مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۵ شماره ۲ صفحه‌های ۲۷۷ تا ۲۸۶ (۱۴۰۳)
مقاله پژوهشی

تاثیر طیف‌های نوری گوناگون بر سازگاری و ویژگی‌های رشدی گیاهچه‌های کشت بافتی سه رقم بگونیا رکس (*Begonia rex*)

Effect of Different Light Spectra on Adaptation and Growth Characteristics of Tissue Culture Plantlets of Three Cultivars of *Begonia rex*

علی رضاپور[۱]، مریم دهستانی اردکانی*[۱و۲]، علیرضا قادری[۱]
۱- گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
۲- پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (mdehestani@ardakan.ac.ir)
تاریخ دریافت: ، تاریخ پذیرش:

چکیده

بگونیا یکی از محبوب‌ترین گیاهان زینتی درون‌خانه‌ای می‌باشد. نورهای تکمیلی با طول موج‌های مختلف با تاثیر بر فتوسنتز گیاهان، نقش مهمی در رشد و پرورش گیاهان دارند. در پژوهش حاضر سازگاری و ویژگی‌های رشدی گیاهچه‌های کشت‌بافتی سه رقم بگونیا رکس تحت طیف‌های مختلف نوری بررسی شد. ریزنمونه‌های برگ سه رقم بگونیا رکس (‘Silver Dollar’, ‘Jurassic’ و ‘Silver King’) در محیط کشت MS حاوی ۱ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین + ۱ میلی‌گرم در لیتر آلفا-نفتالن استیک اسید کشت و پس از هشت هفته به محیط کشت حاوی اسید جیبرلیک انتقال داده شدند. پس از پرآوری و ریشه‌زایی، گیاهچه‌ها به گلدان حاوی پرلایت و کوکوپیت (۱:۱) تحت طیف‌های مختلف نوری شامل سفید، آبی، قرمز و آبی+ قرمز انتقال داده شدند. نتایج نشان داد که تمام گیاهان در همه طیف‌های نوری ۱۰۰٪ سازگاری نشان دادند. در ارقام ‘Silver Dollar’ و ‘Silver King’ بیشترین ارتفاع گیاهچه (به ترتیب ۹/۵۰ و ۸/۷۵ سانتی‌متر)، طول ریشه (به ترتیب ۷/۲۳ و ۵/۹۰ سانتی‌متر)، وزن خشک ؟ (به ترتیب ۰/۶۰ و ۰/۴۳ گرم) و محتوای کاروتنوئید کل برگ (به ترتیب ۱۱/۹۶ و ۱۲/۸۴ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) در طیف نور سفید حاصل شد. بیشترین طول ریشه (۱۱/۳۶ سانتی‌متر)، وزن خشک ؟ (۰/۴۲ گرم) و کاروتنوئید کل برگ (۱۲/۸۴ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) در رقم ‘Jurassic’ در طیف نوری آبی به دست آمد. در مجموع، پرورش بگونیا ‘Jurassic’ در نور آبی و ارقام ‘Silver Dollar’ و ‘Silver King’ در طیف نور سفید منجر به سازگاری بهتر و رشد مطلوب‌تر آن‌ها شد.
واژه‌های کلیدی: بگونیا رکس، دیودهای ساطع‌کننده نور، کیفیت نور، نور سفید، نور مکمل.

مقدمه

نور به‌عنوان یک فاکتور مهم محیطی بر مورفولوژی و فیزیولوژی برگ و گیاه تاثیر می‌گذارد. کشاورزی در محیط کنترل‌شده (CEA)[۱] امکان بهینه‌سازی ویژگی‌های محصولات را با توجه به اهداف تولیدکننده فراهم می‌کند که می‌تواند شامل عملکرد بالا، طعم مطلوب، محتوای غذایی بالا یا هزینه‌های پایین باشد (Johnson *et al*., 2019). مطالعه‌های متعددی تأثیر مثبت نور بر تولید مواد شیمیایی گیاهی[۲] ویژه در گیاهان را ثابت کرده‌اند (Litvin *et al*., 2020). با این حال، این اثر به طور قابل توجهی به ترکیب طیف منبع دیودهای پخش‌کننده نور (LED)، مدت زمان روشنایی و همچنین به گونه گیاهی بستگی دارد (Litvin *et al*., 2020).

۱- Controlled environmental agriculture
۲- Phytochemical

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

مشاهده شده است که تابش فعال فتوسنتزی (PAR؛ ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر) نقش مستقیمی در فرآیندهای فتوسنتزی گیاهان دارد. نور قرمز در محدوده ۷۰۰-۶۱۰ نانومتر و آبی در دامنه ۴۹۰-۴۲۵ نانومتر طیف نوری بهینه برای فتوسنتز در گیاهان است (Dou *et al*., 2017). تأثیر نور LED بر ریخت‌زایی و فتوسنتز گیاهان بررسی شده است. مشاهده شده است که نور قرمز و آبی با کنترل تابش نور و کیفیت، تولید گیاه را بهبود می‌بخشند (Naznin *et al*., 2019).

سیستم‌های روشنایی با استفاده از طول موج‌های خاص می‌توانند محتوای غذایی گیاه را غنی کنند. با این حال، باید به تنشی که نور مصنوعی ممکن است در مکانیسم‌های فتوسنتزی و در نتیجه انباشت زیست‌توده ایجاد کند، توجه شود (Litvin *et al*., 2020). برای نمونه، نور تکمیلی آبی در یک سیستم روشنایی می‌تواند ساخت پلی‌فنل‌ها را از مسیر فنیل پروپانوئید تحریک کند، اما در همین زمان بر افزایش ارتفاع گیاه، بازشدن روزنه‌ها و تولید رنگدانه‌های گیاهی نیز تاثیر گذارد (Taulavuori *et al*., 2017). از این‌رو، یافتن تعادل با برنامه‌ریزی دستورالعمل‌های نوری که در آن ساخت متابولیت‌های ثانویه افزایش یابد و پارامترهای عملکرد به طور قابل‌توجهی تخریب نشوند، ضروری است. روشنایی محیط را می‌توان با مدیریت شرایط نور و طراحی مناسب نورهای مصنوعی بهبود بخشید و در نتیجه عملکرد و ارزش غذایی مفید گیاهان را افزایش داد (Yan *et al*., 2019). شدت نور بالا می‌تواند باعث انباشت کمتر رنگدانه‌های فتوسنتزی شود، اما در عین حال می‌تواند منجر به راندمان بالاتر، یعنی تجمع زیست‌توده بیشتر شود. نشان داده شده است که نور قرمز باعث افزایش تجمع آنتوسیانین در کلم برگ قرمز شده (Mizuno *et al*., 2009) و غلظت فنل‌ها را در کاهو افزایش داده است (Li & Kubota, 2009).

در پژوهشی با بررسی نورهای تکمیلی متال‌هالید، پرفشار سدیمی، دیودهای ساطع‌کننده نور ترکیبی در مقایسه با شاهد (نور طبیعی خورشید) در رز رقم سامورایی، نشان داده شد که در مقایسه با تیمار شاهد، تیمار دیودهای ترکیبی نوری بیشترین تاثیر را بر شاخص‌های ریختی قطر غنچه و ساقه گل داشت. نتیجه مشابه در افزایش وزن تازه و خشک گیاه به دست آمد. همچنین، تجمع رنگیزه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات‌های محلول و محتوای آنتوسیانین در تیمار نوری دیودهای ترکیبی بیشترین سطح را داشت (Rezaei *et al*., 2023). افزون بر این، نتایج مطالعه‌های Kazemi و Dehestani-Ardakani (Kazemi & Dehestani-Ardakani, 2023) روی گیاه گل سنگ[۱] مشخص کرد که تیمارهای نوری ترکیبی به ویژه ۳۰ درصد نور آبی + ۷۰ درصد نور قرمز بیشترین تاثیر را بر افزایش کارایی فتوسنتز و نور آبی و شاهد کمترین تاثیر را داشتند. در پژوهش دیگری روی گیاه حسن یوسف[۲]، بیشترین تعداد شاخساره و قطر گیاه در تیمار ترکیبی ۱۵٪ آبی + ۶۵٪ قرمز + ۲۰٪ سفید حاصل شد (Khazaei *et al*., 2021). مطالعات بسیاری صورت گرفته تا تأثیر نور را بر رشد، نمو، مورفولوژی و فتوسنتز در گیاهان مختلف توضیح دهند. کیفیت نور LED به شدت بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاهان تأثیر می‌گذارد.

بگونیاها یکی از محبوب‌ترین گیاهان زینتی در دنیا محسوب می‌شوند. این محبوبیت به دلیل شکل و رنگ گوناگون برگ‌ها و گل‌ها در گونه‌های مختلف می‌باشد. بگونیا یک جنس از گیاهان گلدار چندساله در تیره Begoniaceae است. جنس بگونیا پنجمین جنس بزرگ نهان‌دانگان و شامل ۱۷۹۵ گونه گیاهی می‌باشد که معروف‌ترین گونه آن، بگونیا رکس[۳] است (David & Frodin, 2004). این نوع بگونیا به سبب شکل جذاب برگ‌ها، الگوهای موجود روی برگ و همچنین طیف وسیع رنگ برگ‌ها مورد توجه قرار گرفته است. بگونیاها بومی آب و هوای نیمه‌گرمسیری و گرمسیری مرطوب در آمریکای جنوبی و مرکزی، آفریقا و جنوب آسیا هستند. برخی از گونه‌ها بیشتر به عنوان گیاهان آپارتمانی زینتی در آب و هوای سردتر در خانه پرورش داده می‌شوند. در آب و هوای سردتر، برخی از گونه‌ها در تابستان برای گل‌های رنگارنگشان (که در واقع کاسبرگ‌های رنگین هستند)، در فضای سبز کشت می‌شوند. برگ‌ها که اغلب بزرگ و به طور متفاوت مشخص یا رنگارنگ هستند، بیشتر نامتقارن می‌باشند (David & Frodin, 2004).

با توجه به اینکه برای تولید گیاهان کشت بافتی زمان و هزینه بسیار زیادی صرف می‌گردد، بسیاری از آن‌ها پس از انتقال به گلدان و شرایط خارج از شیشه دچار تنش شده و از بین می‌روند. یکی از دلایل آسیب به این گیاهان عدم تامین شدت و طیف نوری مناسب برای رشد و فتوسنتز می‌باشد. در مطالعه حاضر گیاهچه‌های کشت‌بافتی سه رقم بگونیا رکس پس از خروج

۱- *Hypoestes phyllostachya* ۲- *Solenostemon scutellarioides* L. ۳- *Begonia rex*

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

از شیشه بی‌درنگ زیر طیف‌های نوری مختلف قرار گرفتند تا میزان زنده‌مانی و سازگاری آن‌ها مطالعه گردد و نتایج حاصل در اختیار متخصصان کشت بافت قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از گیاهچه‌های بگونیا رکس کشت بافتی استفاده شد. ابتدا ریزنمونه‌های برگی روی محیط کشت MS حاوی ۷/۵ گرم در لیتر آگار، ۳۰ گرم در لیتر ساکارز و یک میلی‌گرم در لیتر بنزیل آدنین + یک میلی‌گرم در لیتر α- نفتالن استیک اسید کشت شدند. برای کشت ریزنمونه‌ها از شیشه‌هایی به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و قطر شش سانتی‌متر استفاده شد و درون هر شیشه سه عدد ریزنمونه قرار گرفت. پس از کشت، شیشه‌ها در اتاقک رشد با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی (با شدت نور ۴۰ تا ۵۰ مایکرومول بر متر مربع در ثانیه) و ۸ ساعت تاریکی و دمای ۲±۲۳ درجه سلسیوس در دوره روشنایی و ۲±۲۰ درجه سلسیوس در دوره تاریکی نگهداری شدند. پس از چهار هفته، ریزنمونه‌ها شروع به باززایی کردند. نمونه‌ها پس از باززایی به محیط کشت MS حاوی ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک جهت پرآوری انتقال داده شدند. نمونه‌ها هر چهار هفته یک‌بار زیرکشت شدند. پس از ۱۲ هفته، گیاهچه‌های ریشه‌دار به گلدان انتقال داده شدند. گیاهچه‌ها جهت سازگاری به‌گلدان‌های حاوی ۵۰ درصد کوکوپیت و ۵۰ درصد پرلایت که پس از آماده‌سازی اولیه بستر کشت، با آب مقطر کمی مرطوب شده بودند و همزمان با قارچ‌کش بنومیل با غلظت ۱/۵ در هزار خیسانده شده بودند، منتقل شدند. بستر کشت درون گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۷ سانتی‌متر ریخته و برای انتقال گیاهچه‌ها به درون آن‌ها آماده شدند. برای سازگاری بهتر روی هر گلدان یک لیوان پلاستیکی شفاف قرارداده شد و پس از سازگاری کامل از روی گیاه برداشته شد. در طول دوره نگهداری، گلدان‌ها یک مرتبه توسط اسید هیومیک و چهار مرتبه توسط کود کامل آبیاری شدند. گیاهچه‌ها هر ۱۴ روز یک‌بار با قارچ‌کش آبیاری شدند.

در طول دوره رشد، گیاهان در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی (شدت نور ۷۰ تا ۸۰ مایکرومول بر متر مربع در ثانیه) و دمای ۲±۲۳ درجه سلسیوس در دوره روشنایی و ۲±۲۰ درجه سلسیوس در دوره تاریکی نگهداری شدند. باید بیان نمود که شدت نور و فاصله گیاهان از منبع نور در همه تیمارها یکسان بود. در اتاقک رشد از لامپ‌های ال‌ای‌دی قرمز (۶۶۵-۶۵۵ نانومتر)، آبی (۴۵۵-۴۵۰ نانومتر) و سفید (حبابی) استفاده شد. لامپ‌های ال‌ای‌دی روی صفحات پلکسی‌گلس نصب شدند و با کمک پلاستیک‌های سیاه اتاقک‌هایی (محفظه‌هایی) به ابعاد ۵۰×۹۰×۸۰ سانتی‌متر ایجاد شد (شکل 1A). شدت نور برای هر اتاقک، به کمک دستگاه پارمتر (مدل Apogee, MQ500, USA) تنظیم شد. آبیاری گلدان‌ها به‌صورت روزانه انجام شد.

هشت هفته پس از انتقال گیاهچه‌ها به گلدان، سازگاری آن‌ها به طیف‌های مختلف نوری با صفاتی مانند درصد سازگاری، تعداد برگ، ارتفاع گیاهچه‌ها، وزن تر و خشک گیاهچه، قطر دمبرگ، تعداد و طول ریشه، میزان کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید اندازه‌گیری شد. وزن نمونه‌ها با ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای محاسبه وزن خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت درون آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس نگه‌داری شدند.

جهت اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های گیاهی، یک گرم نمونه تازه برگ گیاه خرد و ساییده شد و با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪، مخلوط هموژن از آن تهیه و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۸۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. سپس فازهای رویی برای اندازه‌گیری کلروفیل و کارتنوئید جدا شد. فاز رویی جدا شده را در کووت ریخته و مقادیر جذب کلروفیل a و b، به‌ترتیب در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۸۰ نانومتر خوانده شد. از استون ۸۰٪ به عنوان بلانک استفاده شد. با استفاده از رابطه ۱ مقادیر کلروفیل و کارتنوئید محاسبه شد (Arnon, 1949).

رابطه ۱:

$$\text{Chl. a (mg g}^{-1}\text{ FW)} = [12.7\ (A663) - 2.69\ (A645)] \times V/W$$
$$\text{Chl. b (mg g}^{-1}\text{ FW)} = [22.9\ (A645) - 4.68\ (A663)] \times V/W$$
$$\text{Total Chl (mg g}^{-1}\text{ FW)} = [20.2\ (A645) + 8.02\ (A663)] \times V/W$$
$$\text{Carotenoid (mg g}^{-1}\text{ FW)} = 1000(A470) - 1.8(\text{Chl a}) - 85.02(\text{Chl b}) / 198.$$

که در این رابطه A جذب نوری نمونه‌ها، V: حجم نهایی استون مصرفی و W: وزن تازه بافت برگ می‌باشد.

طرح آزمایشی و واکاوی داده‌ها

پژوهش حاضر روی گیاه بگونیا به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل رقم در سه سطح (‘Jurassic’, ‘Silver Dollar’ و ‘Silver King’) و چهار تیمار کیفیت متفاوت نور ال‌ای‌دی شامل نور سفید به

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

عنوان شاهد، ۱۰۰٪ نور آبی، ۱۰۰٪ نور قرمز و ۵۰٪ نور آبی + ۵۰٪ نور قرمز، بودند. تعداد تکرار برابر سه گلدان در هر تیمار بود. تمامی داده‌ها از نظر نرمال بودن آزمون شده و تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

شکل ۱- گیاهچه‌های پرورش‌یافته زیر A) سه طیف نوری به ترتیب از بالا به پائین آبی، قرمز و آبی + قرمز در اتاقک رشد، B) گیاهچه‌های پرورش‌یافته در طیف نوری سفید و C) گیاهان پرورش‌یافته در نور سفید (به ترتیب از راست به چپ 'Silver Dollar'، 'Jurassic' و 'Silver King'). در انتهای دوره آزمایش (هشت هفته پس از خروج از شیشه).

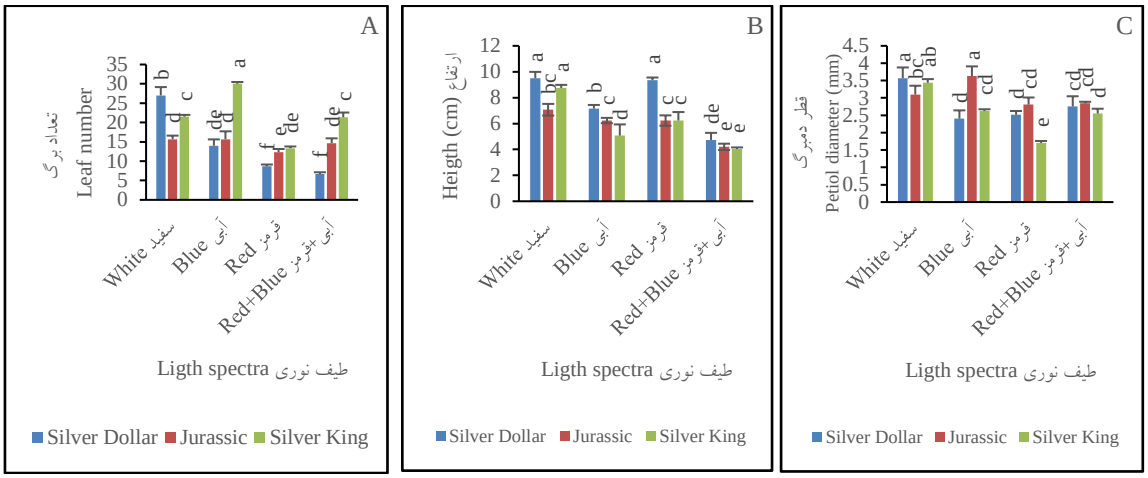
Fig. 1. Plantlets grown under A) three light spectra in the growth chamber from top to bottom including blue, red and blue+red, respectively; B) Plantlets grown in white light spectrum; and C) Plantlets grown under white light (from right to left 'Silver Dollar', 'Jurassic' and 'Silver King', respectively) at the end of the experimental period (eight weeks after *in vitro* situation).

نتایج

نتایج این مطالعه نشان داد که ۱۰۰٪ گیاهچه‌های کشت بافتی پس از هشت هفته که میزان سازگاری آن‌ها بررسی شد، کاملا زنده بودند. در این پژوهش مشخص شد که بگونیا رقم 'Silver King' در نور آبی، بیشترین تعداد برگ (۳۰ عدد) را تولید کرد (شکل ۲A). ارقام 'Silver Dollar' و 'Jurassic' در طیف نوری سفید، بیشترین برگ را تولید کردند (شکل ۲A). هر سه رقم در طیف نور قرمز کمترین تعداد برگ را تولید کردند (شکل ۲A). ارتفاع گیاهچه‌های 'Silver Dollar' در نور قرمز (۹/۳۵ سانتی‌متر) و سفید (۹/۵ سانتی‌متر)، 'Silver King' (۸/۷۵ سانتی‌متر) و 'Jurassic' (۷/۰۶ سانتی‌متر) در نور سفید افزایش معنی‌داری نشان داد (شکل ۲B). در هر سه رقم مورد مطالعه نور ترکیبی آبی + قرمز منجر به کاهش ارتفاع گیاهچه‌ها شد. گیاهچه‌های پرورش‌یافته در نور سفید در دو رقم 'Silver King' (۳/۴۳ میلی‌متر) و 'Silver Dollar' (۳/۵۶ میلی‌متر) و گیاهچه‌های بگونیا 'Jurassic' (۳/۶۳ میلی‌متر) در نور آبی، بیشترین میزان قطر دمبرگ را نشان دادند (شکل ۲C). بر اساس جدول ۱، تعداد برگ با تعداد ریشه و وزن تر و خشک گیاه رابطه معنی‌داری نشان داد. ارتفاع تنها با وزن تر گیاه رابطه معنی‌داری

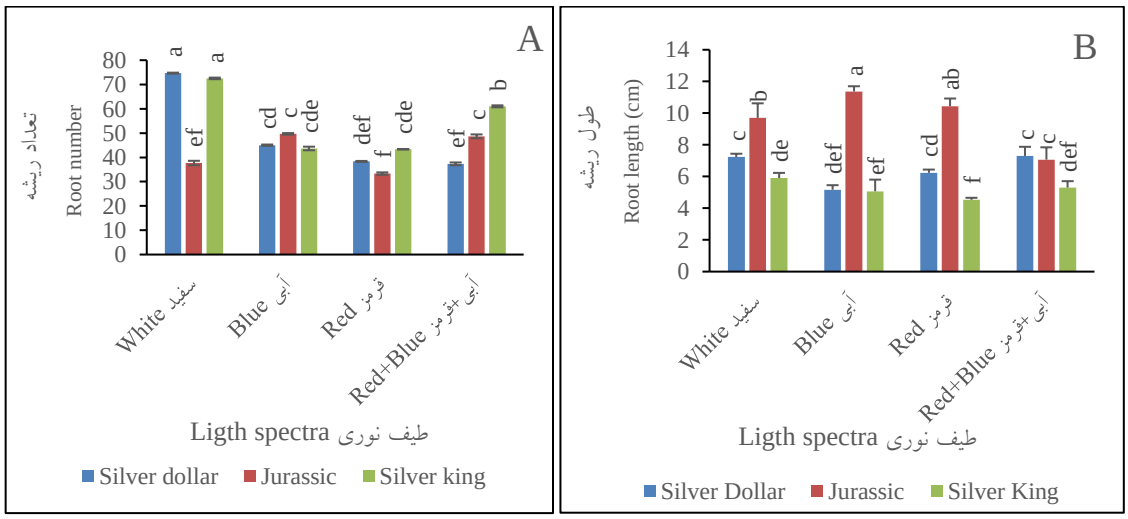
[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

داشت و قطر دمبرگ با تعداد ریشه، طول ریشه، کارتنوئید کل، وزن تر و خشک گیاه رابطه مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۱).



شکل ۲- برهمکنش طیف‌های مختلف نوری و رقم بر A) تعداد برگ، B) ارتفاع گیاه و C) قطر دمبرگ گیاهچه‌های کشت بافتی سه رقم بگونیا رکس.

Fig. 2. The interaction effect of different light spectra and cultivar on A) number of leaves, B) plant height and C) petiole diameter of tissue culture plantlets of three cultivars of *Begonia rex*.



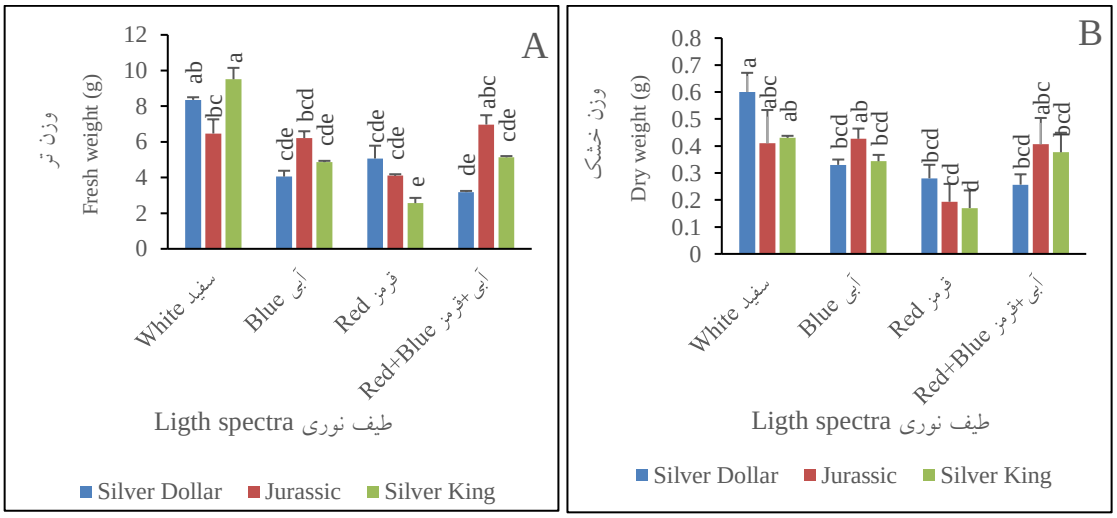
شکل ۳- برهمکنش طیف‌های مختلف نوری و رقم بر A) تعداد و B) طول ریشه گیاهچه‌های کشت بافتی سه رقم بگونیا رکس.

Fig. 3. The interaction effect of different light spectra and cultivar on A) number of roots and B) root length of tissue culture plantlets of three cultivars of *Begonia rex*.

بیشترین تعداد ریشه در دو رقم ’Silver King‘ و’Silver Dollar‘ به‌ترتیب به میزان ۷۲/۵ و ۷۴/۶۶ عدد در طیف نوری سفید حاصل شد (شکل ۳A). رقم Jurassic در مقایسه با دو رقم دیگر ریشه کمتری تولید کرد. با این‌حال در طیف نوری آبی نسبت به سایر طیف‌ها تعداد ریشه تولیدی این رقم بیشتر بود (شکل ۳A). طول موج قرمز نسبت به سایر طیف‌های مورد بررسی، تاثیر کمتری بر تولید ریشه در هر سه رقم مورد مطالعه نشان داد (شکل ۳A). بیشترین طول ریشه (۱۱/۳۶ سانتی‌متر) نیز در طیف آبی و در رقم Jurassic مشاهده شد (شکل ۳B). در دو رقم ’Silver King‘ و ’Silver Dollar‘ بیشترین طول ریشه به‌ترتیب در طیف‌های سفید و ترکیب آبی + قرمز به دست آمد (شکل ۳B). بررسی جدول ۱ نشان داد که تعداد ریشه با تعداد برگ، قطر دمبرگ و وزن تر و خشک گیاه رابطه معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد دارد. طول ریشه تنها با قطر دمبرگ رابطه معنی‌دار نشان داد (جدول ۱).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

در دو رقم ’Silver King‘ و ’Silver Dollar‘ بیشترین وزن تر و خشک در گیاهان تیمارشده در نور سفید و در رقم ’Jurassic‘ طیف ترکیبی آبی + قرمز منجر به افزایش وزن تر و نور آبی منجر به افزایش وزن خشک گیاهان در مقایسه با سایر تیمارها شد (شکل A و 4B). هر سه رقم بگونیا که در نور قرمز پرورش داده شده بودند، کمترین وزن تر و خشک را نشان دادند (شکل A و 4B). وزن تر با تعداد برگ، قطر دمبرگ، وزن خشک گیاه و طول ریشه در سطح یک درصد و با تعداد ریشه در سطح پنج درصد همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۱). وزن خشک گیاه نیز با تعداد برگ، قطر دمبرگ، وزن تر گیاه و تعداد ریشه در سطح یک درصد همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۱). با افزایش تعداد برگ و قطر گیاه وزن تر و خشک گیاه و تعداد و طول ریشه نیز افزایش یافته است.

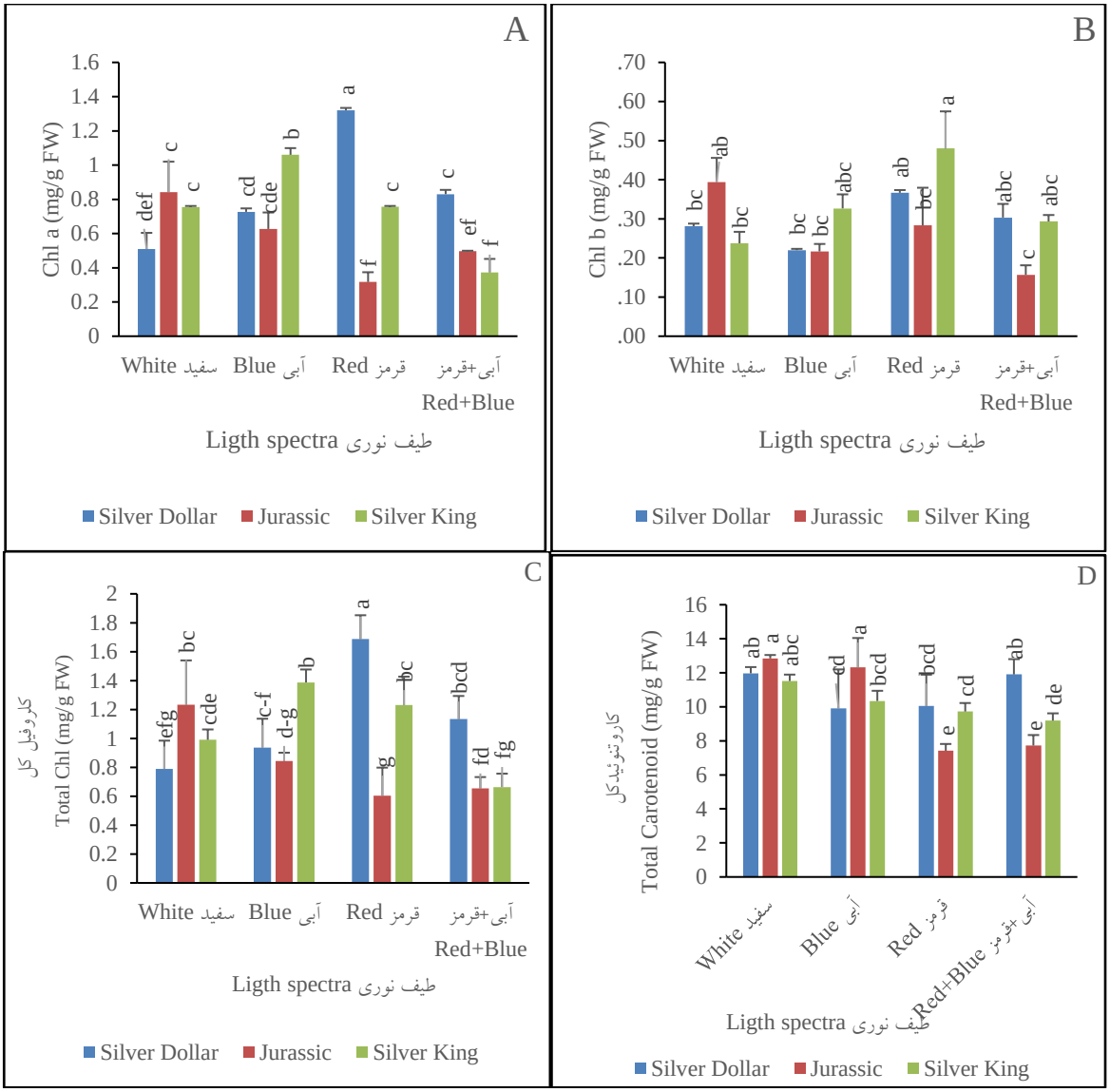


شکل ۴- برهمکنش طیف‌های مختلف نوری و رقم بر وزن A) تر و B) خشک گیاهچه‌های کشت بافتی سه رقم بگونیا رکس.

Fig. 4. The interaction effect of different light spectra and cultivar on A) fresh and B) dry weight of tissue culture plantlets of three cultivars of *Begonia rex*.

با بررسی شکل ۵ مشخص شد که بیشترین میزان کلروفیل a، b و کل در رقم ’Silver Dollar‘ در گیاهان رشدیافته زیر نور قرمز به ترتیب با مقادیر ۱/۳۲، ۰/۳۶ و ۱/۶۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر حاصل شده است (شکل C، B و 5A). در رقم ’Jurassic‘ بالاترین مقادیر کلروفیل a، b و کل و نیز کارتنوئید در گیاهان تیمارشده زیر نور سفید به‌ترتیب با مقادیر ۰/۸۴، ۰/۳۹، ۱/۲۳ و ۱۲/۸۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر به‌دست آمد (شکل D، C، B و 5A). همچنین در رقم ’Silver King‘ بالاترین مقادیر کلروفیل a، b و کل و نیز کارتنوئید به‌ترتیب در نور آبی (۱/۰۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، قرمز (۰/۴۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، آبی (۱/۳۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و سفید (۱۱/۵۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل D، C، B و 5A). بررسی جدول ۱ نشان داد که کلروفیل a و b تنها با کلروفیل کل رابطه مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد دارد. بررسی همبستگی کارتنوئید با سایر صفات مشخص کرد که این صفت تنها با قطر دمبرگ رابطه معنی‌دار نشان داده است (جدول ۱).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]



شکل ۵- برهمکنش طیف‌های مختلف نوری و رقم بر A) کلروفیل a، B) کلروفیل b، C) کلروفیل کل و D) کارتنوئید کل گیاهچه‌های کشت بافتی سه رقم بگونیا رکس.

Fig. 5. The interaction effect of different light spectra and cultivar on A) Chl a, B) Chl b, C) total Chl and D) total carotenoid of tissue culture plantlets of three cultivars of *Begonia rex*.

جدول ۱- همبستگی پیرسون میان خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک سه رقم بگونیا رکس.

Table 1. Pearson coefficient correlation between growth and physiological characteristics of three cultivars of *Begonia rex*

	تعداد برگ Leaf number	قطر دمبرگ Petiole diameter	ارتفاع Height	تعداد ریشه Root number	طول ریشه Root length	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	کلروفیل کل Total Chl	کارتنوئید Car
تعداد برگ Leaf number	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
قطر دمبرگ Petiole diameter	0.303	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

ارتفاع Height	0.70	0.30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
تعداد ریشه Root number	0.630**	0.477**	0.312	–	–	–	–	–	–	–	–
طول ریشه Root length	-0.245	0.544**	0.017	-0.255	–	–	–	–	–	–	–
وزن تر Fresh weight	0.441**	0.679**	0.334*	0.650**	0.153	–	–	–	–	–	–
وزن خشک Dry weight	0.445**	0.599**	0.274	0.612**	0.090	0.620**	–	–	–	–	–
کلروفیل a Chl a	-0.141	-0.210	0.320	-0.312	-0.273	-0.145	-0.113	–	–	–	–
کلروفیل b Chl b	-0.070	-0.325	0.129	-0.242	-0.165	-0.163	-0.154	0.309	–	–	–
کلروفیل کل Total Chl	-0.140	-0.280	0.318	-0.340	-0.284	-0.169	-0.146	0.947**	0.596**	–	–
کارتنوئید کل Total Car	0.143	0.418*	0.326	0.214	0.178	0.301	0.320	0.264	0.130	0.266	–

سطح‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ با استفاده از ضریب‌های همبستگی پیرسون با ** نشان داده شده است.

Significant levels at P≤ 0.01 are represented by ** using Pearson correlation coefficient.

بحث

براساس نتایج این پژوهش، نور آبی منجر به افزایش تعداد برگ و ارتفاع در رقم 'Silver King' و قطر دمبرگ در بگونیا 'Jurassic' شد. نور سفید تعداد برگ، قطر دمبرگ و ارتفاع گیاه را در گیاهچه‌های 'Silver Dollar' به‌طور معنی‌داری افزایش داد. طیف نور قرمز و ترکیب آبی+ قرمز در هر سه رقم تعداد برگ و ارتفاع گیاهچه‌ها را کاهش داد. در پژوهشی Soleimani و همکاران (Soleimani *et al*., 2019)، با بررسی طیف‌های مختلف نور روی نشاهای گوجه‌فرنگی به این نتیجه رسیدند که طیف قرمز در رقم پاملا و آبی در والورو بیشترین تاثیر را در افزایش ارتفاع داشتند که با نتایج حاصل از این مطالعه همسو نبود.

همچنین، Rashidi و همکاران (Rashidi *et al*., 2017)، نشان دادند که تیمار ترکیبی قرمز و آبی بیشترین اثر را در افزایش قطر و ارتفاع نشای اطلسی داشت در حالی‌که در این پژوهش چنین تاثیری مشاهده نشد. در گوجه‌فرنگی‌های پیوندی نیز طیف نور قرمز موجب افزایش و طیف آبی کاهش ارتفاع گیاه شد (Soltani *et al*., 2022). با این وجود واکنش گیاهان مختلف در برابر کاربرد طیف‌های آبی و قرمز در محیط متفاوت از یکدیگر گزارش شده است. نتایج این پژوهش اگرچه بیانگر تأثیر مثبت کاربرد نور سفید و آبی بر افزایش تعداد برگ، ارتفاع و قطر دمبرگ بود، اما ارقام مختلف واکنش‌های متفاوتی نسبت به ترکیب نوری نشان دادند. فعالیت رنگدانه‌های کریپتوکروم به‌دلیل نقش آنان در تحریک و یا جلوگیری از ساخت جیبرلین‌ها، در تنظیم ارتفاع هیپوکوتیل نقش مؤثر دارد (Ahmad *et al*., 2002). شدت نور آبی و مدت زمان حضور آن و همچنین حضور نور قرمز به‌دلیل تحریک فیتوکروم‌ها در میزان عملکرد کریپتوکروم‌ها مؤثر است (Fukuda *et al*., 2016). برخی از پژوهشگران در نتایج بررسی‌های خود سطح فعالیت کریپتوکروم‌ها و فیتوکروم‌ها را به هم مربوط و همراهی نور قرمز با آبی در سطح فعالیت هورمون جیبرلین و ایجاد تغییر در ارتفاع گیاهان مؤثر می‌دانند (Ahmad & Cashmore, 1997). نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیب نور آبی + قرمز در هر سه رقم مورد مطالعه تاثیر مثبتی بر افزایش تعداد برگ، ارتفاع و قطر دمبرگ نداشت در حالی که این ترکیب در بهبود رشد و عملکرد خیار مثبت ارزیابی شده بود (Hamedalla *et al*., 2022).

نور آبی می‌تواند بر شیوه بیان و عملکرد ژن‌های مسئول متابولیسم جیبرلین اثر بگذارد و در برخی از گونه‌های گیاهی منجر به تولید پیام از سوی رنگدانه‌های کریپتوکروم و کاهش ساخت جیبرلین و در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه شود. در حالی‌که در برخی دیگر از گونه‌ها، افزایش ساخت جیبرلین و افزایش ارتفاع در این روند روی می‌دهد. بنابراین، شیوه عملکرد و میزان فعالیت

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

کریپتوکروم‌ها در برابر مدت زمان حضور و شدت نور آبی موجود در محیط، منجر به پاسخ‌های متفاوتی از سوی گیاهان و تغییر ارتفاع آن‌ها به‌دلیل حضور و یا عدم حضور نور آبی بیان شده است (Fukuda *et al*., 2016). یافته‌های این پژوهش نشان داد که نور آبی موجب افزایش قطر دمبرگ در رقم 'Jurassic' شد که با مطالعه‌های Soltani و همکاران (Soltani *et al*., 2022) روی گوجه‌فرنگی هم‌راستا می‌باشد. علت افزایش قطر ساقه در نور آبی به احتمال، به‌دلیل افزایش میزان فیتوهورمون‌ها می‌باشد.

عملکرد گیاه در طول ریخت‌زایی، زیر تأثیر نور قرمز و یا آبی قرار گرفت. در گزارشی مشخص شد که در سیب‌زمینی، بیشترین طول ریشه در گیاهچه‌های رقم آگریا[1] در طیف نور سفید و در رقم ساوالان[2] در طیف نور قرمز به‌دست آمد (Nabati *et al*., 2018). در حالی‌که در پژوهش حاضر بیشترین طول ریشه ارقام 'Jurassic'، 'Silver King' و 'Silver Dollar' به‌ترتیب در طیف‌های آبی، سفید و ترکیب آبی + قرمز به‌دست آمد. نور می‌تواند با اثر بر ریخت‌زایی، بر طول ریشه تأثیرگذار باشد و طول ریشه ممکن است توسط فیتوکروم‌ها مهار شود. تولید ریشه در حضور نور افزایش می‌یابد، در تاریکی این افزایش ریشه ممکن است به‌دلیل افزایش سطح اکسین طبیعی و تحریک تولید سیتوکینین با نور قرمز انجام گیرد (Tavakkolafshari *et al*., 2011).

بر اساس نتایج، در دو رقم 'Silver King' و 'Silver Dollar'، بیشترین وزن تر و خشک در گیاهان تیمار شده در نور سفید و در رقم 'Jurassic' طیف ترکیبی آبی+ قرمز منجر به افزایش وزن تر و نور آبی منجر به افزایش وزن خشک شد. با بررسی منابع مختلف مشخص شد که در جنس‌های مختلف گیاهی، اثر طیف‌های مختلف نوری بر وزن تر و خشک متفاوت بوده است. در گیاه نعناع و نعناع فلفلی ترکیب نور آبی + قرمز در افزایش وزن تر گیاه (Khazaei *et al*., 2021) موثر گزارش شد؛ در حالی‌که در مطالعات دیگری روی گوجه‌فرنگی‌های پیوندی نور سفید و آبی + قرمز در افزایش وزن خشک ریشه (Soltani *et al*., 2022) و در کاهو نور سفید در افزایش وزن تر برگ و ریشه مفید بود که با نتایج این مطالعه همسو بود (Yan *et al*., 2020). همچنین Soleimani و همکاران (Soleimani *et al*., 2019) گزارش کردند که نور آبی و قرمز در نشاهای گوجه‌فرنگی منجر به افزایش وزن خشک شده است که با نتایج این مطالعه مطابقت نداشت. در واقع نور سفید که مجموع طول موج‌های طیف مرئی را دارد، تاثیر بیشتری در افزایش زیست توده گیاه نشان داد.

محتوای کلروفیل به طور مستقیم بر توانایی فتوسنتزی و تولید اولیه تأثیر می‌گذارد. افزون بر این، محتوای کلروفیل گیاهان زیر تأثیر کیفیت نور است. بسیاری از مطالعات اثرهای مفید استفاده از نور آبی را توضیح داده‌اند (Hamedalla *et al*., 2022) که نتایج این مطالعه نیز در رقم 'Silver King' بیانگر این مطلب بود. محتوای کلروفیل، فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی، دستگاه روزنه و آزادسازی کربوهیدرات در گیاهان همگی زیر تأثیر نور قرمز و یا آبی قرار دارد (Bondada & Syvertsen, 2003). به دلیل مقادیر بالای کربوهیدرات در برگ‌ها، نور قرمز باعث افزایش کلروفیل کل در گیاهان می‌شود که فتوسنتز را بهبود می‌بخشد. با این حال، از حرکت کربوهیدرات‌ها از برگ‌ها، برای افزایش فتوسنتز جلوگیری کرده و فتوسنتز را متوقف کرد (Bondada & Syvertsen, 2003). نور آبی با افزایش نسبت Chl a/b، افزایش فعالیت ریبولوز-۱، ۵-بیس فسفات کربوکسیلاز (روبیسکو) و فسفو انول پیروات کربوکسیلاز، و تشویق باز شدن روزنه، فتوسنتز را در واحد سطح برگ بهبود می‌بخشد (Bondada & Syvertsen, 2003).

نتیجه‌گیری

هرچند سازگاری گیاهان کشت بافتی به شرایط برون‌شیشه در موفقیت کشت بافت نقش اساسی دارد، اما مطالعه‌های کمی در این زمینه صورت گرفته است. در پژوهش حاضر، گیاهان کشت بافتی پس از خروج از شیشه در تیمارهای نوری مختلف قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ارقام مختلف بگونیا نسبت به طیف‌های نوری واکنش‌های متفاوتی نشان دادند. به‌طوری‌که نور آبی در رقم 'Jurassic' منجر به افزیش قطر دمبرگ، تعداد و طول ریشه، وزن خشک گیاه و میزان کارتنوئید کل برگ شد. طیف سفید در دو رقم 'Silver Dollar' و 'Silver King' بیشترین ارتفاع، تعداد و طول ریشه، وزن تر و خشک گیاه و کارتنوئید کل را تولید کرد. بیشترین میزان کلروفیل a و کل در رقم 'Silver King' در نور آبی، 'Silver Dollar' در نور قرمز و رقم 'Jurassic' در طیف نوری سفید محاسبه شد. لذا به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد که در ارقام 'Silver Dollar' و 'Silver King' طیف نوری سفید و در رقم 'Jurassic' طیف نور آبی بیشترین کارایی را در پرورش گیاهچه‌های کشت بافتی نشان دادند.

۱- Agria

۲- Savalan

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

References منابع

Ahmad, M. and Cashmore, A.R. (1997). The blue-light receptor cryptochrome 1 shows functional dependence on phytochrome A or phytochrome B in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Journal*, *11*, 421-427.

Ahmad, M., Grancher, N., Heil, M., Black, R. C., Giovani, B., Galland, P. and Lardemer, D. (2002). Action spectrum for cryptochrome-dependent hypocotyl growth inhibition in Arabidopsis. *Plant Physiology*, *129*(2), 774-785.

Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, *24*, 1-15.

Bondada, B.R. and Syvertsen. J.P. (2003). Leaf chlorophyll, net gas exchange and chloroplast ultrastructure in citrus leaves of different nitrogen status. *Tree Physiology*, *23*, 553–559.

David, G. and Frodin. (2004). History and concepts of big plant genera. *Taxon, 53*(3), 753–776. http://dx.doi.org/10.2307/4135449

Dou, H., Niu, G., Gu, M. and Masabni, J. G. (2017). Effects of light quality on growth and phytonutrient accumulation of herbs under controlled environments. *Horticulturae*, *3*(2), 36.

Fukuda, N., Ajima, C., Yukawa, T. and Olsen, J. E. (2016). Antagonistic action of blue and red light on shoot elongation in petunia depends on gibberellin, but the effects on flowering are not generally linked to gibberellin. *Environmental and Experimental Botany*, *121*, 102-111.

Hamedalla, A.M., Muhammad, M.A., Waleed, M.A., Mohamed, A.A.A., Mohamed, O.K., Hazem, M.K., Janina G.W. and Ahmed, F.Y. (2022). Increasing the performance of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings by LED illumination. *Scientific Reports*, *12*, 1. 852.

Johnson, A. J., Meyerson, E., de la Parra, J., Savas, T. L., Miikkulainen, R. and Harper, C. B. (2019). Flavor-cyber-agriculture: Optimization of plant metabolites in an open-source control environment through surrogate modeling. *PLoS One*, *14*(4), e0213918.

Kazemi, D. and Dehestani-Ardakani, M. (2022). Effect of different light spectra on growth characteristics and photosynthesis yield of four cultivars of coleus (*Solenostemon scutellarioides* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, *53*(1), 45-58. doi: 10.22059/ijhs.2021.323696.1929

Kazemi, D. and Dehestani-Ardakani, M. (2023). Effect of Different Light Spectra on Photosynthesis Yield of *Hypoestes phyllostachya*. *Journal of Horticultural Science, 36*(4), 803-815. doi: 10.22067/jhs.2021.70123.1046

Khazaei, M., Rafiei, F., Sabzalian, M.R. and Houshmand, S. (2021). Effect of light emitting diodes irradiation on morpho-physiological traits of three *Mentha* spp *Iranian Journal of Horticultural Science, 52*(2), 461-471. doi: 10.22059/ijhs.2020.298413.1771

Li, Q. and Kubota, C. (2009). Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental Experiment Botany*, *67*, 59–64.

Litvin, A.G., Wilson, L.A. and Currey. C.J (2020). Effects of supplemental light source on basil, dill, and parsley growth, morphology, aroma, and flavor. *Journal of American Society Horticultural Science, 145* (1), 18–29.

Mizuno, T., Amaki, W. and Watanabe, H. (2009). Effects of monochromatic light irradiation by LED on the growth and anthocyanin contents in leaves of cabbage seedlings. *Acta Horticultuae*. *907*, 179–184.

Nabati, J., Boroumand Rezazadeh, E., ZareMehrjerdi M. and Kafi. M. (2018). Evaluation of effect of natural and artificial lights on potato micropropagation. *Iranian Journal of Horticultural Science, 49*(2), 453-463. doi: 10.22059/ijhs.2017.231740.1238

Naznin, M. T., Lefsrud, M., Gravel, V. and Azad. M.O.K. (2019). Blue light added with red LEDs enhance growth characteristics, pigments content, and antioxidant capacity in lettuce, spinach, kale, basil, and sweet pepper in a controlled environment. *Plants, 8*, 93. https://doi.org/10.3390/plants8040093.

Rashidi, A., Tehranifar A. and Nemati, H. (2017). The effect of blue and red spectrum combinations and light intensity on vegetative growth of Petunia seedling. *Iranian Journal of Horticultural Science, 48*(2), 443-446. doi: 10.22059/ijhs.2017.218893.1113

Rezaei, S., Zarei, H., Nikbakht, A. and Sabzalian, M.R. (2023). Investigation of the effect of different light sources on some physiological and morphological characteristics of samurai rose. *Journal of Plant Production Responced, 29*(4), 185-202. doi: 10.22069/jopp.2022.20052.2922

Soleimani, M., Alemzadeh Ansari, N. and Hassibi, P. (2019). Effect of light quality on some characteristics of transplant of different tomato (*Lycoperisicum esculentim*) cultivars. *Seed Plant Production Journal*, *35*(1), 121-126. doi: 10.22092/sppj.2019.119275

Soltani, S. R., Arouiee, H., Salehi, R. and Nemati, S.H. (2022). Effects of LED light spectrum on morphological traits and mineral element concentrations of grafted and non-grafted tomato seedlings. *Iranian Journal of Horticultural Science, 53*(4), 977-988. doi: 10.22059/ijhs.2022.340135.2010

Taulavuori, E., Taulavuori, K., Holopainen, J. K., Julkunen-Tiitto, R., Acar, C. and Dincer, I. (2017). Targeted use of LEDs in improvement of production efficiency through phytochemical enrichment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *97*(15), 5059-5064.

Tavakkolafshari, R., Angoshtari, R. and Kalantari, S. (2011). Effects of light and different plant growth regulators on induction of callus growth in rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. *Plant Omics Journal, 4*(2), 60-67.

Yan, Z., He, D., Niu, G., Zhou, Q. and Qu, Y. (2019). Growth, nutritional quality, and energy use efficiency of hydroponic lettuce as influenced by daily light integrals exposed to white versus white plus red light-emitting diodes. *HortScience*, *54*(10), 1737-1744.

Yan, Z., He, D., Niu, G., Zhou, Q. and Qu, Y. (2020). Growth, nutritional quality, and energy use efficiency in two lettuce cultivars as influenced by white plus red versus red plus blue LEDs. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *13*(2), 33-40.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 25 (2):277-286 (2024)
Research article

Effect of Different Light Spectra on Adaptation and Growth Characteristics of Tissue Culture Plantlets of Three Cultivars of *Begonia rex*

Ali Rezapour[1], Maryam Dehestani-Ardakani*[1,2], Alireza Ghaderi[1]
1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Iran.
2. Medicinal and Industrial Plants Research Institute, Ardakan University,P.O. Box 184, Ardakan, Iran.

Begonia is one of the most popular indoor ornamental plants. Complementary lights with different light spectra have an important role in the growth and development of plants by affecting the photosynthesis of plants. In the present study, the adaptation and growth characteristics of tissue culture plantlets of three cultivars of *Begonia rex* were investigated under different light spectra. In this experiment, leaf explants of three cultivars of *Begonia rex* ('Silver Dollar', 'Jurassic' and 'Silver King') were cultured in MS medium containing 1 mg L^{-1} benzyl adenine+1 mg L^{-1} α-naphthalene acetic acid and after eight weeks they were transferred to the culture medium containing gibberellic acid. After proliferation and rooting, plantlets were transferred to pots containing perlite and cocopeat (1:1) under different light spectra including white, blue, red and blue+red. Results revealed that all plants showed 100% adaptation in all light spectra. In 'Silver Dollar' and 'Silver King' cultivars, the highest amount of height (9.5 and 8.75 cm, respectively), root length (7.23 and 5.90 cm, respectively), dry weight (0.6 and 0.43g, respectively) and carotenoid (11.96 and 12.84 mg g^{-1} F.W, respectively) were obtained in white light spectrum. The maximum root length (11.36 cm), dry weight (0.42 g) and leaf carotenoid (12.84 mg g^{-1} F.W) was gained in the 'Jurassic' cultivar in the blue light spectrum. Generally, growing begonia 'Jurassic' under blue light and 'Silver Dollar' and 'Silver King' begonias under white light spectrum leads to improvement of their adaptation and growth characteristics.

Keywords: *Begonia rex,* light emitting diodes, light quality, supplementary light, white light.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]