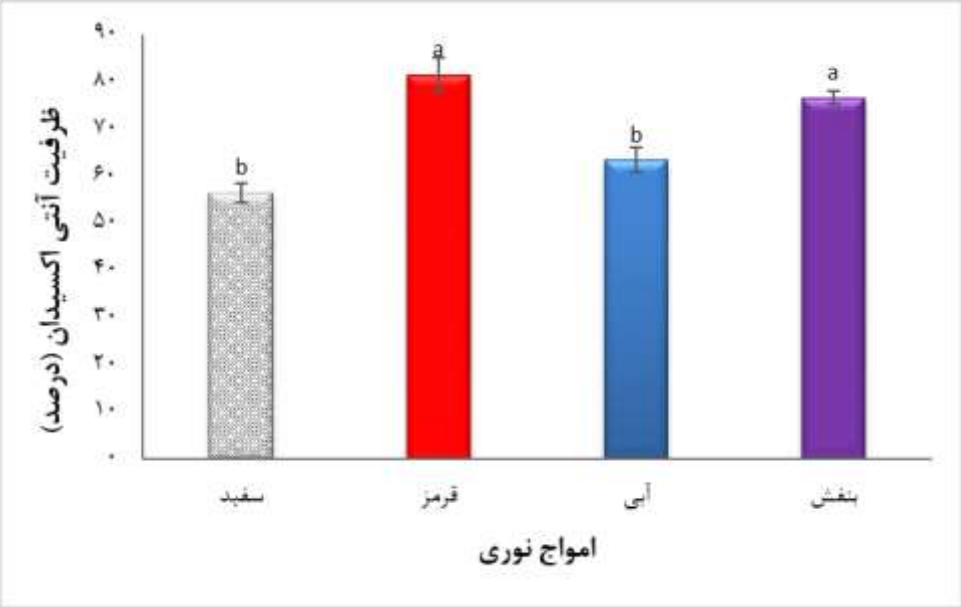
شکل (۱) مقایسه میانگین اثر نور LED روی فنل



شکل (۲) مقایسه میانگین اثر نور LED روی فلاونوئید



شکل (۳) مقایسه میانگین اثر نور LED روی آنتوسیانین



شکل (۴) مقایسه میانگین اثر نور LED روی آنتوسیانین

کیفیت اسانس و نوع ترکیبات موجود در اسانس تحت تاثیر کیفیت نور قرار گرفت. از آنالیز اسانس گیاه مرزنگوش با استفاده از دستگاه GC/MS، ۲۳ ترکیب (۲۴ ترکیب در تیمار قرمز، ۲۶ ترکیب در تیمار آبی، ۲۶ ترکیب در تیمار قرمز-آبی، ۲۵ ترکیب در تیمار شاهد)، شناسایی گردید. که ترکیبات P-Cymene، Carvacrol، Gamma-Terpinene، Carvacrol Methyl Ether، Trans-Caryophyllene ، Beta-Bisabolene، مهمترین و فراوانترین اعضای تشکیل دهنده اسانس بودند (جدول ۲). در اسانس مورد بررسی Carvacrol با محدوده۶۹/۸۱۲ تا ۹۰/۳۳۴ درصد و پس از آن Gamma-Terpinene با محدوده بین ۲/۴۹۱ تا ۷/۰۳۰ درصد مهمترین ماده تشکیل دهنده اسانس بودند (جدول۲).

در نور قرمز بالاترین مقدار Carvacrol با ۹۰/۳۳۴ درصد مشاهده شد. در مقابل کمترین مقدار Carvacrol در تیمار نور قرمز-آبی با مقدار ۶۹/۸۱۲ درصد اندازه‌گیری شد. همچنین بالاترین و کمترین Gamma -Terpinene به ترتیب در تیمار نور شاهد ۷/۰۳۰ درصد و در تیمار نور آبی با مقدار ۲/۴۹۱ درصد تخمین زده شد.

جدول (۲) تغییرات میزان ترکیبات اسانس فرار گیاه مرزنگوش در تیمارهای مختلف

		مقدار ترکیب			
ردیف	**ترکیب**	قرمز	آبی	قرمز+ آبی	شاهد
۱	Alpha-Thujene	۰/۰۳	۰/۰۷	-	۰/۲۴
۲	۱-Octen-۳-Ol	۰/۵۷	۰/۴۴	۰/۵۰	-
۳	۳-Octanone	۰/۱۲	۰/۱۲	-	۰/۳۰
۴	Myrcene	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۷۳
۵	Alpha-Terpinene	۰/۲۳	۰/۲۷	-	۰/۷۹
۶	P-Cymene	**۰/۸۵**	**۱/۱۵**	**۱/۳۸**	**۳/۰۲**
۷	Beta-Ocimene	۰/۴۳	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۳
۸	Gamma-Terpinene	**۲/۵۲**	**۲/۴۹**	**۳/۱۹**	**۷/۰۳**
۹	Trans-Sabinene Hydrate	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۸	-
۱۰	Linalool	۰/۲۸	۰/۲۳	-	۰/۲۲

۱۱	Terpinene-٤-ol	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۳۷	-
۱۲	Carvacrol Methyl Ether	**۱/۰۵**	**۱/۰۵**	**۱/۹۰**	**۲/۲۶**
۱۳	Thymol	۰/۱۰	۰/۱۲	-	-
۱۴	Carvacrol	**۹۰/۳۳**	**۸۸/۹۷**	**۶۹/۸۱**	**۷۷/۲۲**
۱۵	Trans-Caryophyllene	**۰/۸۱**	**۱/۰۰**	**۱/۱۷**	**۱/۷۹**
۱۶	Alpha-Caryophyllene	۰/۱۰	۰/۱۲	–	۰/۲۲
۱۷	Germacrene-D	**۰/۱۶**	**۰/۳۰**	–	**۰/۵۵**
۱۸	Beta-Bisabolene	**۱/۰۱**	**۱/۱۸**	**۲/۲۱**	**۱/۹۲**
۱۹	Delta-Cadinene	۰/۱۵	۰/۲۹	–	۰/۴۱
۲۰	Beta-Caryophyllene Epoxide	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۲۷
۲۱	Alpha-Amorphene	-	۰/۱۳	-	۰/۱۸
۲۲	Camphol	۰/۵۹	۰/۶۷	۰/۹۴	-
۲۳	Limonen	-	-	۰/۲۷	۰/۲۸

بحث

مطالعات متعددی نشان داده که استفاده از نورهای LED سبب افزایش میزان فلاونوئید، کارتنوئید، آنتوسیانین، کلروفیل و ظرفیت آنتی اکسیدانی می‌شود (Kim et al., ۲۰۰۴). کیفیت نور از عوامل بسیار مهم و تاثیرگذار در تولید متابولیت‌های ثانویه مانند فنل می‌باشد. نور به عنوان یک عامل تنش‌زا باعث تحریک تولید ترکیبات ثانویه از جمله فنل در گیاهان دارویی می‌شود (امیدبیگی.، ۱۳۹۲). استفاده از تیمار نور LED تک رنگ، آبی و یا قرمز در گیاه گل انگشتانه چینی "*Rehmannia glutinosa*" ، غلظت ترکیبات فنولی را افزایش داد (Dou et al., ۲۰۱۷.). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که نور قرمز-آبی بیشترین تاثیر را در افزایش ترکیبات فنلی

دارد. نوع ترکیب فنل و طول موج استفاده شده به شدت در تجمع ترکیبات فنلی نقش دارد (ساسانی‌هما، ۱۳۹۰). ایوای و همکاران طی پژوهشی بیان کردند که تیمار نور آبی سبب تجمع فنل در گیاه می‌شود(Iwai et al., ۲۰۱۰). شدت و کیفیت نور اثر مهمی بر روی بیوسنتز ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی دارد. کریپتوکروم و فیتوکروم ها به عنوان گیرنده‌های نوری در گیاه سبب فعال شدن آنزیم های درگیر در ساخت ترکیبات فنلی و انجام اولین مرحله بیوسنتز فلاونوئیدها می‌شود (Feinbaum et al., ۱۹۹۱; Wade et al., ۲۰۰۱). در گیاه گل انگشتانه "*Rehmannia glutinosa*" استفاده از تیمار نور LED تک رنگ، آبی و یا قرمز غلظت ترکیبات فنولی، فلاونوئید و آنتوسیانین را افزایش داد (Dou et al., ۲۰۱۷). طبق مطالعات چوی و همکاران، تیمار نوری قرمز و قرمز-آبی سبب افزایش در میزان آنتی‌اکسیدان شد (Choi .et al., ۲۰۱۵) وو و همکاران گزارش کردند که نور قرمز سبب افزایش میزان آنتی‌اکسیدان در نخود شد (Wu et al., ۲۰۰۷). بنابر گزارش احمدی و همکاران، استفاده از لامپ‌های LED قرمز سبب افزایش ماده مؤثره رزمارینیک اسید در گیاه بادرنجبویه شد (احمدی و همکاران.، ۱۳۹۶). استفاده از نور قرمز در گیاه نعنا مکزیکی سبب افزایش گروه ترکیبات مونوترپن شد (Noguchi and Amaki., ۲۰۱۶). در پژوهش حیدری‌زاده و همکاران (۱۳۹۳)، بالاترین مقدار اسانس در گیاه نعنا در زیر نورLED قرمز مشاهده شد. تیمارنور قرمز در گونه‌های نعنا سبب افزایش در مقدار اسانس این گیاه شد (Dou et al., ۲۰۱۷.). هم چنین استفاده ازنور قرمز در گیاه "*M*entha *a*rvensis" سبب افزایش L-Menthol به عنوان یکی از مهمترین اجزاء اسانس در این گونه گیاهی شد (Dou et al., ۲۰۱۷).

نتیجه‌گیری

امکان استفاده از لامپ‌های LED به عنوان منبعی جهت تامین نور در شرایط کنترل شده و گلخانه وجود دارد. و به دلیل مزایایی که این لامپ‌ها نسبت به سایر منابع نور مصنوعی دارند استفاده از آن‌ها توصیه می‌شود.

نتایج نشان داد که نور LED قرمز-آبی و قرمز سبب افزایش فلاونوئید در گیاه مرزنگوش شد. با افزایش مقدار فلاونوئید، ترکیبات فنلی نیز در تیمار نوری قرمز-آبی افزایش یافت. وجود ترکیبات فنلی و فلاونوئید در مرزنگوش سبب افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی در نور

قرمز و قرمز-آبی شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تیمار نور قرمز با طول موج مناسب سبب افزایش میزان اسانس و محتوای کارواکرول که به عنوان مهمترین اجزای اسانس گیاه مرزنگوش است شد. با توجه به این نتایج، با استفاده از اثر متفاوتی که کیفیت نور بر روی افزایش غلظت ترکیبات گیاه می‌گذارد می‌توان از این امر جهت افزایش غلظت ترکیب هدفمند برای مقاصد مختلف دارویی استفاده کرد.

منابع

احمدی، طیبه.، شبانی، لیلا.، سبزعلیان، محمد.رضا. (۱۳۹۶). بررسی تاثیرطیف‌های مختلف نورLED بر شاخص‌های رشد و محتوای رزمارینیک اسید در "*M*elissa *o*fficinalis". فرایند و کارکرد گیاهی، شماره ۲۱، جلد ۶.

امیدبیگی، رضا. (۱۳۹۲). تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات آستان قدس رضوی، جلد اول، ۳۴۸ صفحه.

حیدری زاده، پریسا.، زاهدی، مرتضی.، سبزعلیان، محمد.رضا. (۱۳۹۳). تاثیر نور LED بر عملکرد گیاه، درصد اسانس و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در نعنا فلفلی "*M*entha *p*iperita". فرایند و کارکرد گیاهی، جلد ۳، شماره۸.

ساسانی‌هما، رضوانه (۱۳۹۰). اثر نور LED بر رشد گیاه و کیفیت اسانس آویشن شیرازی"Zataria *m*ultiflora" در شرایط درون شیشه‌ای. حسن ساری‌خانی، منصور غلامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا.

Bian, Z, H., Qi Ch, Y., Wen, K. (۲۰۱۵). 'Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review'. Journal of the Science of Food Liu, and Agriculture, ۹۵: ۸۶۹-۷۷.

Bourget, C Michael. (۲۰۰۸). 'An introduction to light-emitting diodes'. HortScience, ۴۳: ۱۹۴۴-۴۶.

Bozin, B., Neda, M-D., Natasa, S., Goran. (۲۰۰۶). 'Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils'. Journal of agricultural Anackov, and food chemistry, ۵۴: ۱۸۲۲-۲۸.

Choi, H, G., Byoung, Y, M., and N, J. (۲۰۱۵). 'Effects of LED light on the production of strawberry during cultivation in a plastic greenhouse and in a growth chamber'. Scientia Horticulturae Kang, ۱۸۹: ۲۲-۳۱.

Dixon, G, R., and David, E, A. (۲۰۱۴). Horticulture: Plants for people and places, volume ۱: Production horticulture (Springer).

Dou, H., Genhua, N., Mengmeng, G, and J. (۲۰۱۷). 'Effects of light quality on growth and phytonutrient accumulation of herbs under controlled environments'. Horticulturae Masabni, ۳: ۳۶.

Feinbaum, R, L., Gisela, S., Frederick, M. (۱۹۹۱). 'High intensity and blue light regulated expression of chimeric chalcone synthase genes in transgenic Arabidopsis thaliana plants'. Molecular Ausubel, and General Genetics MGG, ۲۲۶: ۴۴۹-۵۶.

Hogewoning, S, W., Govert, T., Hans, M., Hendrik, P., Wim van, I, and J. (۲۰۱۰). 'Blue light dose–responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of Cucumis sativus grown under different combinations of red and blue light'. Journal of experimental botany Harbinson, ۶۱: ۳۱۰۷-۱۷.

Kalemba, D, and A. (۲۰۰۳). 'Antibacterial and antifungal properties of essential oils'. Current medicinal chemistry Kunicka., ۱۰: ۸۱۳-۲۹.

Kim, Hyeon-Hye, Gregory D Goins, Raymond M Wheeler, and John C. (۲۰۰۴). 'Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red-and blue-light-emitting diodes'. HortScience Sager, ۳۹: ۱۶۱۷-۲۲.

Panwar, NL., Surendra Kothari, NS. (۲۰۰۹). 'Protected cultivation of medicinal plant in composite climate of Indian State Rajasthan'. American-Eurasian J. Agric Rathore, and Environ-Sci, ۵: ۶۳۳-۳۷.

Santoro, GF., das Gracas Cardoso, M., Guimaraes, LG., Salgado, AP., Menna-Barreto, RF., and MJ. (۲۰۰۷). 'Effects of oregano and thyme essential oils on Trypanosoma cruzi growth and ultrastructure'. Parasitol. Res Soares., ۱۰۰: ۳۸۳-۹۰.

Sheng, C-X., Singh, S., Alessio, G., Drori, T., Tong, M., Tretiak, S., and ZV. (۲۰۱۳). 'Ultrafast intersystem-crossing in platinum containing π-conjugated polymers with tunable spin-orbit coupling'. Scientific reports Vardeny, ۳: ۲۶۵۳.

Shin, K, S., Hosakatte, N, M., Jeong, W, H., Eun, J, H., and Kee, Y. (۲۰۰۸). 'The effect of light quality on the growth and development of in vitro cultured Doritaenopsis plants'. Acta Physiologiae Plantarum Paek, ۳۰: ۳۳۹-۴۳.

Iwai, M., Mari, O., Hiroshi, T, and T. (۲۰۱۰). 'Enhanced accumulation of caffeic acid, rosmarinic acid and luteolin-glucoside in red perilla cultivated under red diode laser and blue LED illumination followed by UV-A irradiation'. Journal of functional foods Suzuki, ۲: ۶۶-۷۰.

Johkan, M., Kazuhiro, Sh., Fumiyuki, G., Shin-nosuke, H., and T. (۲۰۱۰). 'Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings. HortScience Yoshihara.

Mani, R. (۲۰۱۵). The effects of LEDs on plants. Maximum Yield, ۴۲: ۵-۹.

Massa, Gioia, D., Jeffrey, C, E., Robert C, M., C Mike B., Cary, A. (۲۰۰۷). 'Plant-growth lighting for space life support: a review'. Gravitational Mitchell, and Space Research, ۱۹.

Massa, G, D., Hyeon-Hye, K., Raymond, M, W., and Cary A. (۲۰۰۸). 'Plant productivity in response to LED lighting'. HortScience Mitchell, ۴۳: ۱۹۵۱-۵۶.

Morrow, R, C. (۲۰۰۸). 'LED lighting in horticulture'. HortScience, ۴۳: ۱۹۴۷-۵۰.

Noguchi, A, and Amaki, W. (۲۰۱۶). "Effects of light quality on the growth and essential oil production in Mexican mint." In VIII International Symposium on Light in Horticulture ۱۱۳۴, ۲۳۹-۴۴.

Ouzounis, T., Xavier F., Eva R., and C-O. (۲۰۱۴). 'Spectral effects of supplementary lighting on the secondary metabolites in roses, chrysanthemums, and campanulas'. Journal of plant physiology Ottosen, ۱۷۱: ۱۴۹۱-۹۹.

Wade, Helena, K., Tatiana, N, B., William, J. V., and Gareth, I. (۲۰۰۱). 'Interactions within a network of phytochrome, cryptochrome and UV- B phototransduction pathways regulate chalcone synthase gene expression in Arabidopsis leaf tissue'. The Plant Journal Jenkins, ۲۵: ۶۷۵-۸۵.

Wu, M-C., Chi-Yao, H., Chii-Ming, J., Yuh-Tai, W., Chih-Yu, W., Ho-Hsien, Ch., and Hung-Min. (۲۰۰۷). 'A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings'. Food Chemistry Chang, ۱۰۱: ۱۷۵۳-۵۸.