

## ارزیابی پاسخ‌های باززایی و تولید مواد فنلی گونه‌های سوسن در واکنش به کیفیت‌های مختلف نوری

یونس پور بیرامی هیر\*، اسماعیل چمنی، زینب نوروزی همدانی و رقیه نبی پور سنجد

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۶

### چکیده

گل سوسن متعلق به تیره سوسن‌سانان است. اخیراً، تکنولوژی LED رشد گیاهان، عملکرد و متابولیت‌های ثانویه را افزایش داده است. در آزمایش حاضر، سه گونه سوسن *L. dandie* و *L. jinghe* و *L. ledebourii* مورد مطالعه قرار گرفتند. تیمارهای کیفیت نور شامل نورهای تک رنگ ۱۰۰٪ سفید (W)، ۱۰۰٪ قرمز (R)، ۱۰۰٪ آبی (B) و نورهای ترکیبی ۸۰٪ قرمز+۲۰٪ آبی (R80B20)، ۶۰٪ قرمز+۴۰٪ آبی (R60B40)، ۴۰٪ قرمز+۶۰٪ آبی (R40B60) و ۲۰٪ قرمز+۸۰٪ آبی (R20B80) بود. پژوهش حاضر به صورت سه آزمایش مجزا و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های مرفولوژیک، فیزیولوژیک و فیتوشیمیایی به شدت به گونه گیاهی وابسته است. در گونه *L. ledebourii* نور سفید و قرمز به ترتیب بیشترین تاثیر را در افزایش طول ریشه و فنل کل داشتند. گونه *L. jinghe* نیز در بسیاری از شاخص‌ها از جمله درصد باززایی، طول برگ، طول ریشه، تعداد ریشه، تعداد برگ، وزن تر، سطح برگ، رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای فنل کل تحت تاثیر اثرات مثبت نور سفید قرار گرفت. از طرف دیگر، درصد کالوس تحت تاثیر نور قرمز افزایش یافت. علاوه بر این، برخی شاخص‌ها از جمله طول برگ، تعداد پيازچه تعداد ریشه، تعداد برگ، وزن تر، سطح برگ، کلرفیل b، محتوای فنل کل و محتوای فلاونوئید کل تحت تاثیر تیمار نوری R80B20 افزایش معنی‌داری را نشان دادند. در مجموع در گونه *L. dandie* و *L. jinghe* به ترتیب تیمار نوری W و R80B20 منجر به بهبود بسیاری از شاخص‌های رشدی و فیتوشیمیایی شدند.

واژه‌های کلیدی: سوسن، فنل، کشت بافت، متابولیت ثانویه، LED

، پست الکترونیکی: younes\_ph62@uma.ac.ir

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۵۹۵۰۵۷۲

### مقدمه

در سال‌های اخیر، کاربرد گیاهان دارویی به عنوان منبع متابولیت‌های ثانویه به شدت مورد توجه واقع شده است. متابولیت‌های ثانویه علاوه بر نقش حفاظتی از گیاهان می‌توانند منابع منحصر به فردی در تولید دارو، افزودنی‌های غذایی، طعم‌دهنده‌ها و ... باشند (۱۱). در این میان، پلی‌فنول‌ها، مانند فلاونوئیدها و اسیدهای فنولیک، گروهی از مواد فیتوشیمیایی با خواص آنتی‌اکسیدانی بالا و ضد میکروبی هستند که نقش حیاتی در کاهش آسیب‌های اکسیداتیو و خطرات بیماری‌ها دارند (۱۰ و ۲۴). با این وجود، گاهی مشکلاتی مانند آلودگی‌های محیطی، ناهمگن بودن مواد گیاهی و غیرقابل دسترس بودن آن‌ها موجب می‌شود که مواد گیاهی جمع‌آوری شده از محیط، علاوه بر کیفیت پایین، کمی سمی نیز باشند (۳۳). از این رو، کشت سلول و بافت گیاهی به عنوان روشی کارآمد در افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه که سنتز شیمیایی دشواری دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد و مشکلات روش‌های سنتی را ندارد (۴).

گل سوسن (*Lilium L.*)، متعلق به تیره سوسن‌سانان، به دلیل داشتن گل‌های بزرگ، رنگ‌های جذاب و عمر مطلوب جز ده گل برتر دنیا قرار گرفته است (۳۷). جنس سوسن دارای بیش از ۱۰۰ گونه است که عمدتاً در مناطق معتدل و سرد آسیای میانه گسترش یافته‌اند (۱۹). سوسن چلچراغ یا *Lilium ledebourii* به عنوان یک اثر طبیعی ملی، به صورت خودرو در استان‌های شمالی ایران می‌روید و پتانسیل بالایی از نظر زینتی و دارویی دارد، با این حال، به دلیل برداشت بی‌رویه در معرض خطر انقراض قرار دارد (۱۵). *Lilium dandie* و *Lilium jinghe*، هیبریدهای آسیایی هستند که پیاز آن‌ها خوراکی است و ارزش غذایی بسیار بالایی دارند (۴). با این حال در مطالعات کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند.

در برخی گونه‌های سوسن مانند *candidum* وجود ساپونین‌های استروئیدی، گلیکوزیدهای فنلی، آلکالوئیدهای فلاونوئیدی و آلکالوئیدهای پیرولین-پیرولیدین گزارش شده است که در درمان جراحات، سوختگی‌ها، زخم‌ها و اختلالات زنان مفید واقع شده‌اند (۱۵). علاوه بر این، پلی‌فنول‌ها و فلاونوئیدها در عصاره گیاهی *L. ledebourii* یافت شده‌اند (۳۷). همچنین آنالیز ترکیبات اسانس در این گیاه نشان داده است که ایزوپولگون، پنتاکوسان، ۳-متیل‌تریکوزان، ۲-متیل‌پنتاکوسان، دوکوسان و اکسید لینالول اجزای اصلی اسانس هستند (۱۵).

امروزه کشت درون شیشه‌ای به دلیل تولید و بازایی سریع مواد گیاهی به عنوان یک ضرورت در تکثیر رویشی و تولید تجاری سوسن شناخته شده است (۷ و ۲۰). استفاده از تکنیک کشت بافت گیاهی فرصتی را برای کاربرد رویکردهای جدید برای افزایش بازایی و بهبود محتوای متابولیت‌های ثانویه سوسن فراهم کرده است. بازایی جوانه‌های نابجا از فلس‌های

گونه‌های سوسن در شرایط درون شیشه‌ای به عوامل محیطی مختلفی بستگی دارد. عوامل محیطی همچنین باعث ایجاد تغییراتی در رشد، کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه می‌شوند (۳۷). نور به عنوان یک عامل محیطی با طیف (کیفیت یا رنگ)، شدت (کمیت یا مقدار) و دوره نوری (مدت نور روزانه) تعریف می‌شود (۲۹). اخیراً استفاده از LEDها (دیودهای ساطع‌کننده نور) به منظور تنظیم شدت و طیف‌های نوری متفاوت و مطابق با نیازهای گیاهان مورد توجه پرورش دهندگان و محققان قرار گرفته است. فناوری LED دارای مزایای متعددی مانند عمر طولانی، حجم کم، انتشار حرارتی پایین، طول موج باریک است که آن را برای محیط رشد درون شیشه‌ای ایده آل می‌کند (۸).

کاربرد LEDها به عنوان منبع نوری می‌تواند متابولیسم اولیه و ثانویه گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد (۳۸). مطالعات نشان داده‌اند که نور سفید، سبز، آبی و ترکیب نور قرمز و آبی محتوای برخی ترکیبات فنلی مانند p-کوماریک اسید را در گونه *Lilium candidum* افزایش داده است (۳). در گیاه *Myrtus communis* L طیف نوری قرمز موجب افزایش درصد باززایی درون شیشه‌ای شده است (۱۱). در گزارش دیگری، باززایی گیاهچه‌های *Vanilla planifolia* Andrews تحت نور سفید و ترکیب نور آبی و قرمز افزایش قابل توجهی یافته است (۲۱). علاوه بر این در مواردی، طیف‌های نوری تولید مواد فنولیک را بهبود بخشیده‌اند از جمله، ترکیب نور آبی و قرمز در گیاهچه‌های *Antirrhinum majus* L (۲۹)، نور قرمز در *Fagopyrum tataricum* (۲۵) و *Myrtus communis* L (۱۱). عسکری و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده‌اند نور قرمز می‌تواند رشد پیازچه‌های سوسن را ۲۰ درصد افزایش دهد (۶). به طور کلی، گزارشات متناقضی در زمینه واکنش‌های رشدی گیاهان به طیف‌های نوری مختلف وجود دارد و حاکی از آن است که این واکنش‌ها کاملاً به گونه‌های گیاهی بستگی دارد. بر این اساس، در این مطالعه تاثیر طیف‌های نوری به صورت منفرد و ترکیبی بر پاسخ‌های باززایی، رشد و تولید مواد فنلی در سه گونه سوسن بررسی شد. نتیجه مطالعه حاضر، علاوه بر توصیه‌هایی برای تولید سوسن در شرایط درون شیشه‌ای، یافته‌هایی را به دانش فعلی اضافه کرد.

## مواد و روشها

مواد گیاهی، کشت و تیمارهای نوری

فلس‌های پیاز سه گونه سوسن (*Lilium dandie* و *Lilium jinghe*، *Lilium ledebourii*) به عنوان منبع گیاهی استفاده شد. از هر گونه، فلس‌های همسن در محیط کشت MS (۲۵) با pH برابر ۵/۸ کشت شدند. تمام نمونه‌های کشت شده به محفظه-های روشنایی LED منتقل شدند. تیمارهای کیفیت نور شامل موارد زیر بودند: ۱۰۰ درصد نور سفید (W)، ۱۰۰ درصد نور قرمز (R)، ۱۰۰ درصد نور آبی (B)، ۸۰ درصد نور قرمز + ۲۰ درصد نور آبی (R80B20)، ۶۰ درصد نور قرمز + ۴۰ درصد نور آبی (R60B40)، ۴۰ درصد نور قرمز + ۶۰ درصد نور آبی (R40B60)، ۲۰ درصد نور قرمز + ۸۰ درصد نور آبی (R20B80). کشت‌ها به مدت ۸ هفته در محفظه رشدی مذکور با دمای  $22 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود.

### مشاهدات بیومتریک

شاخص‌های بیومتریک شامل درصد باززائی، درصد کالوس، طول برگ (سانتی‌متر)، طول ریشه (سانتی‌متر)، تعداد برگ، تعداد ریشه و تعداد پیازچه اندازه‌گیری شد. وزن تر گیاهچه (گرم) با ترازوی ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. سطح برگ (میلی‌متر مربع) با استفاده از نرم افزار Image J محاسبه شد.

### رنگی‌های فتوستتزی

اندازه‌گیری رنگی‌های فتوستتزی با روش آرنون (۱۹۴۹) انجام شد (۵). نمونه برگ‌های تازه یا استون ۸۰ درصد همگن شد. پس از سانتریفیوژ (۱۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه) میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۳-۶۴۵-۴۷۰ قرائت شد. غلظت رنگی‌های فتوستتزی از معادلات زیر محاسبه شد و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیان شد.

$$\text{Chl.a (mg/g FW)} = 12/21 A_{663} - 2/81 A_{646}$$

$$\text{Chl.b (mg/g FW)} = 20/13 A_{646} - 5/03 A_{663}$$

$$\text{Chl.total (mg/g FW)} = \text{Chl.a} + \text{Chl.b}$$

$$\text{Cx+c} = 1000 A_{470} - 3/27 \text{Chl.a} - 104 \text{Chl.b} / 229$$

### اندازه‌گیری محتوای فنولیک

برای تهیه عصاره‌های فنولیک، ۰/۱ گرم از گیاهچه با ۲ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد آسیاب شد. پس از سانتریفیوژ، مایع رویی برای آنالیزهای بعدی جدا شد (۳۹). محتوای فنل کل با متد فولین سیوکالتیو با کمی تغییرات تعیین شد (۳۶). به عصاره گیاهی، ۲ میلی لیتر معرف فولین افزوده شد و پس از ۱ دقیقه، ۱ میلی لیتر سدیم کربنات (۷ درصد جرمی/حجمی) به آن

افزوده شد. ۱ ساعت بعد، جذب نمونه‌ها در ۷۶۵ نانومتر قرائت شد. از منحنی استاندارد اسید گالیک برای محاسبه اکی والانت اسید گالیک بر گرم وزن تر نمونه‌ها استفاده شد.

محتوای فلاونوئید کل با متد آلومینیوم کلرید (۳۹) تعیین شد. ۱۰۰ ماکرولیتتر عصاره، ۵۰۰ ماکرولیتتر متانول، ۱۰۰ ماکرولیتتر آلومینیوم کلرید (۱۰ درصد جرمی/حجمی)، ۱۰۰ ماکرولیتتر پتاسیم استات (یک مولار) و ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شدند و به مدت نیم ساعت در تاریکی قرار گرفتند. جذب در طول موج ۴۱۵ نانومتر قرائت شد. از منحنی استاندارد کوئرستین برای محاسبه اکی والانت کوئرستین بر گرم وزن تر نمونه‌ها استفاده شد.

### اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH

به مقدار ۱۰ ماکرولیتتر عصاره، ۹۹۰ ماکرولیتتر محلول DPPH ( $10^{-5} \times 6/25$  مولار) اضافه شد. پس از گذشت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق و در شرایط تاریکی، میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. نمونه شاهد شامل حلال استخراج و محلول DPPH بود. فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$DPPH\% = (A_{\text{cont}} - A_{\text{samp}}) / A_{\text{cont}} \times 100$$

DPPH%: درصد بازدارندگی،  $A_{\text{cont}}$ : میزان جذب شاهد،  $A_{\text{samp}}$ : میزان جذب نمونه‌ها

### آنالیز آماری

مطالعه حاضر، در سه آزمایش مجزا و به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۵ تکرار انجام شد. در هر آزمایش تاثیر کیفیت‌های نوری مختلف بر گونه‌های سوسن (۳ گونه) مورد مطالعه قرار گرفت. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به ترتیب با نرم افزار SAS و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نرمال سازی داده‌ها با استفاده از تبدیل جذری انجام شد.  $\sqrt{x + 0.5}$

### نتایج

با بررسی نتایج تجزیه واریانس تاثیر کیفیت‌های نوری مختلف بر شاخص‌های بیومتریک سه گونه سوسن مورد آزمایش، مشخص شد که پاسخ گونه‌ها در مقابل تیمارهای نوری متفاوت است.

تأثیر کیفیت نور بر گونه *L. ledebourii*: در این گونه تیمارهای نوری R، B و R80B20 (بدون اختلاف معنی‌دار) تأثیر معنی‌داری را در بهبود شاخص‌های بیومتریکی نداشتند و فقط در شاخص طول ریشه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۱، شکل ۱ د). نتایج تجزیه واریانس تأثیر نورهای LED بر شاخص‌های رویشی و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی نشان داد که در این گونه در هیچ یک از صفات فوق‌الذکر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۲). محتوای فنل کل در هر این گونه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳) و بیشترین محتوای فنل کل تحت تیمار نوری R به دست آمد که اختلاف قابل توجهی را با سایر تیمارهای نوری نشان داد (شکل ۳). بر اساس نتایج، محتوای فلاوونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای نوری قرار نگرفت (جدول ۳).

تأثیر کیفیت نور بر گونه *L. jinghe*: در این گونه، تیمارهای نوری W، R، B و R80B20 (بدون اختلاف معنی‌دار) اغلب شاخص‌ها از جمله درصد باززایی (شکل ۱ الف)، طول برگ (شکل ۱ ج)، طول ریشه (شکل ۱ د)، تعداد ریشه (شکل ۱ و)، و تعداد برگ (شکل ۱ ز) را بهبود بخشیدند (جدول ۱). همچنین، بیشترین طول برگ (شکل ۱ ج) و تعداد ریشه (شکل ۱ و) تحت نور W به دست آمد. در این گونه، تمام شاخص‌های رویشی و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که هر سه تیمار نوری W، R و B بدون تفاوت معنی‌داری موجب افزایش وزن تر، سطح برگ و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی شدند. با این حال، بیشترین وزن تر، سطح برگ و محتوای رنگیزه‌ها به ترتیب تحت تیمارهای نوری W و R به دست آمد (شکل ۲). در این گونه، محتوای فنل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در این گونه نیز، بیشترین محتوای فنل کل تحت تیمار نوری R به دست آمد (شکل ۳). نتایج نشان داد که محتوای فلاوونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در این گونه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای نوری قرار نگرفت (جدول ۳).

تأثیر کیفیت نور بر گونه *L. dandie*: در گونه حاضر نیز در برخی شاخص‌ها مانند درصد کالوس (شکل ۱ ب)، طول برگ (شکل ۱ ج)، تعداد پیازچه (شکل ۱ ه)، تعداد ریشه (شکل ۱ و) و تعداد برگ (شکل ۱ ز) تحت تیمارهای نوری W، R، B و R80B20، اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۱). در میان سه گونه مورد آزمایش، درصد کالوس فقط در این گونه و تحت نور R افزایش یافت (شکل ۱ ب). پاسخ شاخص‌های رویشی و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی به کیفیت نوری

در این گونه متناقض بود و در برخی صفات از جمله وزن تر، سطح برگ و کلروفیل b اختلاف معنی‌داری مشاهده شد

(۲).

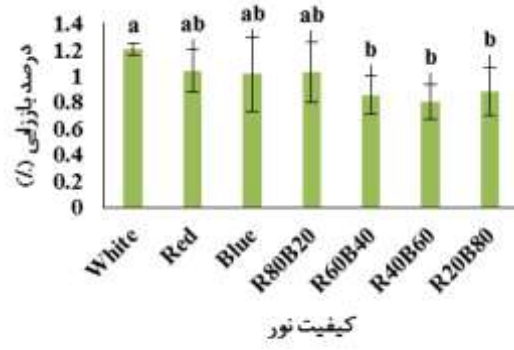
(جدول)

Preproof Article

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تاثیر کیفیت نور بر برخی صفات بیومتریکی در *L. dandie* و *L. jinghe* و *L. ledebourii*Table 1- The results of variance analysis of the effect of light quality on some biometric traits in *L. ledebourii*, *L. jinghe*, and *L. dandie*

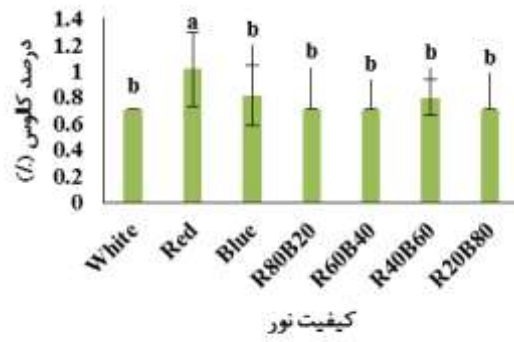
|   | میانگین مربعات             |                  |                         |
|---|----------------------------|------------------|-------------------------|
|   | <i>L. dandie</i>           | <i>L. jinghe</i> | <i>L. ledebourii</i>    |
| تعداد برگ<br>Leaf number                | 18.586 **                  | 1.931            | 34.07                   |
| تعداد ریشه<br>Root number               | 1.594 **                   | 0.336            | 37.59                   |
| تعداد پیازچه<br>Bulblet number          | 1.10 **                    | 0.266            | 32.89                   |
| طول ریشه<br>Root length                 | 0.068 ns                   | 0.041            | 21.88                   |
| طول برگ<br>Leaf length                  | 1.01 *                     | 0.35             | 37.38                   |
| درصد کالوس<br>Callus percentage         | 0.066 *                    | 0.022            | 18.88                   |
| درصد باززایی<br>Regeneration percentage | 0.075 ns                   | 0.031            | 18.16                   |
| تعداد برگ<br>Leaf number                | 19.33 **                   | 3.907            | 55.41                   |
| تعداد ریشه<br>Root number               | 2.272 **                   | 0.503            | 47.98                   |
| تعداد پیازچه<br>Bulblet number          | 1.30 ns                    | 0.589            | 51.35                   |
| طول ریشه<br>Root length                 | 0.132 **                   | 0.035            | 20.55                   |
| طول برگ<br>Leaf length                  | 3.45 **                    | 0.39             | 38.34                   |
| درصد کالوس<br>Callus percentage         | 0.008 ns                   | 0.008            | 12.12                   |
| درصد باززایی<br>Regeneration percentage | 0.096 *                    | 0.033            | 18.77                   |
| تعداد برگ<br>Leaf number                | 0.0 ns                     | 0.0              | 0                       |
| تعداد ریشه<br>Root number               | 0.610 ns                   | 0.323            | 42.18                   |
| تعداد پیازچه<br>Bulblet number          | 1.62 ns                    | 0.802            | 44.90                   |
| طول ریشه<br>Root length                 | 0.089 **                   | 0.024            | 16.84                   |
| طول برگ<br>Leaf length                  | 0.0 ns                     | 0.0              | 0                       |
| درصد کالوس<br>Callus percentage         | 0.033 ns                   | 0.019            | 18.40                   |
| درصد باززایی<br>Regeneration percentage | 0.071 ns                   | 0.037            | 18.62                   |
| درجه آزادی<br>df                        | 6                          | 28               |                         |
| منبع تغییرات<br>Source of variation     | کیفیت نور<br>Light quality | خطا<br>Error     | ضریب تغییرات (CV)<br>CV |

ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی داری و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.



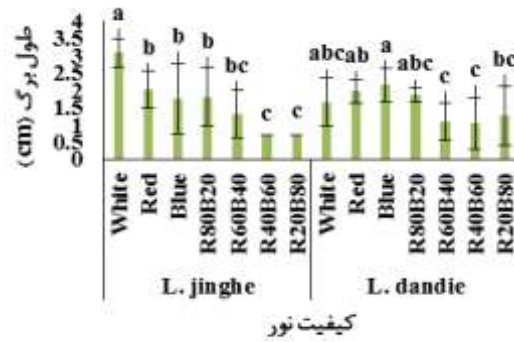
(الف)

(A)



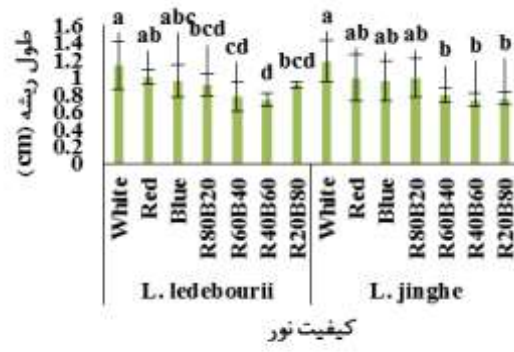
(ب)

(B)



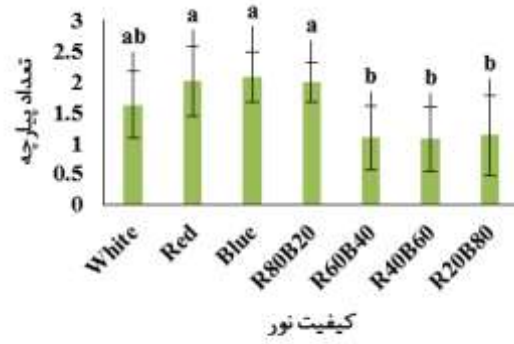
(ج)

(C)



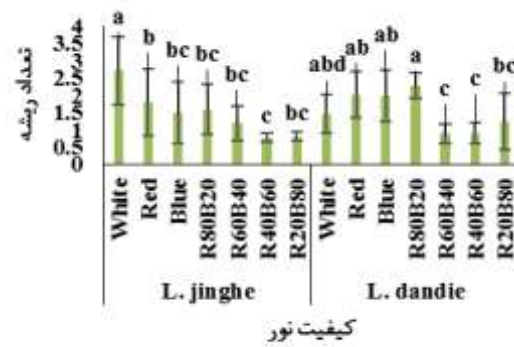
(د)

(D)



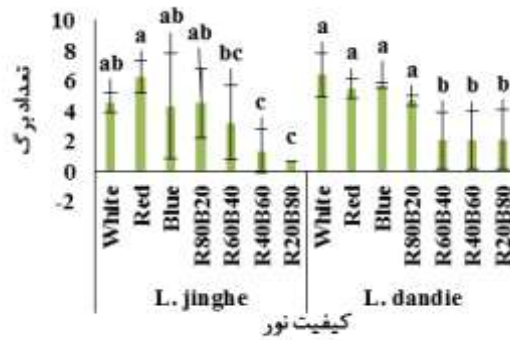
(ه)

(E)



(و)

(F)



(ج)

(G)

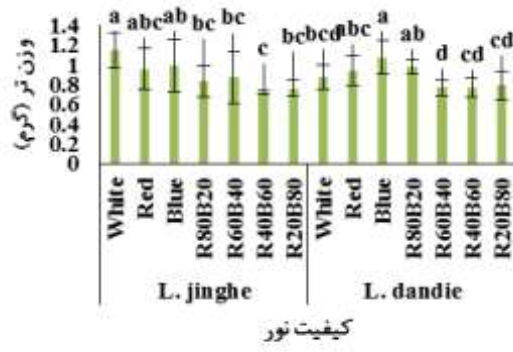
شکل ۱- تاثیر کیفیت‌های نوری بر صفات بیومتریکی، الف، درصد باززایی در گونه *L. jinghe*، ب، درصد کالوس در گونه *L. dandie*، ج، طول برگ در گونه‌های *L. jinghe* و *L. dandie*، د، طول ریشه در گونه‌های *L. ledebourii* و *L. jinghe*، ه، تعداد پیازچه در گونه *L. dandie*، و، تعداد ریشه در گونه‌های *L. jinghe* و *L. dandie*، ز، تعداد برگ در گونه‌های *L. jinghe* و *L. dandie* میانگین‌ها با حروف مختلف بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن به طور معنی‌داری متفاوت هستند (در سطح احتمال ۵ درصد)

Figure 1. The effect of light qualities on biometric traits, (A) Regeneration species, (B) callus in *L. dandie* percentage in *L. jinghe* and *L. jinghe* species, (C) leaf length in species, (D) root length in *L. ledebourii* and *L. dandie L. jinghe* species, (E) bulblet number in the *L. dandie* species. Means and *L. dandie* species, (G) leaf number in *L. jinghe* and *L. dandie* with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test (at the 5% probability level).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تاثیر کیفیت نور بر روی برخی صفات رویشی و رنگیزه‌های فتوسنتزی در *L. dandie* و *L. jinghe* و *L. ledebourii*Table 2- The results of variance analysis of the effect of light quality on some vegetative traits and photosynthetic pigments in *L. ledebourii*, *L. jinghe*, and *L. dandie*

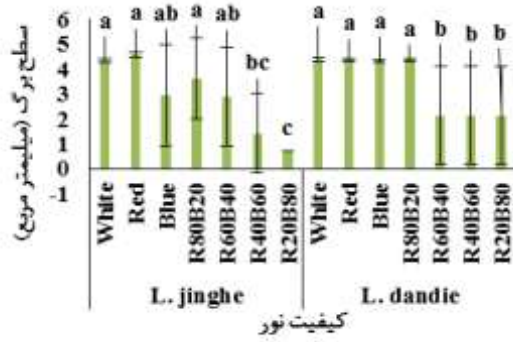
|                                     | میانگین مربعات<br>Mean square |                            |                        |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------|
|                                     | <i>L. dandie</i>              | <i>L. jinghe</i>           | <i>L. ledebourii</i>   |
| کاروتنوئید<br>Carotenoid            | 0.015                         | 1.32 ns                    | 13.80                  |
| کلروفیل کل<br>Total chlorophyll     | 1.663                         | 0.50 ns                    | 37.75                  |
| کلروفیل b<br>Chlorophyll b          | 2.40                          | 0.69 *                     | 59.84                  |
| کلروفیل a<br>Chlorophyll a          | 0.24                          | 5.60 ns                    | 36.21                  |
| سطح برگ<br>Leaf area                | 0.25                          | 7.076 *                    | 39.35                  |
| وزن تر<br>Fresh weight              | 0.93                          | 0.071 **                   | 57.23                  |
| کاروتنوئید<br>Carotenoid            | 1.77                          | 3.37 *                     | 56.58                  |
| کلروفیل کل<br>Total chlorophyll     | 0.20                          | 0.69 **                    | 25/03                  |
| کلروفیل b<br>Chlorophyll b          | 0.16                          | 0.79 **                    | 33.58                  |
| کلروفیل a<br>Chlorophyll a          | 0.61                          | 6.72 *                     | 44.74                  |
| سطح برگ<br>Leaf area                | 1.909                         | 10.36 *                    | 47.15                  |
| وزن تر<br>Fresh weight              | 0.035                         | 0.110 *                    | 20.68                  |
| کاروتنوئید<br>Carotenoid            | 0                             | 0.0 ns                     | 0                      |
| کلروفیل کل<br>Total chlorophyll     | 0                             | 0.0 ns                     | 0                      |
| کلروفیل b<br>Chlorophyll b          | 0                             | 0.0 ns                     | 0                      |
| کلروفیل a<br>Chlorophyll a          | 0                             | 0.0 ns                     | 0                      |
| سطح برگ<br>Leaf area                | 0                             | 0.0 ns                     | 0                      |
| وزن تر<br>Fresh weight              | 0.008                         | 0.007 ns                   | 11.03                  |
| درجه آزادی<br>df                    | 28                            | 6                          |                        |
| منبع تغییرات<br>Source of variation | خطا<br>Error                  | کیفیت نور<br>Light quality | ضریب تغییرات (%)<br>CV |

ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.



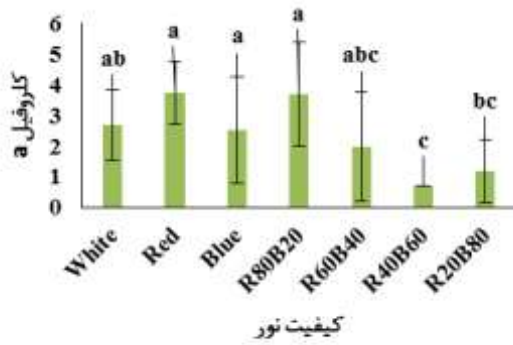
(الف)

(A)



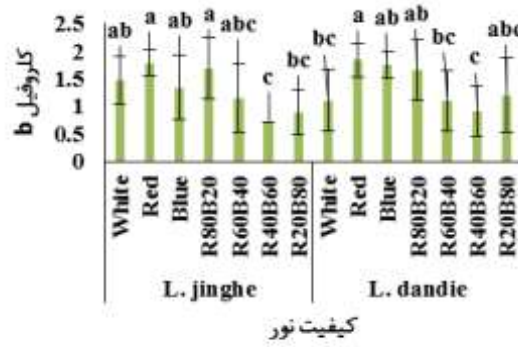
(ب)

(B)



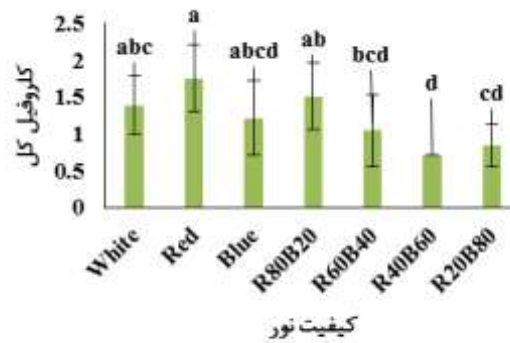
(ج)

(C)



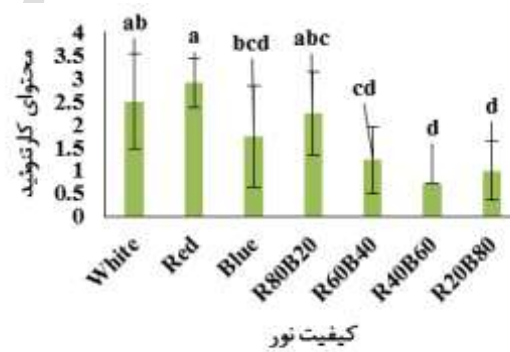
(د)

(D)



(ه)

(E)



(و)

(F)

شکل ۲- تاثیر کیفیت‌های نوری بر برخی صفات رویشی و رنگیزه‌های فتوسنتزی، الف، وزن تر در گونه‌های *L. jinghe* و *L. dandie*، ب، سطح برگ در گونه‌های *L. jinghe* و *L. dandie*، ج، محتوای کلروفیل *L. jinghe* در گونه *L. jinghe*، د، محتوای کلروفیل *L. jinghe* در گونه‌های *L. jinghe* و *L. dandie*، ه، محتوای

کلروفیل کل در گونه *L. jinghe*، و محتوای کارتنوئید در گونه *L. jinghe* میانگین‌ها با حروف مختلف بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن به طور معنی‌داری متفاوت هستند (در سطح احتمال ۵ درصد).

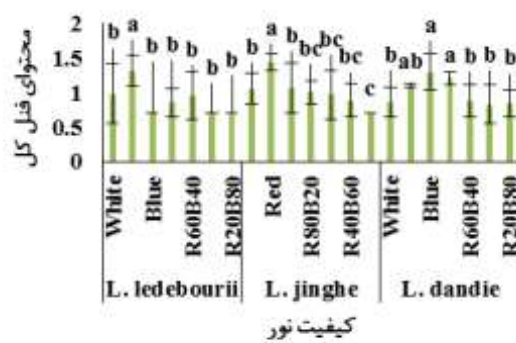
Figure 2. The effect of light qualities on some vegetative traits and *L. dandie* species, (B) photosynthetic pigments, (A) fresh weight in *L. jinghe* and *L. dandie* species, (C) chlorophyll a content in *L. jinghe* leaf area in *L. jinghe* species, (E) and *L. dandie* species, (D) chlorophyll b content in *L. jinghe jinghe* species, (F) carotenoid content in *L. jinghe* total chlorophyll content in *L. jinghe* species. Means with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test (at the 5% probability level).

Preproof Article

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تاثیر کیفیت نور بر روی برخی صفات فیتوشیمیایی در *L. dandie* و *L. jinghe* و *L. ledebourii*Table 3- The results of variance analysis of the effect of light quality on some phytochemical traits in *L. ledebourii*, *L. jinghe*, and *L. dandie*

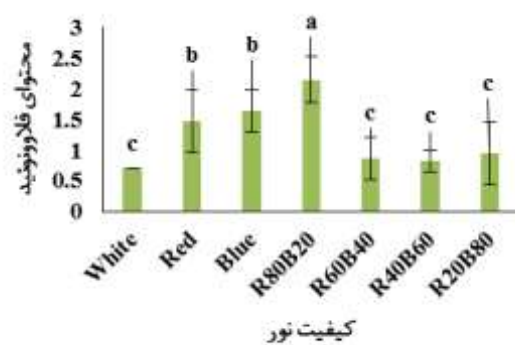
|  | میانگین مربعات<br>Mean square |                  |                      | df | منبع تغییرات<br>Source of variation |
|--|-------------------------------|------------------|----------------------|----|-------------------------------------|
|  | <i>L. dandie</i>              | <i>L. jinghe</i> | <i>L. ledebourii</i> |    |                                     |
| ظرفیت آنتی‌اکسیدانی<br>Antioxidant capacity    | 12.45 *                       | 4.66             | 55.31                |    |                                     |
| محتوای فلاونوئید کل<br>Total flavonoid content | 1.42 **                       | 0.13             | 30.13                |    |                                     |
| محتوای فنل کل<br>Total phenol content          | 0.188 **                      | 0.041            | 20.39                |    |                                     |
| ظرفیت آنتی‌اکسیدانی<br>Antioxidant capacity    | 5.75 ns                       | 7.01             | 61/09                |    |                                     |
| محتوای فلاونوئید کل<br>Total flavonoid content | 0.83 ns                       | 0.37             | 49.21                |    |                                     |
| محتوای فنل کل<br>Total phenol content          | 0.24 **                       | 0.058            | 23.67                |    |                                     |
| ظرفیت آنتی‌اکسیدانی<br>Antioxidant capacity    | 8.00 ns                       | 6.52             | 53.99                |    |                                     |
| فلاونوئید کل<br>Total flavonoid content        | 0.12 ns                       | 0.11             | 39.64                |    |                                     |
| فنل کل<br>Total phenol content                 | 0.24 **                       | 0.056            | 26.64                |    |                                     |
| درجه آزادی                                     | 6                             | 28               |                      |    |                                     |
| کیفیت نور<br>Light quality                     |                               |                  |                      |    |                                     |
| خطا<br>Error                                   |                               |                  |                      |    |                                     |
| ضریب تغییرات<br>(%)<br>CV                      |                               |                  |                      |    |                                     |

\*، \*\* و ns به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.



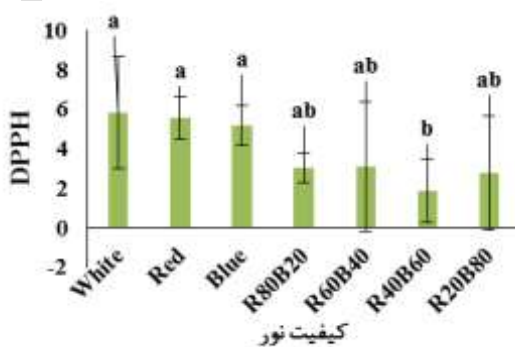
(الف)

(A)



(ب)

(B)



(ج)

(C)

شکل ۳- تاثیر کیفیت‌های نوری بر برخی صفات فیتوشیمیایی، الف، محتوای فنل کل در گونه‌های *L. jinghe ledebourii* و *L. dandie*، ب، محتوای فلاونوئید کل در گونه *L. dandie*، ج، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH) در گونه *L. dandie* میانگین‌ها با حروف مختلف بر اساس آزمون چنددامنه‌ای

دانکن به طور معنی‌داری متفاوت هستند (در سطح احتمال ۵ درصد)

Figure 3. Effect of light qualities on some phytochemical traits, (A) total phenol species, (B) total flavonoid and *L. dandie* content in *L. ledebourii*, *L. jinghe* species, (C) antioxidant capacity (DPPH) in *L. dandie* content in *L. dandie* species. Means with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test (at the 5% probability level).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمارهای نوری R و B نیز بدون اختلاف معنی‌دار توانستند بیشترین وزن تر و سطح برگ را در این گونه تولید کنند (شکل ۲). در این گونه نیز، محتوای فنل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳) و بیشترین سطوح فنل کل مربوط به تیمار نوری B بود. نتایج نشان داد که با افزایش سطح نور آبی در نورهای ترکیبی، محتوای فنل کل کاهش یافت (شکل ۳). محتوای فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی این گونه تحت تیمارهای نوری به طور معنی‌داری تغییر یافت (جدول ۳). بالاترین سطح محتوای فلاونوئید تحت تیمار R80B20 به دست آمد. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز در تیمار نوری W مشاهده شد (شکل ۳).

### بحث و نتیجه‌گیری

فناوری کشت بافت، این امکان را فراهم می‌کند تا با تنظیم پارامترهای متعدد، رشد گیاهان کنترل شود. به طور سنتی، القای تغییرات در رشد و نمو گیاه در شرایط آزمایشگاهی با پارامترهای محیطی مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (۱۴). دما و نور (کمیت و کیفیت) عواملی هستند که رشد پیازچه‌های سوسن را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهند (۶). با این حال، تاثیر نورهای LED به ویژه طیف‌های نوری در چنین کشت‌های آزمایشگاهی کمتر مورد توجه واقع شده است. اخیراً، LEDها به دلیل مزایای قابل توجهی که دارند، جایگزین منابع نوری سنتی شده‌اند (۱۶) و مشخص شده است که کیفیت نور نقش مهمی در تمایز یابی سلول‌های گیاهی و باززایی اندام‌ها از بافت‌های گیاهی کشت شده ایفا می‌کند. باززایی گیاهان تحت رژیم‌های مختلف نور LED برای طیف گسترده‌ای از گونه‌ها با پارامترهای متنوعی ارزیابی شده است (۱۴). مطالعات عسکری و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده است که کاربرد نور قرمز توانسته رشد پیازچه‌های سوسن را ۲۰ درصد افزایش دهد (۶). با این حال، نتیجه‌گیری در مورد اثرات طیف‌های مختلف نوری دشوار است، زیرا پاسخ‌ها به نوع ریزنمونه‌ها و گونه‌های گیاهی بستگی دارد (۲۳ و ۲۶). این مسئله در مطالعه ما نیز مشهود بود. چنین پاسخ‌های متناقضی در برخی

گونه‌های گیاهی خاص گزارش شده است از جمله *Stevia rebaudiana* Bertoni (۳۲)، *Vanilla planifolia* Andrews (۲۱)،  
*Musa spp.* (۴۰).

پاسخ‌های شاخص‌های مربوط به برگ از جمله تعداد برگ، سطح برگ، طول برگ و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی نیز به  
طور مشابهی به نوع گونه گیاهی بستگی داشت. در مجموع، در هر دو گونه *L. dandie* و *L. jinghe* تمام این شاخص‌ها  
تحت تاثیر نور W واکنش‌های مثبتی نشان دادند. تعداد قابل توجهی از مطالعات اثر تحریکی نور W را بر شاخص‌های مربوط  
به برگ و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی نشان داده‌اند از جمله در گونه‌های *Stevia rebaudiana* Bertoni (۳۲)، *Bletilla*  
*ochracea* (۱۷)، *Saccharum officinarum* (۳۴)، *Achillea millefolium* (۳)، *Lippia alba* (۹)، *Saccharum spp.* (۱۳).  
طبق گزارشات موجود ترکیب دو نور قرمز و آبی می‌تواند بهترین ترکیب برای افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی باشد  
(۳۵). این مسئله در مطالعه ما نیز مشاهده شد که علاوه بر نور W، نورهای ترکیبی آبی و قرمز (R80B20) نیز در افزایش  
محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی موثر بودند که می‌تواند در افزایش شاخص‌های رشدی به ویژه شاخص‌های برگ موثر باشد.  
ریشه‌زایی، یکی از اجزای ضروری تشکیل گیاهچه در شرایط آزمایشگاهی است که در بسیاری از مطالعات بررسی شده  
است و پاسخ آن تحت تیمارهای نوری، به نوع گونه گیاهی وابسته است (۱۶). در گونه‌های مورد آزمایش، شاخص‌های  
ریشه‌زایی مانند تعداد ریشه و طول ریشه تحت تاثیر اثرات مثبت نور W قرار گرفتند. مطابق با نتایج ما، ریشه‌زایی تحت نور  
W در برخی گونه‌های گیاهی از جمله *Musa spp.* (۴۰) افزایش یافته است. همچنین مشابه نتایج ما در گونه *L. dandie*، نور  
R موجب تحریک القای ریشه در گونه *Jatropha curcas* (۱۲) شده است. تولید پیازچه در گونه *L. dandie* تحت تاثیر  
نورهای W، R، B و R80B20 قرار گرفت. نتایج به دست آمده از مطالعات لیان (۲۶) بر روی گونه *Lilium oriental hybrid*  
نیز این مسئله را تایید می‌کند. در مطالعات متعددی از جمله مطالعه ما در گونه *L. dandie*، تیمار نور ترکیبی آبی و قرمز منجر  
به افزایش وزن تر گیاهچه شده است (۲۳). همچنین در گونه *L. jinghe*، نور W در افزایش وزن تر گیاهچه موثر بوده است.  
علاوه بر این، در گونه *L. dandie* مطالعه حاضر و *Saccharum officinarum*، نور B نیز در افزایش وزن تر گیاهچه موثر بوده  
است (۳۴).

خانواده فنل‌های گیاهی، به عنوان ترکیبات دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بالا، دارای طیف وسیعی از فعالیت‌های بیولوژیک  
در گیاهان هستند و از مسیر متابولیسم ثانویه تولید می‌شوند (۲۷). محتوای فنل کل، فلاوونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

تحت تاثیر تیمارهای نوری متفاوت بوده و به گونه گیاهی وابسته است (۳ و ۱۴). مشابه با مطالعه حاضر، نور R و B در افزایش محتوای فنل کل و فلاونوئید کل در گونه‌های *Lactuca sativa* L. cv. Banchu (۳۵)، *Stevia rebaudiana* Bertoni (۳۵)، *Lilium candidum* L. (۱۶) موثر بوده است. به طور کلی، ترکیب طیفی نور، مانند نسبت LED آبی و قرمز، نه تنها برای مورفوژن، بلکه برای تولید ترکیبات فنلی نیز مهم است (۱ و ۳۵). مکانیسم مسئول این پدیده هنوز ناشناخته است، اما در برخی مطالعات گزارش شده است که افزایش محتوای فنل کل تحت اثرات نور قرمز می‌تواند با افزایش سطوح سیتوکینین (تحت تاثیر نور قرمز) مرتبط باشد (۱۱). همچنین گزارش شده است که نور می‌تواند تولید مالونیل کوآنزیم آ و کومارونیل کوآنزیم آ را افزایش دهد. این دو ترکیب در سنتز ترکیبات فنلی نقش دارند (۳۱).

نتایج بررسی پاسخ‌های سه گونه سوسن به تیمارهای کیفیت نور نشان داد که کیفیت نور یک عامل حیاتی برای رشد، مورفوژن و تولید ترکیبات فیتوشیمیایی در شرایط درون شیشه‌ای است و پاسخ گیاهان به تیمارهای نوری به نوع گونه گیاهی وابسته است. نتایج مطالعه حاضر، اثر محرک نور W را در گونه *L. jinghe* بر بسیاری از شاخص‌های رشدی و محتوای فنل کل نشان داد. همچنین تیمار نوری R80B20 منجر به بهبود بسیاری از شاخص‌های رشدی و فیتوشیمیایی در گونه *L. dandie* شد. بنابراین، استفاده از نور W و R80B20 در محیط آزمایشگاهی، نتایج بهتری را از نظر شاخص‌های رشدی و تولید ترکیبات فیتوشیمیایی در مقایسه با سایر تیمارهای نوری ایجاد کرد.

## سپاسگزاری

از دانشگاه محقق اردبیلی برای حمایت از مطالعه حاضر، تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

- Ahmadi, C. K., O. Ghasemi, R. Ebrahimi, H. Moradi, V. Abdosi. 2023. The effect of different light spectra and culture media on PLB growth parameters of an endangered orchid species (*Phalaenopsis pulcherrima*) in *in-vitro* conditions. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 36(4):332-341, <https://doi.org/10.22034/jpr.2023.2204>.
- Alvarenga, I. C. A., F. V. Pacheco, S. T. Silva, S. K. V. Bertolucci, and J. E. B. P. Pinto. 2015. In vitro culture of *Achillea millefolium* L.: quality and intensity of light on growth and production of volatiles. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 122(2):299-308, <https://doi.org/10.1007/s11240-015-0766-7>.
- Amini, F., S.B. Hassani, F. Bernard. 2023. The effect of LED lights on hairy root induction and the amount of flavonoids in *Onosma pachypoda* callus by *Agrobacterium rhizogenes*. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 36(4):245-254, <https://doi.org/20.1001.1.23832592.1402.36.3.3.8>.
- Anonymous. 1996. International Flower Trade show. Flower Auction Marker, Aalsmeer, Holland. 8-12.
- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1):1

6. Askari, N., Visser, R. G. F., De Klerk, G. J. 2018. Growth of Lily Bulblets In Vitro, a Review. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 5(2): 133-143, <https://doi.org/10.22059/ijhst.2018.268870.263>.
7. Bakhshaie, M., M. Babalar, M. Mirmasoumi, and A. Khalighi. 2010. Effects of light, sucrose, and cytokinins on somatic embryogenesis in *Lilium ledebourii* (Baker) Boiss. via transverse thin cell-layer cultures of bulblet microscales. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85(6):491-496, <https://doi.org/10.1080/14620316.2010.11512703>.
8. Bantis, F., T. Ouzounis, and K. Radoglou. 2016. Artificial LED lighting enhances growth characteristics and total phenolic content of *Ocimum basilicum*, but variably affects transplant success. *Scientia Horticulturae*, 198:277-283, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.014>.
9. Batista, D. S., K. M. de Castro, A. R. da Silva, M. L. Teixeira, T. A. Sales, L. I. Soares, M. das Graças Cardoso, M. de Oliveira Santos, L. F. Viccini, and W. C. Otoni. 2016. Light quality affects in vitro growth and essential oil profile in *Lippia alba* (Verbenaceae). *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 52(3):276-282, <https://doi.org/10.1007/s11627-016-9761-x>.
10. Chamani, E.; Wagstaff, C.; Kanani, M. 2020. Phenolics Pattern of Cut H3O Rose Flowers during Floral Development. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 271: 109-121.
11. Cioć, M., A. Szewczyk, M. Żupnik, A. Kalisz, and B. Pawłowska. 2018. LED lighting affects plant growth, morphogenesis and phytochemical contents of *Myrtus communis* L. in vitro. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 132(3):433-447, <https://doi.org/10.1007/s11240-017-1340-2>.
12. Daud, N., A. Faizal, and D. Geelen. 2013. Adventitious rooting of *Jatropha curcas* L. is stimulated by phloroglucinol and by red LED light. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 49(2) <https://doi.org/10.1007/s11627-012-9486-4>.
13. de Araújo Silva, M. M., A. L. B. de Oliveira, R. A. Oliveira-Filho, T. Camara, L. Willadino, and A. Gouveia-Neto. 2016. The effect of spectral light quality on in vitro culture of sugarcane. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, 38(2):157-161, <https://doi.org/10.4025/actasciabiolsci.v38i2.31109>.
14. Dutta Gupta, S. 2017. Light Emitting Diodes for Agriculture: Smart Lighting. 1-334 pp. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-5807-3>.
15. Farsam, H., Amanlou, M., Amin, G., Nezamivand, G., Salehi, M., Shafiee, A. 2003. Anatomical and phytochemical study of *Lilium ledebourii* (BAKER) BOISS., A rare endemic spicese in IRAN. *DARU*, 11(4): 164-170.
16. Farsam, H., M. Amanlou, G. Amin, G. Nezamivand-Chegini, M. H. Salehi-Surmaghi, and A. Shafiee. 2003. Anatomical and phytochemical study of *Lilium ledebourii* (Baker) Boiss., a rare endemic species in Iran. *Daru*, 11(4):164-170,.
17. Godo, T., K. Fujiwara, K. Guan, and K. Miyoshi. 2011. Effects of wavelength of LED-light on in vitro asymbiotic germination and seedling growth of *bletilla ochracea* schltr. (orchidaceae). *Plant Biotechnology*, 28(4):397-400, <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.11.0524a>.
18. Gómez, C., C. J. Currey, R. W. Dickson, H. J. Kim, R. Hernández, N. C. Sabeh, R. E. Raudales, R. G. Brumfield, A. Laury-Shaw, A. K. Wilke, R. G. Lopez, and S. E. Burnett. 2019. Controlled environment food production for urban agriculture. *HortScience*, 54(9):1448-1458, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14073-19>.
19. Jeloudar, N. I., E. Chamani, A. Shokouhian, and R. A. Zakaria. 2019. Induction and Identification of Polyploidy by Colchicine Treatment in *Lilium regale*. *Cytologia*, 84(3):271-276,.
20. Jeloudar, N. I., E. Chamani, A. Shokouhian, and R. A. Zakaria. 2019. Induction and Identification of Polyploidy by Colchicine Treatment in *Lilium regale*. *Cytologia*, 84(3):271-276,.
21. Jeric oacute, J. iacute n B. B., M. iacute nez E. Eduardo, H. C. V. aacute zquez Jos eacute, and M. R. Victorino.

2016. Effect of LED light quality on in vitro shoot proliferation and growth of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews). *African Journal of Biotechnology*, 15(8):272–277, <https://doi.org/10.5897/ajb2015.14662>.
22. Johkan, M., K. Shoji, F. Goto, S. nosuke Hashida, and T. Yoshihara. 2010. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience*, 45(12):1809–1814, <https://doi.org/10.21273/hortsci.45.12.1809>.
23. Kim, S. J., E. J. Hahn, J. W. Heo, and K. Y. Paek. 2004. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets in vitro. *Scientia Horticulturae*, 101(1–2):143–151, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2003.10.003>.
24. Lattanzio, V. 2013. Phenolic compounds: Introduction; Pp. 1543–1580. In *Natural Products: Phytochemistry, Botany and Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes*. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6\\_57](https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6_57).
25. Lee, S.W.; Seo, J.M.; Lee, M.K.; Chun, J.H.; Antonisamy, P.; Arasu, M.V.; Suzuki, T.; Al-Dhabi, N.A.; Kim, S.J. 2014. Influence of Different LED Lamps on the Production of Phenolic Compounds in Common and Tartary Buckwheat Sprouts. *Ind. Crops Prod.* 54: 320–326.
26. Lian, M. L., H. N. Murthy, and K. Y. Paek. 2002. Effects of light emitting diodes (LEDs) on the in vitro induction and growth of bulblets of *Lilium oriental* hybrid “Pesaro.” *Scientia Horticulturae*, 94(3–4):365–370, [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00385-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00385-5).
27. Liu, H. K., Y. Y. Chen, T. T. Hu, S. J. Zhang, Y. H. Zhang, T. Y. Zhao, H. E. Yu, and Y. F. Kang. 2016. The influence of light-emitting diodes on the phenolic compounds and antioxidant activities in pea sprouts. *Journal of Functional Foods*, 25:459–465, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.06.028>.
28. Murashige, T., and F. Skoog. 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3):473–497, <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>.
29. Nabipour Sanjod, R.; Hir, Y.P.; Chamani, E.; Estaji, A. 2023. LED Lighting Influences Germination, Growth, and Biochemical Indices of Snapdragon. *Russ. J. Plant Physiol.* 70: 1-9.
30. Pałka, P., Muszyńska, B., Szewczyk, A., Pawłowska, B. 2023. Elicitation and Enhancement of Phenolics Synthesis with Zinc Oxide Nanoparticles and LED Light in *Lilium candidum* L. Cultures in Vitro. *Agronomy*, 13: 1437. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061437>
31. Qian, H., T. Liu, M. Deng, H. Miao, C. Cai, W. Shen, and Q. Wang. 2016. Effects of light quality on main health-promoting compounds and antioxidant capacity of Chinese kale sprouts. *Food Chemistry*, 196:1232–1238, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.055>.
32. Ramírez-Mosqueda, M. A., L. G. Iglesias-Andreu, and J. R. Bautista-Aguilar. 2017. The Effect of Light Quality on Growth and Development of In Vitro Plantlet of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Sugar Tech*, 19(3):331–336, <https://doi.org/10.1007/s12355-016-0459-5>.
33. Scarpa, G. M., M. Milia, and M. Satta. 2000. The influence of growth regulators on proliferation and rooting of in vitro propagated myrtle. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 62(3):175–179, <https://doi.org/10.1023/A:1006409012669>.
34. Silva, M. M. A., A. L. B. de Oliveira, R. A. Oliveira-Filho, A. S. Gouveia-Neto, T. J. R. Camara, and L. G. Willadino. 2014. Effect of blue/red LED light combination on growth and morphogenesis of saccharum officinarum plantlets in vitro. *Imaging, Manipulation, and Analysis of Biomolecules, Cells, and Tissues XII*, 8947:89471X, <https://doi.org/10.1117/12.2036200>.
35. Simlat, M., P. Ślęzak, M. Moś, M. Warchoń, E. Skrzypek, and A. Ptak. 2016. The effect of light quality on seed germination, seedling growth and selected biochemical properties of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Scientia Horticulturae*, 211:295–304, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.009>.
36. Singleton, V. L., J. A. Rossi Jr., and Rossi J A Jr. 1965. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-

- Phosphotungstic Acid Reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16(3):144–158.
37. Vanisree, M., Lee, C. Y., Lo S. F., Nalawade, S. M., Lin C. Y., Tsay H. S. 2004. Studies on the production of some important secondary metabolites from medicinal plants by plant tissue cultures. Botanical Bulletin- Academia Sinica, 45: 1–25.
38. Wang, G., Y. Chen, H. Fan, and P. Huang. 2021. Effects of Light-Emitting Diode (LED) Red and Blue Light on the Growth and Photosynthetic Characteristics of *Momordica charantia* L. Journal of Agricultural Chemistry and Environment, 10(01):1–15, <https://doi.org/10.4236/jacen.2021.101001>.
39. Wang, X., C. Li, D. Liang, Y. Zou, P. Li, and F. Ma. 2015. Phenolic compounds and antioxidant activity in red-fleshed apples. Journal of Functional Foods, 18:1086–1094, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.06.013>.
40. Wilken, D., E. Jiménez Gonzalez, A. Gerth, R. Gómez-Kosky, A. Schumann, and D. Claus. 2014. Effect of immersion systems, lighting, and TIS designs on biomass increase in micropropagating banana (*Musa spp.* cv. “Grande naine” AAA). In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant, 50(5):582–589, <https://doi.org/10.1007/s11627-014-9605-5>.

## Evaluation of regeneration responses and production of phenolic substances of *Lilium* species in response to different light qualities

Younes Pourbeyrami Hir <sup>1\*</sup>, Esmail Chamani <sup>1</sup>, Zeynab Norouzi Hamedani <sup>1</sup>, Roghayeh Nabipour Sanjbod <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Iran, Ardabil, University of Mohaghegh Ardabili, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Department of Horticultural Sciences and Landscape Designing

### Abstract

*Lilium* is a member of the *Liliaceae* family. Recently, utilization of LEDs has enhanced the plant growth, yield, and production of the secondary metabolites. This experiment investigated three species of *Lilium*, *ledebourii*, *jinghe*, and *dandie*. The experiment involved exposing the plants to different light qualities, including monochromatic lights: 100% white (W), 100% red (R), and 100% blue (B), and combinations: 80% red + 20% blue (R80B20), 60% red + 40% blue (R60B40), 40% red + 60% blue (R40B60), and 20% red + 80% blue (R20B80). The research was carried out through three separate experiments based on a completely randomized design with five replications. The findings revealed that various morphological, physiological, and phytochemical characteristics were greatly dependent on plant species. In *ledebourii*, W and R lights had notable effects on enhancing root length and total phenol, respectively. Conversely, other parameters remained unaffected by the light treatments. *Jinghe* species exhibited positive responses to W light in many parameters, including regeneration percentage, leaf and root length, leaf and root numbers, fresh weight, leaf area, photosynthetic pigments, and total phenol content. In addition, the *dandie* showed an increase in callus percentage under the influence of R light. Furthermore, some indices of the *dandie* species experienced significant improvements under the R80B20 light, such as leaf length, bulblet number, root and leaf numbers, fresh weight, leaf area, chlorophyll b, total phenol and total flavonoid content. Generally, W and R80B20 lights led to enhancements in various growth and phytochemical characteristics for the *jinghe* and *dandie* species, respectively.

**Key words:** LED, *Lilium*, Phenol, Secondary metabolite, Tissue culture.