اثر نورهای LED بر شاخص مورفولوژیک و فیزیولوژیک درگیاه 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

مرزنگوش با نام علمی "*Origanum vulgare* L." گیاهی چند ساله از خانواده نعناسانان (Lamiaceae) است که در صنایع دارویی، غذایی و خوراکی مورد استفاده قرار گرفته است. اخیرا استفاده از تکنولوژی لامپ‌های LED در گلخانه‌ها مورد توجه قرار گرفته است. به منظور بررسی اثر نور LED بر برخی شاخصه های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه مرزنگوش آزمایشی انجام شد. در این آزمایش نشاءهای ۱۰-۵ سانتی‌متری مرزنگوش در گلدان‌های ۲۰ سانتی‌متری کاشته شد و سپس تیمار نوری با لامپ LED با رنگ قرمز (۱۰۰درصد)، آبی (۱۰۰ درصد)، ترکیب قرمز (۷۰ درصد)+آبی (۳۰ درصد) و فلورسنت (شاهد) اعمال شد. پس از گذشت ۱۲۰ روز پارامترهای رویشی مانند تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی و ریشه، ارتفاع اندام هوایی، طول ریشه، تعداد گره، فاصله میان‌گره، سطح برگ، قطر ساقه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نسبت وزن تر به خشک اندام هوایی و ریشه و صفات فیزیولوژیکی شامل عملکرد وزن برگ، درصد ماده خشک، کلروفیلb, a و کل، کارتنوئید، پروتئین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمار نور قرمز باعث افزایش تعداد برگ، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و طول ریشه گردید. نور آبی موجب افزایش پارامترهای سطح برگ، وزن تر اندام-هوایی و عملکرد وزن برگ شد. نور LED قرمز در مقایسه با شاهد باعث افزایش ۱۶/۵۳ درصد، صفت درصد ماده خشک شد. نور LED آبی، قرمز-آبی و قرمز سبب افزایش ارتفاع شد. با افزایش تعداد گره و میانگره، ارتفاع نیز در نور LED آبی افزایش یافت. نور

LED آبی در مقایسه با شاهد باعث افزایش ۲۶/۵۸ درصد، قطر ساقه شد. نور LED آبی، فلورسنت و قرمز سبب افزایش نسبت وزن تر به خشک ریشه شد. نور LED قرمز-آبی در تجمع کلروفیل کل، کلروفیل a وکلروفیل b نقش مهمی داشت. طبق نتایج بیشترین میزان پروتئین در تیمار نور قرمز بود که در مقایسه با شاهد باعث افزایش ۱۶/۳۴ درصد پروتئین شد.

واژه‌های کلیدی: مرزنگوش، LED، اسانس، بهبود رشد

مقدمه

نور خورشید به عنوان اصلی‌ترین انرژی زمین مهمترین فاکتور محیطی بر رشد ونمو گیاه می باشد بخشی از طیف تابشی خورشید که به عنوان منبع انرژی برای فتوسنتز گیاه به کار می‌رود، دارای طول موج بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است. نور به عنوان تنها منبع انرژی فتوسنتزی نقش مهمی را در فعالیت فتوسنتزی، رشد، بیوسنتز و تجمع مواد شیمیایی ایفا می‌کند. گیاهان قادر به تشخیص طول موج‌های خورشید یا گیرنده‌های نوری مانند فیتوکروم‌ها، کریپتوکروم‌ها و گیرنده نور فرابنفش (UV-B) (Thomas et al., ۱۹۹۷)، این گیرنده‌ها باعث پاسخ گیاه به جنبه‌های مختلف نور مانند شدت، کیفیت و مدت نوردهی می‌شود. کیفیت و شدت و طول دوره نوری از جمله عوامل مهم و مؤثر بر روی رشد و توسعه گیاه است. با استفاده از منابع نور مصنوعی که در شرایط گلخانه‌ای استفاده می‌شود می‌توان این فاکتورها را تحت کنترل قرار داد. امروزه ا لامپ LED[1] به عنوان منبعی از نور مصنوعی در شرایط گلخانه‌ای و آزمایشگاهی به منظور رشد و نمو مناسب گیاهان استفاده می‌شود (Dixon et al., ۲۰۱٤).

تکنولوژی استفاده از نور LED سبب توسعه تجهیزات گلخانه‌ای شده در نتیجه 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 است که در صنایع دارویی، غذایی و خوراکی مورد استفاده قرار گرفته است. مرزنگوش دارای خواصی مانند ضدقارچ (Santoro et al., ۲۰۰۷)، آنتی‌اکسیدان قوی (Bozin et al., ۲۰۰۶) و ضدمیکروبی (Kalemba et al., ۲۰۰۳) است.

به دلیل اهمیت نور در محیط‌های کنترل شده و تولید مناسب محصولات، تولیدکنندگان محصولات گلخانه‌ای برای رشد و نمو گیاهان از منابع نور مصنوعی استفاده می‌کنند. یکی از پراهمیت‌ترین و وسیع‌ترین فناوری‌ها که در تولید محصولات باغبانی در بخش کشاورزی کنترل شده مورد توجه قرار گرفته است استفاده از منابع نوری مصنوعی است (Wu et al., ۲۰۱۲). شرایط غیرطبیعی آب و هوا سبب می‌شود که گیاه نتواند نور مورد نیاز خود را از خورشید دریافت کنند که این امر سبب کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش تولید محصول شود. استفاده از منابع نور تکمیلی در شرایطی که نور خورشید کم است یکی از راهکارهایی است که مانع آسیب و کاهش تولید محصول می‌شود (Choi et al., ۲۰۱۵).

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر نور LED بر برخی شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک در گیاه مرزنگوش"*Origanum vulgare* L."، آزمایشی در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد در سال زراعی ۹۷-۹۸ انجام شد. پس از تهیه لامپ‌ها LED و سیستم تهویه، نشاء-های مرزنگوش"*Origanum vulgare* L." که به ارتفاع ۱۰-۵ سانتی‌متری از دانشگاه شهید بهشتی تهران تهیه شد و به محیط‌های کشت که گلدان‌های ۲۰ سانتیمتر که دارای بستر کاشت شامل مخلوطی از یک چهارم خاک مزرعه، یک چهارم پرلایت، یک چهارم پومیس و یک چهارم ماسه بادی بود منتقل شد. پس از کاشت نشاءها تیمار نوری با لامپ LED (والواشرهای خطی LED ۲۴ وات) با شدت نور ۲۰۰ میکرومول برمترمربع در ثانیه و طیف رنگی قرمز(۱۰۰ درصد)، آبی(۱۰۰ درصد)و ترکیب قرمز(۷۰ درصد)_ آبی(۳۰ درصد) و نیز لامپ فلورسنت به عنوان شاهد اعمال شد. لامپ‌های LED در فاصله ۵۰-۴۰ سانتی‌متری از سطح گلدان‌ها نصب شدند و به منظور جداسازی تیمارهای نوری، از فیبر استفاده شد(شکل ۱). دوره روشنایی ۱۴ ساعته و تاریکی ۱۰ ساعته برقرار بود. اولین

تاریخ شروع آبیاری بلافاصله پس از کشت شدن نشاءها انجام شد. آبیاری‌های بعدی هفته‌ای دو بار در اندازه مساوی برای همه گلدان-های حاوی گیاه انجام شد. دو هفته یکبار از محلول غذایی (۱۰۰۰ PPM) NPK، با نام (Deltaspra(۲۰-۲۰+micro، برای تغذیه گیاه استفاده شد.

شکل(۱) لامپ‌های LED

در بعد از گذشت چهار ماه صفاتی نظیر تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی و ریشه، ارتفاع اندام‌هوایی، طول ریشه، تعداد گره، فاصله میان-گره، سطح برگ، قطر ساقه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نسبت وزن تر به خشک اندام هوایی و ریشه، عملکرد وزن برگ، درصد ماده خشک، کلروفیلb, a و کل، کارتنوئید و پروتئین اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش به صورت طرح کاملا تصادفی با چهار تیمار درسه تکرار انجام شد. تیمارها در این آزمایش شامل شاهد (لامپ فلورسنت)، نور قرمز (۱۰۰ درصد)، نور آبی (۱۰۰ درصد) و ترکیب قرمز (۷۰ درصد) و آبی (۳۰ درصد) لامپ‌های LED بود. در مجموع ۲۴ گلدان که شامل سه تکرار و هر تکرار شامل دو واحد آزمایشی (گلدان) مور استفاده قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS

۲۵ استفاده شد، برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد و جهت رسم گراف‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارها در مورد تعداد برگ، سطح برگ، قطر ساقه، وزن خشک ریشه، ارتفاع اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن تر اندام‌هوایی، طول ریشه، تعداد گره، فاصله میانگره، نسبت وزن تر به خشک ریشه، درصد ماده خشک و عملکرد برگ، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ۱ درصد وجود داشت، در حالیکه بین تیمارها براساس وزن خشک اندام هوایی و نسبت وزن تر به خشک اندام هوایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارها در مورد کلروفیل a، کلروفیلb، کلروفیل کل و پروتئین، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ۱ درصد وجود داشت، در حالیکه بین تیمارها براساس کارتنوئید اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).

طبق نتایج به دست آمده در این تحقیق بیشترین تعداد برگ در تیمار نور قرمز و کمترین مقدار آن در تیمار نور آبی مشاهده شد. (شکل ۱). مطابق با شکل ۲ بیشترین سطح برگ در تیمار نور آبی و کمترین مقدار آن در تیمار نور قرمز-آبی مشاهده شد. قطر ساقه در تیمار نور آبی و کمترین مقدار آن در تیمار نور سفید مشاهده شد (شکل ۳). وزن تر ریشه در تیمار نور قرمز و مقدار آن در تیمار نور قرمز-آبی مشاهده شد (شکل ۴). نتایج به دست آمده نشان داد که بیشترین وزن تر اندام هوایی در تیمار آبی و کمترین مقدار آن در تیمار نور قرمز-آبی مشاهده شد (شکل ۵). مطابق با شکل ۶ بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار نور و کمترین مقدار آن در تیمار نور قرمز-آبی مشاهده شد. ارتفاع گیاه در تیمار نور قرمز-آبی در بیشترین مقدار و در تیمار نور سفید درکمترین مقدار مشاهده شد (شکل۷). طبق نتایج به دست آمده بیشترین طول ریشه در تیمار نور قرمز و کمترین مقدار آن در نور قرمز-آبی مشاهده شد (شکل ۸). تعداد گره در تیمار نور آبی در بیشترین مقدار و در تیمار نور قرمز-آبی کمترین مقدار آن خود بود (شکل ۹). بیشترین فاصله میانگره در تیمار نور آبی و کمترین مقدار آن در تیمار نور قرمزمشاهده شد (شکل ۱۰).

بیشترین نسبت وزن تر به خشک ریشه در تیمار نور سفید و کمترین مقدار آن در تیمار نور (قرمز-آبی) مشاهده شد. بین تیمار نور آبی ، قرمز و سفید براساس نسبت وزن تر به خشک ریشه تفاوت وجود نداشت درحالیکه این تیمارها با تیمار نور قرمز-آبی متفاوت بود (شکل ۱۱). بیشترین عملکرد وزن برگ در تیمار نور آبی و کمترین مقدار آن در تیمار نور قرمز مشاهده شد (شکل ۱۲). درصد ماده خشک در تیمار نور قرمز در بیشترین مقدار و کمترین مقدار آن در تیمار نور آبی مشاهده شد (شکل ۱۳). بیشترین کلروفیل a طبق شکل ۱۴ در تیمار نور قرمز-آبی و کمترین مقدار آن در تیمار نور قرمز مشاهده شد. بیشترین کلروفیل b در تیمار نور قرمز-آبی و کمترین مقدار آن در تیمار نور قرمز مشاهده شد (شکل ۱۵). بیشترین کلروفیل کل در تیمار قرمز-آبی و کمترین مقدار آن در تیمار نور قرمز مشاهده شد. بین تیمار نور آبی و قرمز-آبی و سفید با میانگین براساس کلروفیل کل تفاوت وجود نداشت درحالیکه این تیمارها با تیمار نور قرمز متفاوت بود (شکل ۱۶). بیشترین مقدار پروتئین در تیمار نور قرمز و کمترین مقدار آن در تیمار نور سفید مشاهده شد (شکل ۱۷).

جدول(۱) تجزیه واریانس طول موج‌های مختلف نور LED روی صفات مورفولوژیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات(MS)														
		تعداد برگ	سطح برگ	قطر ساقه	وزن تر ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع اندام هوایی	طول ریشه	تعداد گره	فاصله میانگره	نسبت وزن تر به خشک اندام هوایی	نسبت وزن تر به خشک ریشه	عملکرد وزن برگ	درصد ماده خشک
تیمار	۳	۶۸۴/۸۴**	۱۰۴/۰۱**	۰/۰۳۳**	۰/۰۸۷**	۰/۵۱۱**	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۳^{ns}	۱۸/۸۷**	۷/۹۰**	۲/۵۲**	۰/۲۶۴**	۱/۴۵^{ns}	۱۶/۲۰**	۶۴/۲۲**	۹/۷۷**
خطای آزمایش	۸	۱۳/۲۶	۵/۳۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۵۳	۰/۵۸	۰/۱۹	۰/۰۲	۱/۲۰	۰/۶۹	۵/۵۴	۱/۱۴
ضریب تغییرات ٪CV		۳۰/۱۳	۲۰/۸۲	۱۴/۹۴	۳۲/۸۳	۱۸/۹۶	۲۲/۲۷	۱۳/۷۳	۷/۸۷	۱۲/۵۰	۹/۲۸	۱۱/۹۲	۱۶/۶۶	۲۲/۰۴	۸/۸۵	۱۲/۷۵

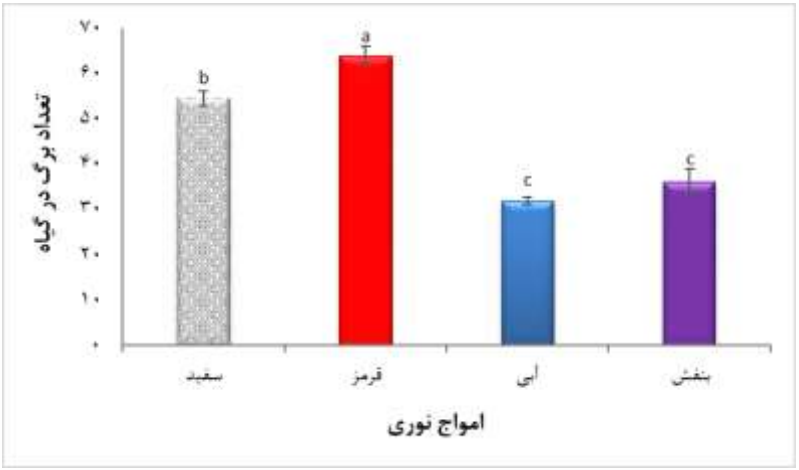
**،*وns به ترتیب معنی داری در سطح اختلاف ۱درصد،۵درصد و غیر معنی دار

www.confpaper.com
جشن تولید
۲۲ خرداد ۹۹
11June 2020
2020
HAMEDAN
دهمین همایش ملی
گیاهان دارویی و
کشاورزی پایدار

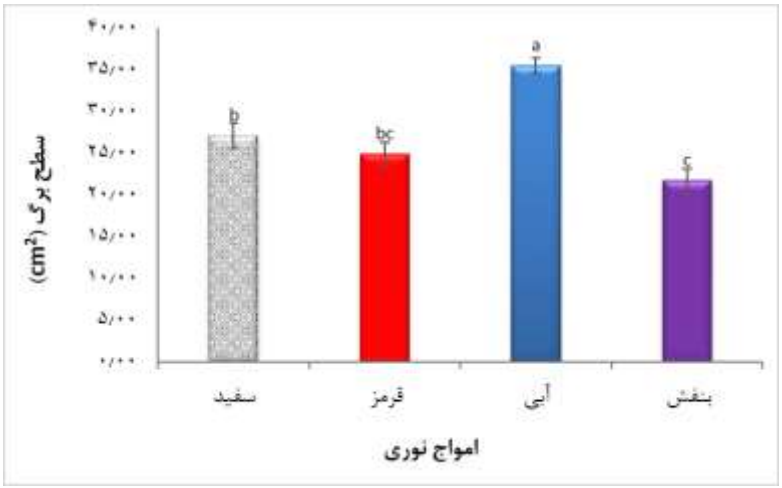
جدول(۲) تجزیه واریانس طول موج‌های مختلف نور LED روی صفات فیزیولوژیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات(MS) کلروفیل a	کلروفیلb	کلروفیل کل	کارتنوئید	پروتئین
تیمار	۳	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۳*	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۰ns	۱/۷۳**
خطای آزمایش	۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۱۶
ضریب تغییرات %CV		۲۱/۰۶	۲۳/۱۲	۳۲/۶۱	۱۰/۹۷	۷/۵۸

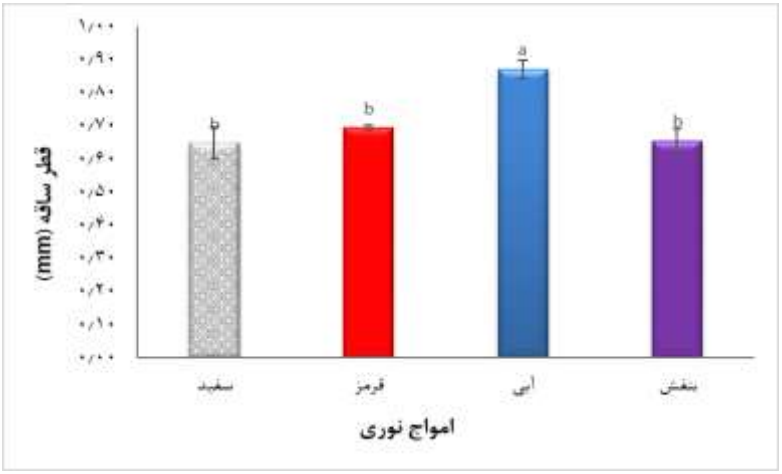
**،*وns به ترتیب معنی داری در سطح اختلاف ۱درصد،۵درصد و غیر معنی دار



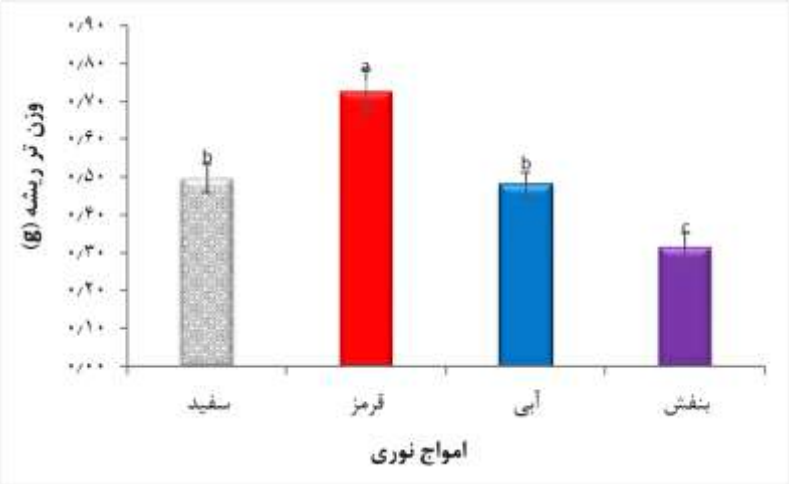
شکل (۱) مقایسه میانگین اثر نور LED روی تعداد برگ



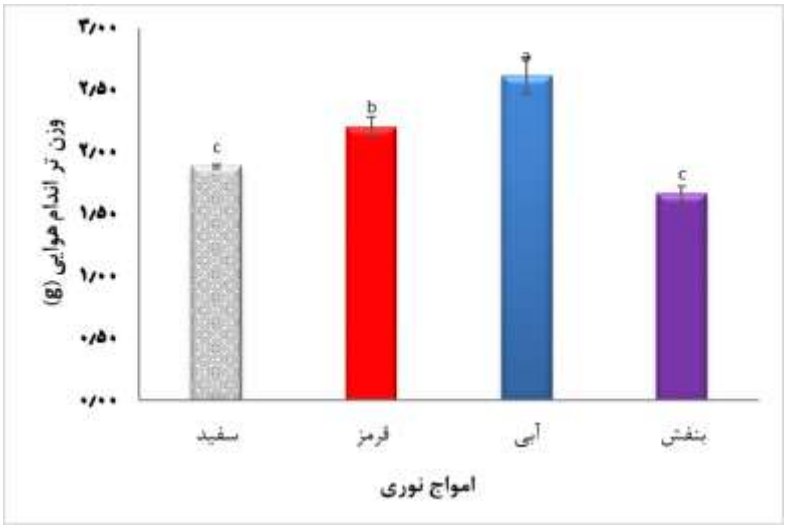
شکل (۲) مقایسه میانگین اثر نور LED روی سطح برگ



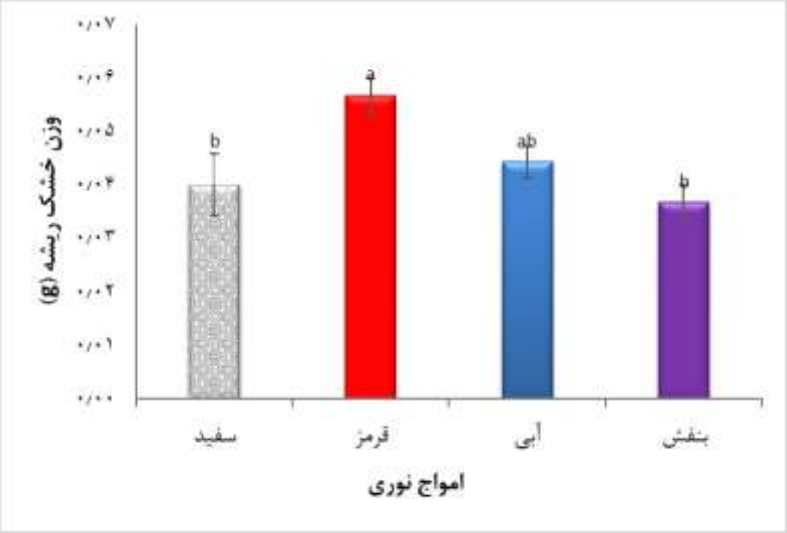
شکل (۳) مقایسه میانگین اثر نور LED روی قطر ساقه



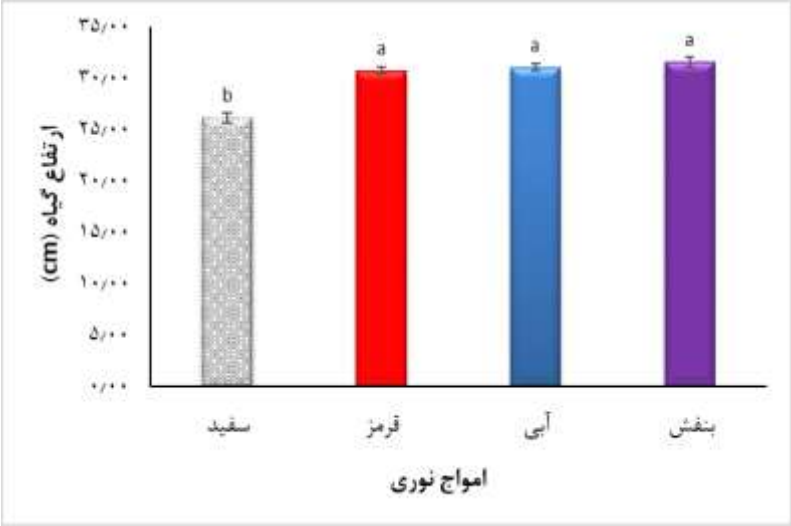
شکل (۴) مقایسه میانگین اثر نور LED روی وزن تر ریشه



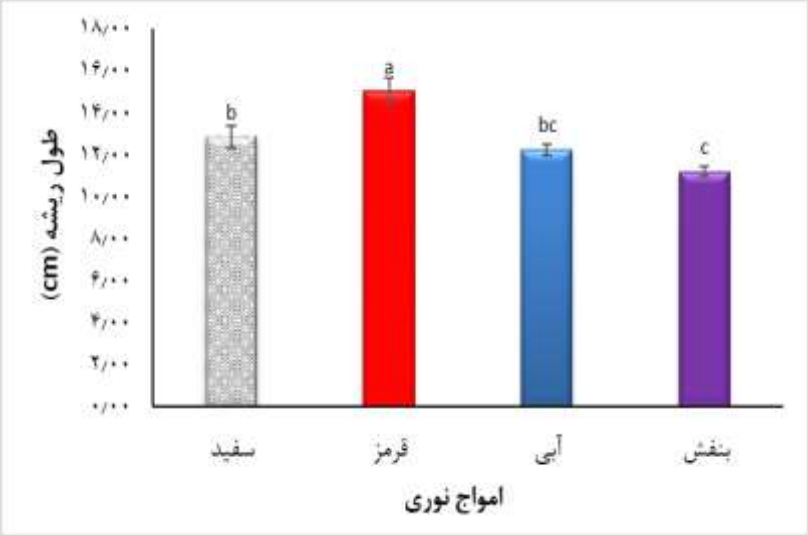
شکل (۵) مقایسه میانگین اثر نور LED روی وزن تر اندام‌هوایی



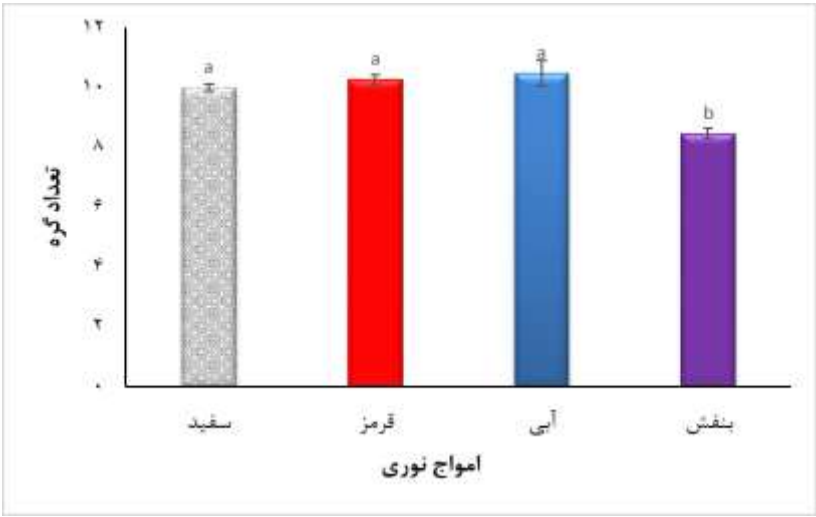
شکل (۶) مقایسه میانگین اثر نور LED روی وزن خشک ریشه



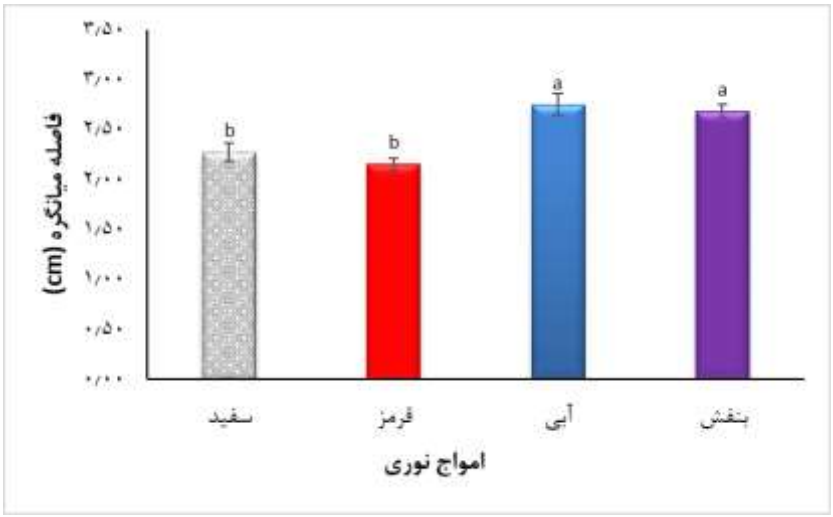
شکل (۷) مقایسه میانگین اثر نور LED روی ارتفاع گیاه



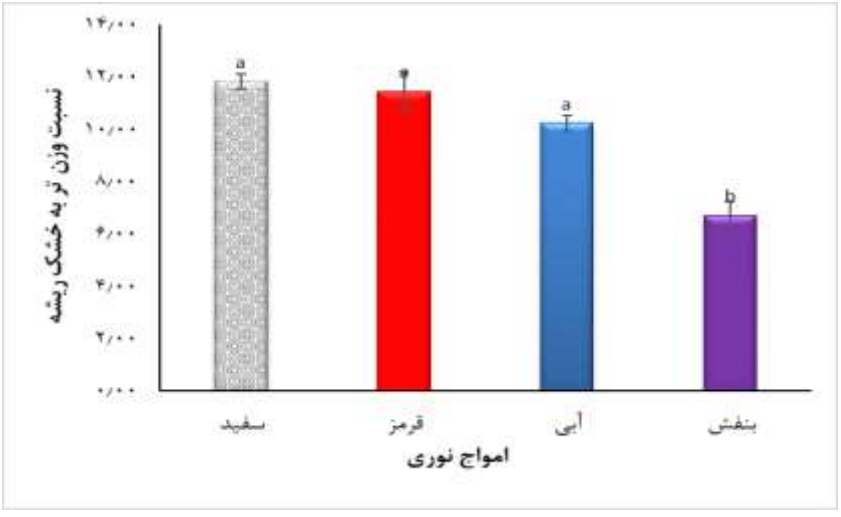
شکل (۸) مقایسه میانگین اثر نور LED روی طول ریشه



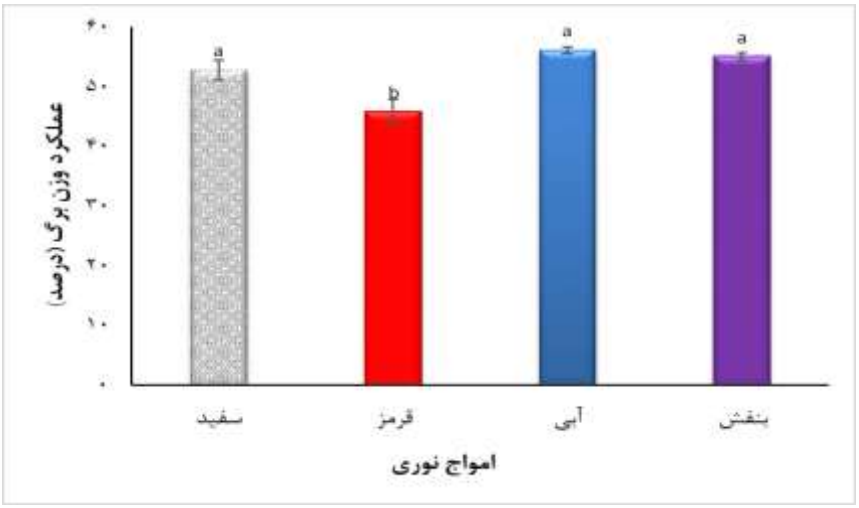
شکل (۹) مقایسه میانگین اثر نور LED روی تعداد گره



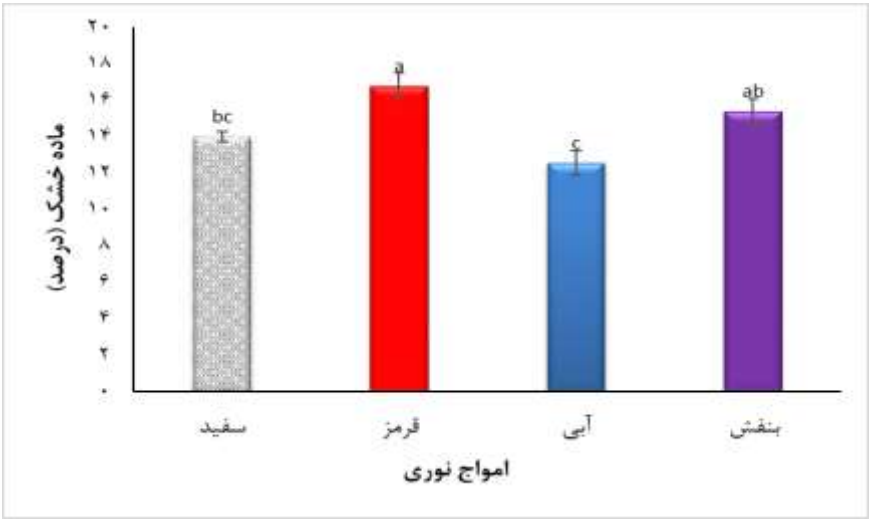
شکل (۱۰) مقایسه میانگین اثر نور LED روی فاصله میانگره



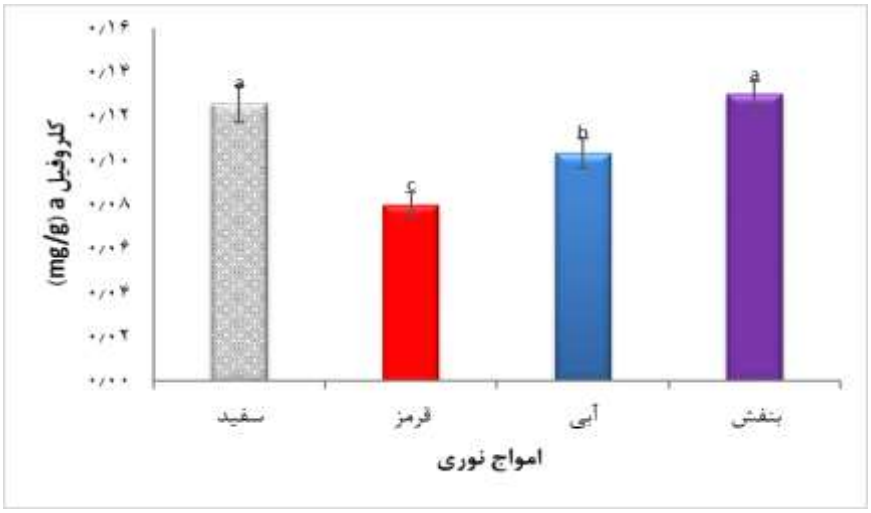
شکل (۱۱) مقایسه میانگین اثر نور LED روی نسبت وزن تر به خشک ریشه



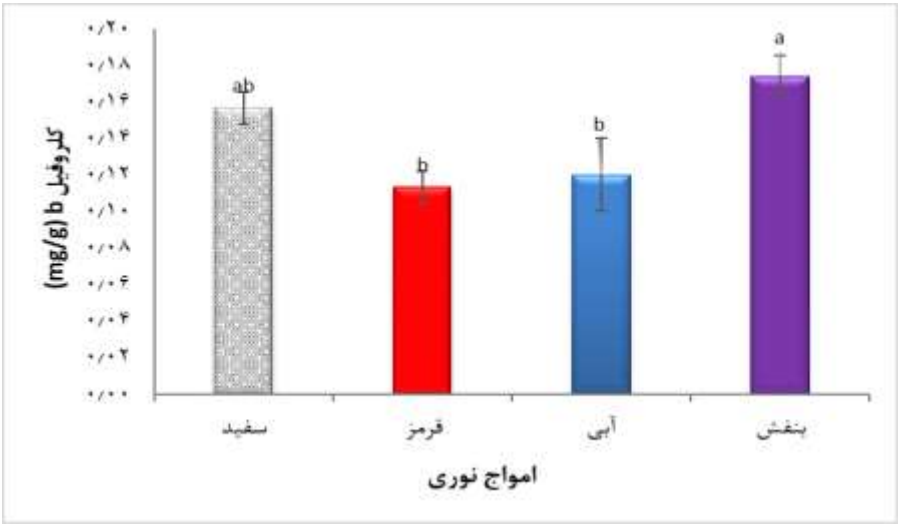
شکل (۱۲) مقایسه میانگین اثر نور LED روی عملکرد وزن برگ



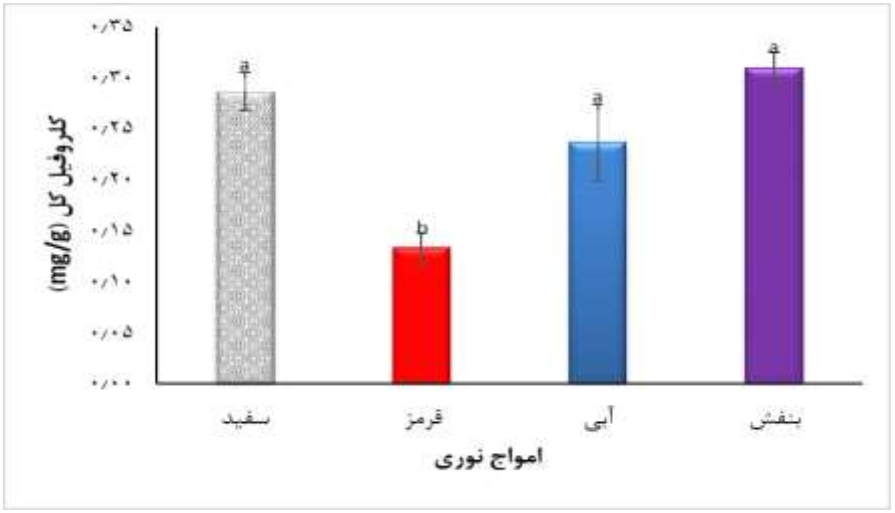
شکل (۱۳) مقایسه میانگین اثر نور LED روی ماده خشک



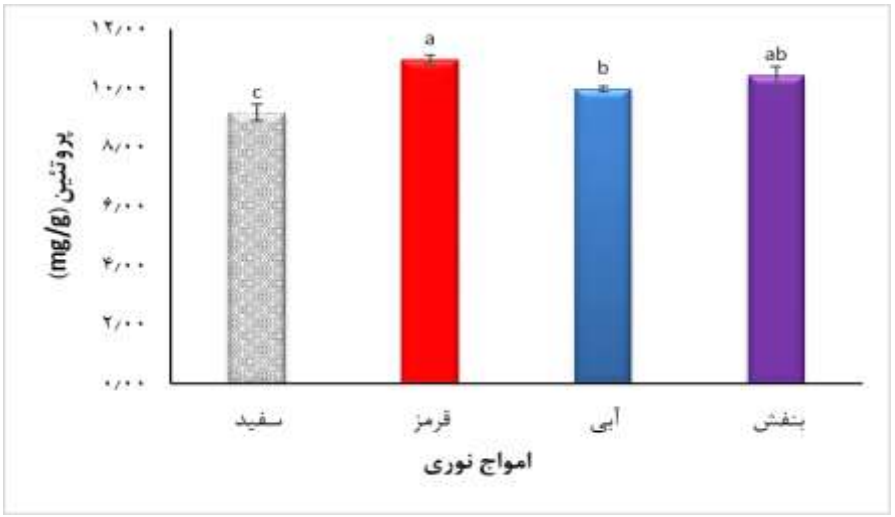
شکل (۱۴) مقایسه میانگین اثر نور LED روی کلروفیل a



شکل (۱۵) مقایسه میانگین اثر نور LED روی کلروفیل b



شکل (۱۶) مقایسه میانگین اثر نور LED روی کلروفیل کل



شکل (۱۷) مقایسه میانگین اثر نور LED روی پروتئین

بحث

کیفیت نور با تاثیری که بر نسبت بین هورمون‌های گیاهی می‌گذارد روی رشد و مورفولوژی گیاه می‌تواند تغییراتی ایجاد کند.

تحقیقات پیشین نشان داد که نور قرمز سبب افزایش تعداد برگ در گیاهان می‌شود. به عنوان مثال Poudel و همکاران (۲۰۰۸) طی

پژوهشی نشان دادند که بیشترین تعداد برگ، طول ساقه و میانگره در گیاهچه انگور در کاربرد نور قرمز نسبت به آبی بود (Poudel et al., ۲۰۰۸). Wang و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که نور آبی LED منجر به افزایش سطح برگ شد، که نتایج مطالعه حاضر با آن هم‌خوانی داشت. طبق تحقیقات صورت گرفته و از نظر فیزیولوژیک و تئوری عملکرد فوتونی نور آبی و قرمز به تنهایی برای رشد کردن گیاه کافی است (Kozai., ۲۰۱۶). استفاده از نور آبی باعث بهبود باز و بسته شدن روزنه‌ها شده و سبب افزایش اندام‌زایی در گیاه می‌شود (Dou) .et al., ۲۰۱۷ وو و همکاران بیان کردند که نور آبی باعث افزایش وزن گیاهچه نسبت به تیمارهای نوری می‌شود ((Wu et al., ۲۰۰۷. استفاده از نور آبی در گیاه سبب توسعه کلروپلاست، سنتز و تجمع کلروفیل و القای باز شدن روزنه‌ها می‌شود (Chen et al., ۲۰۱٤). Samuolienė و همکاران گزارش کردند که نور قرمز در توت‌فرنگی سبب افزایش کلروفیل a و b می‌شود (Samuolienė et al.,۲۰۱۰). برومند (۱۳۹۵) نیز نشان داد که کاربرد نور فلورسنت سبب افزایش کلروفیل a شد. کیفیت نور در ساخت و تجمع پروتئین در گیاه تاثیرگذار است. تیمار نوری قرمز و قرمز-آبی سبب سنتز اسیدآمینه و افزایش میزان پروتئین شد (Choi et al., ۲۰۱۵).

نتیجه‌گیری

کیفیت نور بر رشد و مورفولوژی گیاه مرزنگوش موثر است. تیمار نور قرمز باعث افزایش تعداد برگ در گیاه مرزنگوش شد. بیشترین میزان وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه وطول ریشه در نور قرمز بود. نتایج حاصل نشان داده که از لحاظ مورفوژنز گیاهی، نور آبی روی عملکرد گیاه اثر می گذارد. نور آبی با افزایش تقسیم سلولی باعث افزایش سطح برگ و افزایش وزن تر اندام‌هوایی شده، با افزایش سطح برگ، عملکرد وزن برگ نیز در تیمار نور آبی افزایش یافت. نور LED قرمز و آبی تک رنگ سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی شدند که با افزایش وزن خشک اندام هوایی درصد ماده خشک هم در تیمار نور قرمز افزایش یافت. در این پژوهش نور LED آبی، قرمز-آبی و قرمز سبب افزایش ارتفاع در گیاه مرزنگوش شد. با افزایش ارتفاع تعداد گره و میانگره نیز در نور LED آبی

افزایش یافت. قطر ساقه در تیمار نور آبی در بیشترین مقدار خود بود. نور LED آبی، فلورسنت و قرمز سبب افزایش نسبت وزن تر به خشک ریشه شد.

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که نور LED قرمز-آبی در تجمع کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b نقش مهمی دارد. کیفیت نور در ساخت و تجمع پروتئین در گیاه تاثیرگذار بود. تیمار نوری قرمز و قرمز-آبی سبب سنتز اسیدآمینه و افزایش میزان پروتئین در مرزنگوش شد. نور LED بر صفت مورفولوژیکی گیاه مرزنگوش نظیر وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن تر به خشک اندام هوایی و صفت فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نظیر کارتنوئید، تاثیر نداشت.

منابع

برومند، مژده(۱۳۹۵). خصوصیات رشد و میزان ماده مؤثره *کرفس*"*pium gravelence* L." تحت تاثیر نورهای LED و تنش شوری. رزمجو، جمشید.، کریم مجنی، حسن.، سبزعلیان، محمدرضا. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

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.

Chen, X-l., Wen-zhong, G., Xu-zhang, X., Li-chun, W., and Xiao-jun. (۲۰۱۴). 'Growth and quality responses of ‘Green Oak Leaf’lettuce as affected by monochromic or mixed radiation provided by fluorescent lamp (FL) and light-emitting diode (LED)'. Scientia Horticulturae Qiao, ۱۷۲: ۱۶۸-۷۵.

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.

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

Kozai, T. (۲۰۱۶). 'Why LED Lighting for Urban Agriculture?' in, LED lighting for urban agriculture (Springer).

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.

Poudel, Puspa, R., Ikuo K., R. (۲۰۰۸). 'Effect of red-and blue-light-emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes. Plant cell Mochioka, tissue, and organ culture ', ۹۲: ۱۴۷-۵۳.

Samuolienė, G., Aušra, B., Akvilė, U., Gintarė, Š., and P. (۲۰۱۰). 'The effect of red and blue light component on the growth and development of frigo strawberries'. Zemdirbyste-Agriculture Duchovskis, ۹۷: ۹۹-۱۰۴.

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.

Thomas, T, H., Hare, PD., and J. (۱۹۹۷). 'Phytochrome and cytokinin responses'. Plant Growth Regulation Van Staden, ۲۳: ۱۰۵-۲۲.

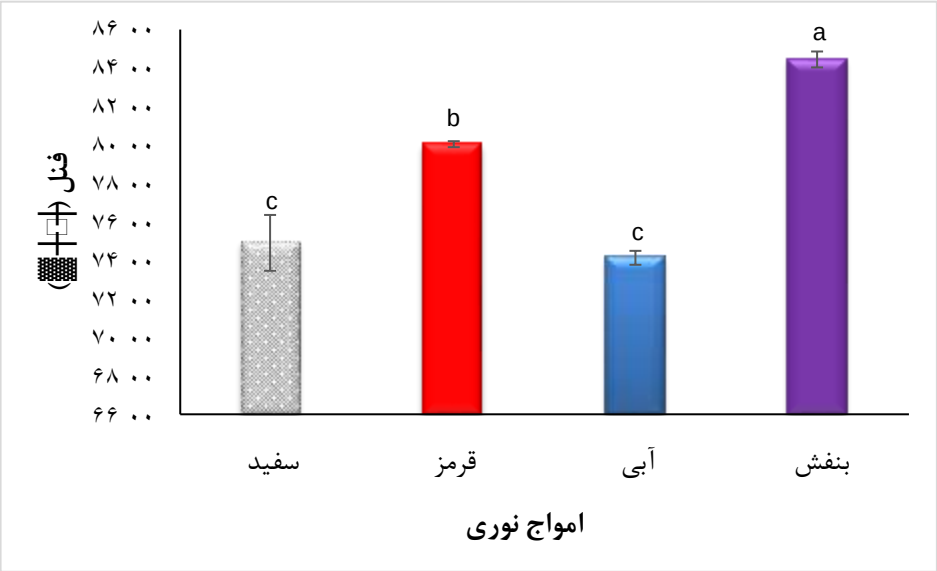
Wang, XY., XM, Xu., and J. (۲۰۱۵). 'The importance of blue light for leaf area expansion, development of photosynthetic apparatus, and chloroplast ultrastructure of Cucumis sativus grown under weak light'. Photosynthetica Cui, ۵۳: ۲۱۳-۲۲.

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.

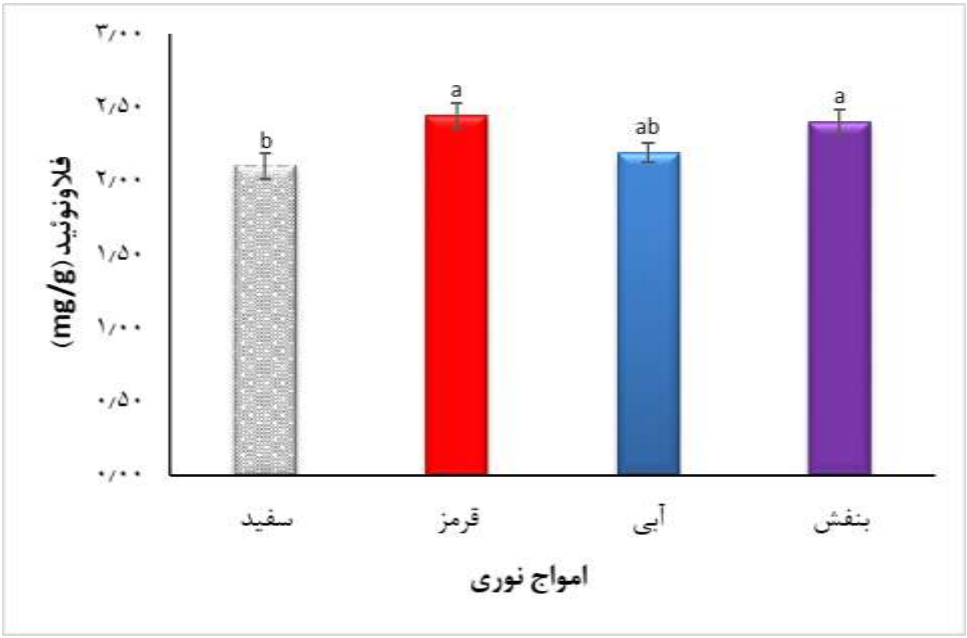
جدول(۲) تجزیه واریانس طول موج‌های مختلف نور LED روی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل		پروتئین	نسبت کلروفیل a به کلروفیل b
تیمار	۳	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۳*	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۰^{ns}	۱/۷۳**	۰/۳۴۵**
خطای آزمایش	۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۱۶	۰/۰۱۳
ضریب تغییرات %CV		۲۱/۰۶	۲۳/۱۲	۳۲/۶۱	۱۰/۹۷	۷/۵۸	۴۳/۴۶

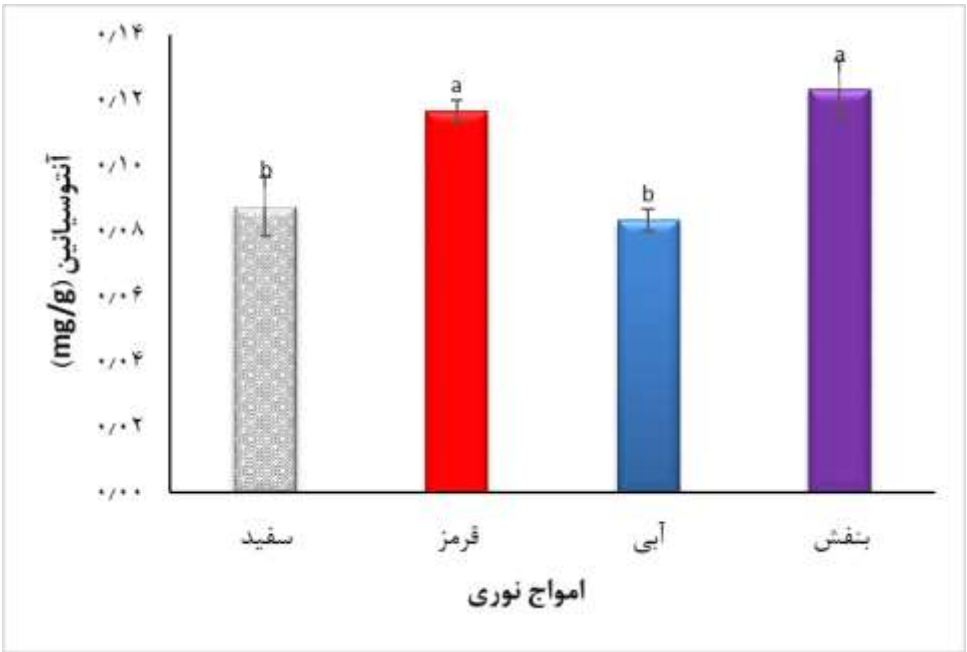
**،*وns به ترتیب معنی داری در سطح اختلاف ۱درصد،۵درصد و غیر معنی دار



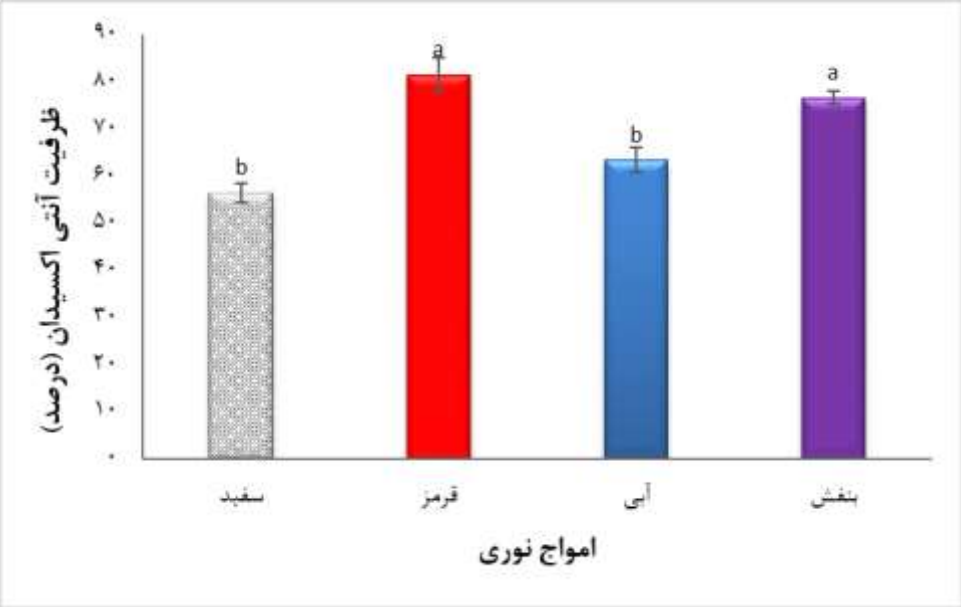
شکل (۱) مقایسه میانگین اثر نور LED روی فنل



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.