

اثر منشا نور بر باززایی مستقیم گیاه فیلودندرون برکین (*Philodendron 'Birkin'*) در شرایط درون شیشه‌ای

چکیده:

نور یک محرک غیرزیستی کلیدی است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارد. با توجه به اهمیت بالای نور در رشد و باززایی گیاهان، استفاده از لامپ‌های رشد گیاهی در گلخانه‌ها و آزمایشگاه‌های کشت بافت گیاهان زینتی امری اجتناب ناپذیر است. در پژوهش حاضر، اثر منشا نور شامل لامپ فلورسنت، LED ۱۰۰٪ قرمز، LED ۱۰۰٪ آبی، LED (۷۰:۳۰٪) قرمز: آبی، LED (۳۰:۷۰٪) قرمز: آبی و لامپ فول اسپکتروم سفید بر باززایی مستقیم گیاه فیلودندرون برکین (*Philodendron Birkin*) در شرایط کشت درون شیشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق گیاهچه استریل روی محیط کشت MS بدون تنظیم‌کننده رشد، MS حاوی ترکیب ایندول بوتریک اسید (IBA) (1mg/l) + بنزیل آدنین پورین (BAP) (1mg/l) و محیط کشت MS حاوی تیدیاژورون (TDZ) (0.5mg/l) تحت رژیم‌های نوری مختلف کشت شدند. در مجموع نتایج نشان داد که بیشترین تکثیر گیاهچه‌ها تحت طیف نوری لامپ‌های LED ۱۰۰٪ آبی با میانگین تکثیر ۴۷/۵ گیاهچه و LED ترکیبی آبی (۳۰٪): قرمز (۷۰٪) با میانگین تکثیر ۴۴/۳۳ گیاهچه در محیط کشت MS حاوی IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) بود. همچنین طیف نوری لامپ‌های LED ۱۰۰٪ آبی، ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) و لامپ فلورسنت در محیط کشت‌های MS و MS حاوی TDZ (0.5mg/l) بهترین تأثیر را بر شاخصه‌های رشدی گیاهچه‌ها داشت. بیشترین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در طیف نوری لامپ‌های LED ۱۰۰٪ آبی و فول اسپکتروم سفید در محیط کشت MS حاوی (0.5mg/l) TDZ و محیط کشت MS مشاهده شد. همچنین، بیشترین محتوای فلاونوئید و فنل کل در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) به ترتیب تحت طیف نوری لامپ LED ۱۰۰٪ آبی و ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) مشاهده شد.

کلمات کلیدی: فیلودندرون برکین، لامپ‌های رشد گیاه، محیط کشت

Effect of light source on *in Vitro* regeneration of *Philodendron* 'Birkin'

Abstract:

Light is a key abiotic stimulus that directly or indirectly affects the growth and development of plants. Considering the high importance of light in the growth and regeneration of plants, the use of plant growth lamps in greenhouses and tissue culture laboratories of ornamental plants is inevitable. In the present study, the effect of light source including fluorescent lamp, 100% red LED, 100% blue LED, 30:70 red:blue LED, 70:30 red:blue LED and white full spectrum lamp on direct regeneration *Philodendron Birkin* plant was studied under *in vitro* culture conditions. In this research, *in vitro* grown plantlets were cultured on MS culture medium without growth regulator, MS containing IBA (1mg/l) + (1mg/l) BAP and MS culture medium containing (0.5mg/l) TDZ under different light regimes. The results showed that the highest proliferation of seedlings obtained in the light spectrum of 100% blue LED lamp with an average proliferation of 47.5 seedlings and the combination of LED blue (30%); red (70%) with an average proliferation of 44.33 seedlings in MS culture medium containing IBA (1 mg/L) + (1 mg/L) BAP. Also, the light spectrum of 100% blue LED lamps, a combination of blue (70%); red (30%) and fluorescent lamps in MS and MS cultures containing (0.5mg/l) TDZ had the best effect on the growth characteristics of seedlings. The highest content of photosynthetic pigments was observed in the light spectrum of 100% blue and full spectrum white LED lamps in MS culture medium containing (0.5mg/l) TDZ and MS culture medium. Also, the highest content of flavonoid and total phenol was observed under the light spectrum of 100% blue LED lamp and combined blue (70%); red (30%) in MS culture medium containing (0.5mg/l) TDZ, respectively.

Key words: Culture medium, *Philodendron Birkin*, plant growth lamps

مقدمه:

فیلودندرون دومین عضو بزرگ از خانواده Araceae می‌باشد که از بیش از ۵۰۰ گونه بومی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آمریکا و هند غربی تشکیل شده است (Mayo et al., 1997). این گیاهان آپارتمانی دارای گونه‌های بسیار زیادی می‌باشد که به دلیل نگهداری راحت و شاخ و برگ بزرگ و برافشان محبوب هستند (Croast, 1997). از جمله آن‌ها می‌توان به فیلودندرون برکین (*Philodendron birkin*) اشاره نمود. این گیاه به عنوان یک جهش خود به خود در طی کشت فیلودندرون روخو (*Philodendron Rojo Congo*) بوجود آمده است. فیلودندرون‌ها عادات رشد مختلفی دارند، از جمله دنباله روی و بالا رفتن، اما برکین با ساقه ای ضخیم و عمودی، گیاهی خود نگهدار است و ظاهری شبیه به درخت ایجاد می‌کند (Chen et al., 2005). این گیاه از نظر نوری به روشنایی کامل (به دور از اشعه مستقیم آفتاب) نیاز دارد و از نظر تغذیه‌ای نیز گیاه کم توقعی می‌باشد (Madison., 1981). تکثیر مرسوم فیلودندرون با قلمه و پاجوش صورت می‌گیرد که فرآیندی آهسته بوده و جوابگوی تقاضای بازار نیست. تکثیر تجاری این گیاه توسط بذرها انجام می‌شود اما تکثیر بذری نیز مشکل است زیرا بذرها بسیار کوچک هستند و مرگ و میر بسیار بالایی دارند و از طرف دیگر گیاهانی که از بذرها رشد می‌کنند بسیار گران هستند. همچنین، حفظ گیاه بدون عامل بیماری‌زا و همراه با خطر بالای تفرق بسیار سخت است (Gill et al., 1994; Deng et al., 2007; Ali et al., 2007). از آنجایی که فناوری کشت بافت به عنوان یک روش پایه‌ای و یک ابزار محوری بسیار عالی، در تکثیر و به‌نژادی گونه‌های گیاهی مهم، موقعیت ویژه‌ای را کسب کرده است (Omid et al., 2017) به نظر می‌رسد که بهترین روش برای حل این مشکل باشد (Seni et al., 2001).

پیشینه پژوهش:

بر اساس پژوهش‌های انجام شده نور یکی از اصلی‌ترین فاکتورهای محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان است و تقریباً تمامی مراحل زندگی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین منظور، گیاهان برای فعالیت‌های متعدد خود مانند فتوسنتز، رشد و غیره به نور نیاز دارند (Argus., 2010). منبع نوری که عموماً برای کشت بافت استفاده می‌شود لامپ‌های فلورسنت هستند. همچنین، لامپ‌های متال‌هالید، سدیم فشار بالا و لامپ‌های رشته‌ای نیز برای افزایش سطح شار فوتون فتوسنتزی (PPF: photosynthetic photon flux) استفاده می‌شود. با این حال، تحقیقات نشان دادند که این منابع حاوی طول موج‌های غیر ضروری هستند که کیفیت پایینی برای ارتقای رشد گیاهان دارند (Brown et al., 1995). منابع نور مصنوعی سنتی در اتافک رشد گیاهی بخش اعظم اتلاف انرژی و تولید گرما را با حدود ۳۰ تا ۹۵٪ به خود اختصاص داده‌اند و موجب بروز مشکلاتی نظیر افزایش هزینه خنک کردن به‌خصوص در تابستان شده‌اند. برای حل این مشکلات می‌توان از LEDها که یک فناوری ثبت شده در سیستم‌های نوردهی برای دستکاری رشد و نمو گیاهان می‌باشند، استفاده نمود (Samuolienė et al., 2011). لامپ‌های LED (light-emitting diode) با طیف‌های رنگی مختلف در اتافک رشد می‌توانند با تأمین نور مورد نیاز، پرورش گیاهان در اتافک رشدی را تسهیل نمایند. از مزایای LEDها می‌توان به جریان کم، اندازه کوچک، طول موج اختصاصی، تشعشع کم و طول عمر زیاد اشاره کرد که باعث افزایش بهره‌وری این نوع لامپ‌ها نسبت به دیگر منابع روشنایی در کشت گیاهان شده است (Nhut & Nam, 2010). نتایج حاصل از مطالعات متعددی که به منظور بررسی اثرهای LED بر روی گیاهان انجام شده است نشان می‌دهد که بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژیکی، آناتومیکی و فیزیولوژیکی گیاهان مانند ازدیاد طول ساقه، تشکیل شاخه‌های فرعی، القای جنین سوماتیک، ریزوژنز (Rhizogenesis)، آناتومی برگ و توانایی‌های فتوسنتزی گیاهان رشدیافته در شرایط *In vitro* توسط خواص طیفی LED تنظیم می‌شوند (Dutta Gupta & Jatothu, 2013). محققین معتقدند که تحت نوردهی طیف LED آبی، محتوای نیتروژن در گیاه افزایش می‌یابد و گروهی نیز معتقدند که ترکیب نور آبی با قرمز، باعث باز شدن بهتر روزه‌ها و در نتیجه فراهمی

بهتر CO₂ برای گیاه می‌گردد. همچنین، از آنجایی که باز شدن روزنه‌ها توسط گیرنده‌های نورآبی کنترل می‌شود امکان افزایش وزن خشک گیاه با افزایش سطح نور آبی نشان داده شده است (Goins et al., 1998; Schwartz & Zeiger, 1984). در مطالعه‌ای دیگر محققان اثر طیف‌های نور LED و لامپ سدیم فشار بالا (HPS: High Pressure Sodium Lamps) بر رشد گیاه *Valerianella locusta* L. مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از آزمایشات آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین طول و سطح برگ، وزن تر و میزان قند محلول تحت تأثیر طیف نوری لامپ LED ترکیبی ۹۰٪ نور قرمز و ۱۰٪ نور آبی حاصل شد. همچنین اسید آسکوربیک در گیاهان تحت طیف نوری لامپ LED ترکیبی ۷۰٪ قرمز + ۳۰٪ آبی نسبت به HPS افزایش قابل توجهی داشت (Wojciechowska et al., 2016). LED سفید طیف وسیعی را با طول موج بیشتر در محدوده نور G بین ۴۲۰ و ۶۸۰ نانومتر منتشر می‌کنند. نور LED سفید برای استفاده جهت رشد نهال درختان موثر شناخته شده‌اند (Wang et al., 2018; Xu et al., 2019). بررسی اثر طیف دیودهای ساطع کننده نور سفید بر فتوسنتز و کارایی مصرف مواد مغذی در نهال *Podocarpus macrophyllus* نشان داد که در مقایسه با نهال‌های تحت طیف HPS، آن‌هایی که تحت طیف LED سفید بودند رشد بهتر، تجمع زیست توده بیشتر، فتوسنتز و تبادل گاز بیشتر داشتند. همچنین، نهال‌های تیمار شده با طیف LED سفید دارای محتوای نیتروژن (N) و فسفر (P) بیشتری نسبت به گیاهان تیمار شده با طیف HPS بودند. در نتیجه، LED سفید را می‌توان جایگزین استفاده از لامپ‌های HPS برای کشت نهال درختان در نظر گرفت (Luo et al., 2020). در آزمایشی، چهار طیف نوری سفید، سفید+قرمز، سفید+آبی و سفید+سبز (توسط لوله‌های نوری رنگی و بی رنگ) تولید گردید و به گیاهچه‌های ارکیده سیمبیدیوم (*Cymbidium hybridum*) حاصل از جوانه‌زنی بذر در شرایط درون شیشه‌ای تابانده شد. نتایج نشان داد که وزن تر و خشک ریشه و برگ تحت تأثیر نور قرمز روشن افزایش یافت. همچنین طول ساقه تحت تأثیر طیف نوری لامپ LED ترکیبی سفید+سبز بیش از دو برابر رشد یافته بود. آن‌ها نتیجه گرفتند که خصوصیات رشد گیاهان تکثیر شده در شرایط درون شیشه‌ای به سادگی با تابش نور با طیف‌های مختلف قابل کنترل می‌باشد (Khotskova et al., 2019). پژوهشگران تأثیر نور چراغ‌های LED سفید، قرمز، آبی و ترکیب آن‌ها بر ساقه‌زایی، ریشه‌زایی و سازگاری "*Gerbera jamesonii* cv. "Shypink" در شرایط کشت بافت مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نور LED ترکیبی آبی: قرمز با نسبت (۱:۱) بیشترین تأثیر را بر باززایی ساقه و رشد آن‌ها و باززایی ریشه داشتند. همچنین، نرخ فتوسنتزی (Pn)، هدایت روزنه‌ای (Gs) و نرخ تعرق (Tr) نیز در گیاهانی که تحت LED ترکیبی قرمز به علاوه آبی (۱:۱) رشد کرده بودند، مشاهده شد (Lim et al., 2023). بررسی تأثیر ترکیبات مختلف نور LED قرمز و آبی بر رشد، متابولیسم فیزیولوژیکی و فتوسنتز گیاه "*Dendrobium nobile* "Zixia" در شرایط کشت بافت نشان داد که LED ترکیبی آبی: قرمز با نسبت‌های ۸R:2B و 7R:3B بر روی صفاتی از جمله تعداد ریشه، طول ریشه، فعالیت ریشه، وزن تازه و خشک، توانایی آنتی اکسیدانی، و محتوای کلروفیل تأثیر مثبت داشتند (Guo et al., 2023). بهینه‌سازی کشت بافت گیاهان زینتی مختلف معمولاً با استفاده از تغییر در ترکیب محیط کشت یا تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی صورت می‌پذیرد. با توجه به تأثیر مهم نور در باززایی گیاهان مختلف و لزوم استفاده از منابع نوری جدید با کارایی بالاتر و هزینه‌های کمتر، تحقیق حاضر کارایی نسل جدید منابع روشنایی نسبت به منابع روشنایی معمول و سنتی در کشت بافت را در گیاه فیلودندرون برکین مورد بررسی قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها:

آماده‌سازی و ضدعفونی گیاه:

گیاه مادری فیلودندرون برکین یکساله، تهیه شده از گلخانه‌ی لوتوس در شهرستان ساری، جهت بررسی و انجام آزمایش‌های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل گردید. ساقه‌ی گیاه توسط الکل اتیلیک ۷۰٪ و هیپوکلریت سدیم ۲٪ ضدعفونی شد. سپس گره‌های گیاه فیلودندرون از ساقه جدا گردید و روی محیط کشت MS (Murashige and Skoog medium) قرار داده شد (Murashige

(and Skoog, 1962). ظروف کشت زیر نور لامپ فلورسنت با طول دوره ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و دمای ۲۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ هفته قرار گرفت.

تکثیر گیاهچه‌ها جهت اعمال تیمار:

پس از ظهور اولین گیاهچه‌ها، به منظور تکثیر، در محیط کشت MS حاوی IBA (بنزیل بوتریک اسید) با غلظت یک میلی گرم در لیتر و BAP (بنزیل آدنین پورین) با غلظت یک میلی گرم در لیتر واکشت شدند. بعد از حدود چهار ماه و واکشت روی محیط MS بدون تنظیم کننده‌های رشد گیاهی، گیاهچه‌های استریل باززایی شد.

جهت تیمار آزمایشی، گیاهچه‌های استریل بدست آمده از گره روی محیط‌های کشت MS بدون تنظیم کننده رشد، محیط کشت MS حاوی ترکیب IBA با غلظت یک میلی گرم در لیتر و BAP با غلظت یک میلی گرم در لیتر و همچنین محیط کشت MS حاوی TDZ (تیدیاژورون) با غلظت نیم میلی گرم در لیتر (شرکت سیگما آلد ریچ) کشت شدند. در این مرحله از طیف‌های نوری مختلف درشش سطح لامپ فلورسنت، LED ۱۰۰٪ قرمز، LED ۱۰۰٪ آبی، LED (۷۰:۳۰٪) قرمز: آبی، LED (۳۰:۷۰٪) قرمز: آبی و لامپ فول اسپکتروم سفید (شرکت ایران گرولایت)، هر کدام با شدت نور ۱۸۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه استفاده شد.

شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک:

به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک نظیر اندازه‌گیری قطر کانوبی گیاهچه، تعداد گیاهچه‌های باززایی شده، ارتفاع گیاهچه‌ها، وزن تر و خشک اندام هوایی، پهنای سطح برگ، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، فنل و فلاونوئید دو ماه پس از اعمال تیمار از نمونه‌ها داده‌برداری صورت گرفت.

سنجش پهنای برگ:

بدین منظور از تیمارهای مختلف نمونه‌ی برگ‌ی تهیه شد و به طور جداگانه اسکن شدند و سپس با استفاده از برنامه‌ی Photoshop CS4، سطح برگ آن‌ها تعیین شد.

سنجش میزان تغییرات رنگیزه‌های فتوسنتزی:

جهت اندازه‌گیری تغییرات میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، به ۰/۲ گرم از پودر نمونه ۱۸۰۰ میکرولیتر متانول خالص اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر و در تاریکی قرار گرفتند. پس از سانتریفیوژ (۳ دقیقه با دور ۵۰۰۰g)، مایع رویی برداشته شد و میزان جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۶۵/۲، ۶۵۲/۴ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه Spectrophotometer (Cambridge, UK) مدل WPA (BiowaveII) ثبت گردید. از معادلات زیر جهت برآورد میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید استفاده شد (Lichtenthaler & Buschmann, 2001).

$$\text{Chla } (\mu\text{g/ml}) = 16.72 A_{665.2} - 9.16 A_{652.4}$$

$$\text{Chlb } (\mu\text{g/ml}) = 34.09 A_{652.4} - 15.28 A_{665.2}$$

$$\text{Carotenoid } (\mu\text{g/ml}) = (1000 A_{470} - 1.63 \text{ Chla} - 104.96 \text{ Chlb}) / 221$$

اندازه‌گیری میزان فنل کل:

به ۰/۲ گرم از پودر نمونه ۱۸۰۰ میکرولیتر متانول خالص اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر و در تاریکی قرار گرفتند. پس از سانتریفیوژ (۳ دقیقه با دور ۵۰۰۰g)، مایع رویی برداشته شد. به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره متانولی ۲۰۰ میکرولیتر معرف فولین ۱۰ درصد افزوده شد. سپس ۸۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم به آن اضافه شد و به مدت سه ساعت در دمای محیط قرار گرفت. جذب در ۷۶۵ نانومتر قرائت شد و بر اساس استاندارد اسید گالیک ($y = 1.4862x - 0.0122$, $R^2 = 0.9996$) میزان ترکیبات فنلی کل محاسبه شد (Singleton & Rossi, 1965).

اندازه‌گیری میزان فلاونوئید:

به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره متانولی یک و نیم میلی‌لیتر متانول اضافه شد. سپس به ترتیب به آن ۱۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم دو درصد، ۱۰۰ میکرولیتر پتاسیم استات یک مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر متانول افزوده شد و به مدت نیم ساعت در دمای محیط قرار گرفت. سپس جذب در ۴۱۵ نانومتر قرائت شد. از کوئرتستین ($Y=0.0028X+0.0189$, $R^2=0.97$) به عنوان استاندارد استفاده شد (Chang et al., 2002).

آنالیز اطلاعات:

آزمایش به صورت فاکتوریل (۳×۶) در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. فاکتورها شامل نوع محیط کشت در سه سطح و طیف‌های مختلف نوری در شش سطح بود. هر تیمار دارای سه تکرار و چهار ریزنمونه در هر تکرار در نظر گرفته شد. داده‌های حاصل از بررسی هر آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری Infostat (9.0.0.0) بررسی و مقایسه میانگین داده‌ها، به وسیله‌ی آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام شد. جهت رسم نمودارها و ثبت هر داده از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج:

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر طیف‌های مختلف نوری، محیط کشت‌های مختلف و اثر متقابل آنها بر پهنای سطح برگ، تعداد گیاهچه‌های باززایی شده، تعداد برگ، ارتفاع گیاهچه‌ها، وزن تر و خشک اندام هوایی، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و همچنین محتوای فنل و فلاونوئید در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

(الف)



(ب)

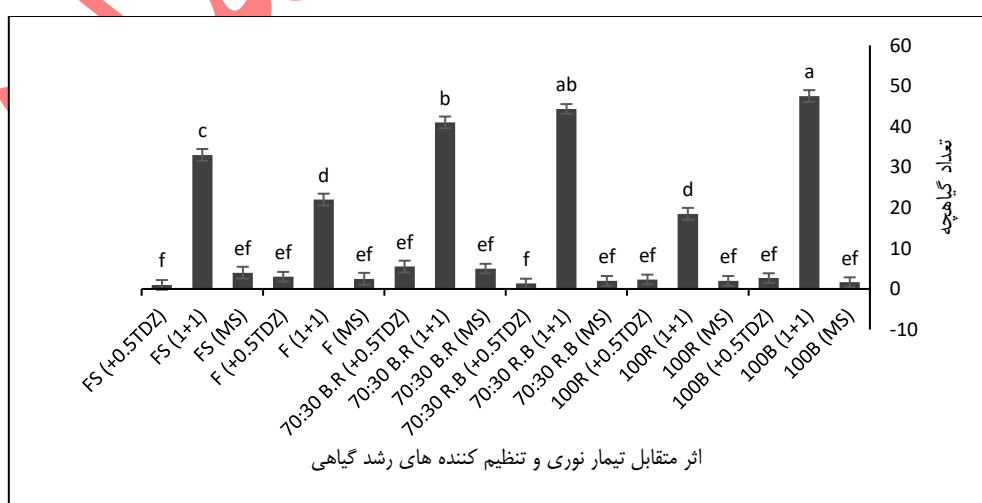


(ج)



شکل ۱. گیاهچه‌های تولید شده از ریزنمونه گیاه فیلودندرون برکین در شرایط *in Vitro* بعد از دو ماه اعمال تیمار در محیط کشت‌های الف) MS حاوی (0.5mg/l) TDZ ب) MS و ج) MS حاوی IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) به ترتیب از راست به چپ در طیف‌های نوری فلورسنت، فول اسپکتروم سفید، LED آبی، LED قرمز، نور ترکیبی آبی ۷۰٪: قرمز ۳۰٪ و آبی ۳۰٪: قرمز ۷۰٪

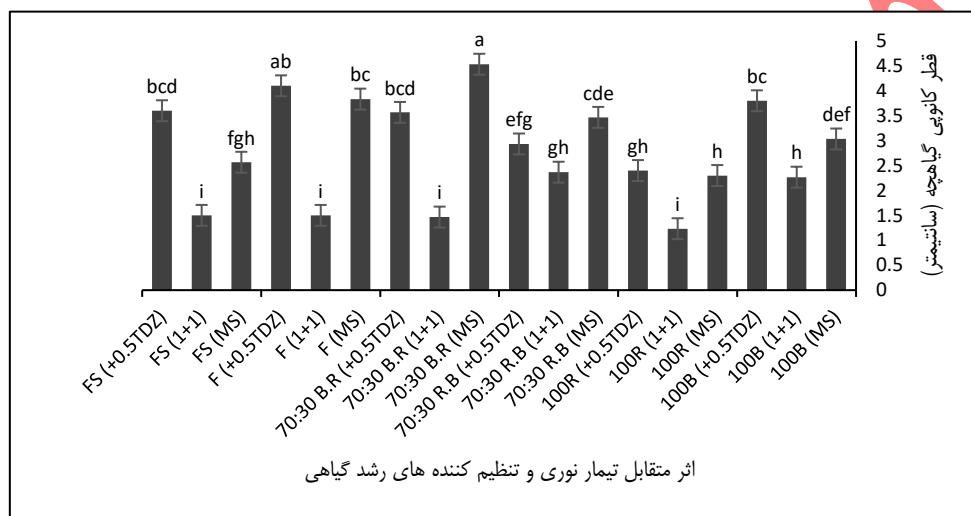
نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین تکثیر گیاهچه‌ها تحت طیف نوری لامپ‌های LED ۱۰۰٪ آبی با میانگین تکثیر ۴۷/۵ گیاهچه و LED ترکیبی آبی (۳۰٪: قرمز ۷۰٪) با میانگین تکثیر ۴۴/۳۳ گیاهچه در محیط کشت MS حاوی IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) بود. همچنین، قابل توجه است که در تمامی طیف‌های نوری در محیط کشت MS حاوی IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) بیشترین تعداد گیاهچه تولید گردید (شکل ۲).



شکل ۲. نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف نوری (فلورسنت (F)، LED آبی (B)، LED قرمز (R)، نور ترکیبی آبی ۷۰٪: قرمز ۳۰٪ (70:30 B.R)، آبی ۳۰٪: قرمز ۷۰٪ (70:30 R.B) و فول اسپکتروم سفید (FS)) و محیط کشت‌های حاوی تنظیم کننده‌های رشد (1mg/l IBA+1mg/l BAP) و (0.5mg/l

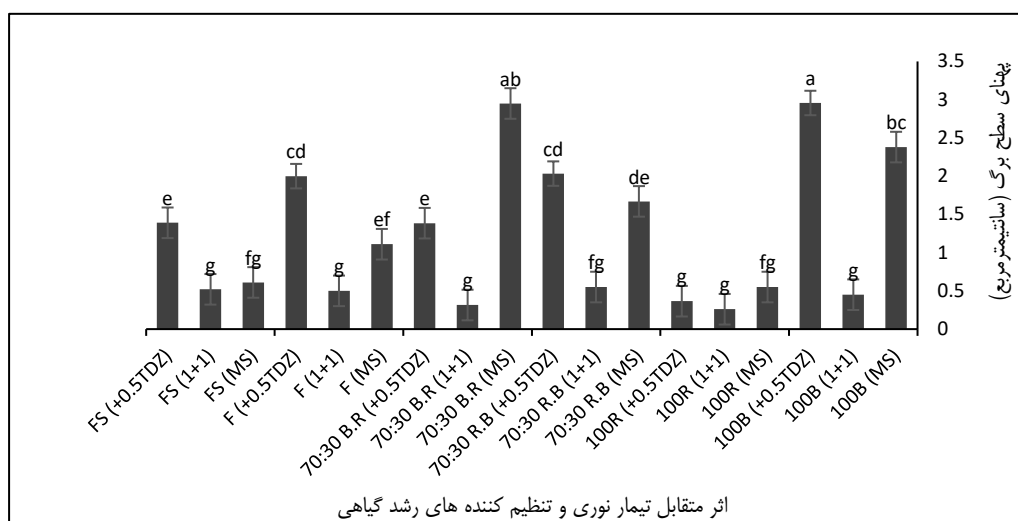
TDZ) یا بدون تنظیم‌کننده رشد بر تعداد گیاهچه‌های تولید شده از ریزنمونه گیاه فیلودندرون برکین در شرایط *in Vitro* بعد از دو ماه اعمال تیمار. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارد.

بیشترین میزان قطر کانوی گیاهچه در طیف نوری LED ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) با میانگین ۴/۵۳ سانتی‌متر و لامپ فلورسنت با میانگین ۴/۱ سانتی‌متر به ترتیب در محیط کشت‌های MS و MS حاوی TDZ (0.5mg/l) بود. همچنین، در تمامی طیف‌های نوری در محیط کشت MS حاوی IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) کمترین میزان قطر کانوی گیاهچه مشاهده شد (شکل ۳).



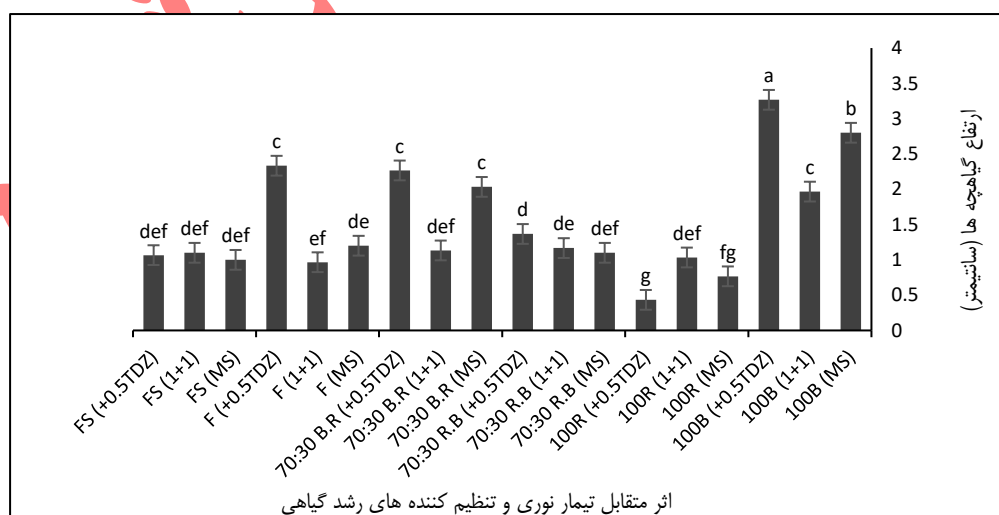
شکل ۳. نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف نوری (فلورسنت (F)، LED آبی (B)، LED قرمز (R)، نور ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) (70:30 B.R)، آبی (۳۰٪): قرمز (۷۰٪) (70:30 R.B) و فول اسپکتروم سفید (FS)) و محیط کشت‌های حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد (1mg/l IBA+1mg/l BAP) و (0.5mg/l TDZ) یا بدون تنظیم‌کننده رشد بر قطر کانوی گیاهچه‌های تولید شده از ریزنمونه گیاه فیلودندرون برکین در شرایط *in Vitro* بعد از دو ماه اعمال تیمار. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارد.

نتایج نشان داد که بیشترین میزان پهنای سطح برگ گیاهچه‌ها در طیف نوری LED ۱۰۰٪ آبی با میانگین ۲/۹۵۶۶ سانتی‌متر و ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) با میانگین ۲/۹۵ سانتی‌متر به ترتیب در محیط کشت‌های MS حاوی TDZ (0.5mg/l) و MS بود. در تمامی طیف‌های نوری، گیاهچه‌های کشت شده در محیط کشت MS حاوی IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) دارای کمترین میزان پهنای سطح برگ بودند. البته قابل ذکر است که گیاهچه‌های کشت شده تحت طیف نوری LED ۱۰۰٪ قرمز در تمامی محیط کشت‌ها دارای پایین‌ترین میزان پهنای برگ بودند (شکل ۴).



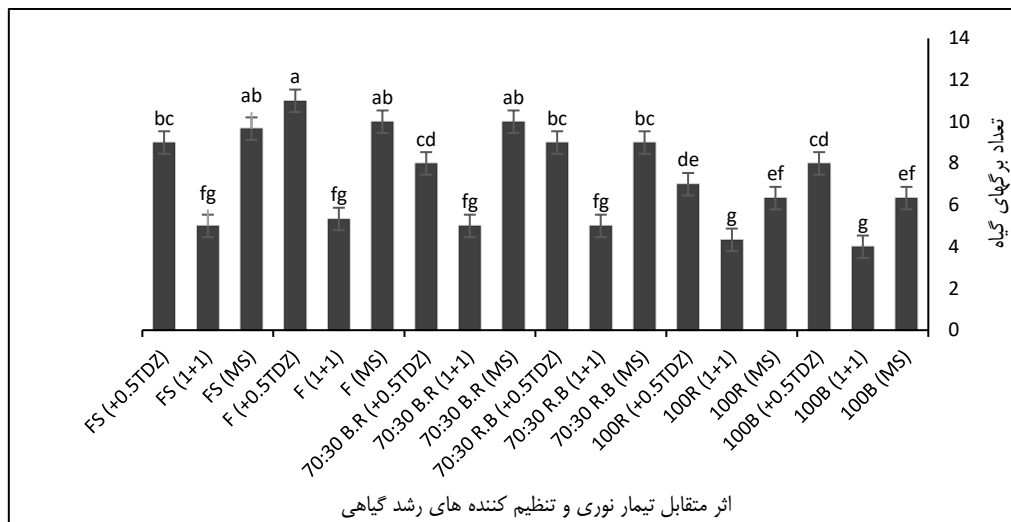
شکل ۴. نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف نوری (فلورسنت (F)، LED آبی (B)، LED قرمز (R)، نور ترکیبی آبی ۷۰٪: قرمز ۳۰٪ (70:30 B.R)، آبی ۳۰٪: قرمز ۷۰٪ (70:30 R.B) و فول اسپکتروم سفید (FS)) و محیط کشت های حاوی تنظیم کننده های رشد (1mg/l IBA+1mg/l BAP) و (0.5mg/l TDZ) یا بدون تنظیم کننده رشد بر پهنای سطح برگ گیاهچه های تولید شده از ریزنمونه گیاه فیلودندرون برکین در شرایط *in Vitro* بعد از دو ماه اعمال تیمار. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارد.

بیشترین ارتفاع گیاهچه ها در گیاهان تحت طیف نوری لامپ LED ۱۰۰٪ آبی با میانگین ارتفاع ۳/۲۶۶ سانتی متر در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) مشاهده شد. در تمامی طیف های نوری به غیر از طیف نوری لامپ LED ۱۰۰٪ قرمز، در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) بیشترین میزان ارتفاع گیاهچه ها مشاهده گردید. در طیف نوری لامپ LED ۱۰۰٪ قرمز بیشترین ارتفاع در گیاهچه های کشت شده در محیط کشت MS حاوی IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) مشاهده شد (شکل ۵).



شکل ۵. نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف نوری (فلورسنت (F)، LED آبی (B)، LED قرمز (R)، نور ترکیبی آبی ۷۰٪: قرمز ۳۰٪ (70:30 B.R)، آبی ۳۰٪: قرمز ۷۰٪ (70:30 R.B) و فول اسپکتروم سفید (FS)) و محیط کشت های حاوی تنظیم کننده های رشد (1mg/l IBA+1mg/l BAP) و (0.5mg/l TDZ) یا بدون تنظیم کننده رشد بر ارتفاع گیاهچه های تولید شده از ریزنمونه گیاه فیلودندرون برکین در شرایط *in Vitro* بعد از دو ماه اعمال تیمار. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارد.

در پژوهش حاضر بیشترین تعداد برگ گیاهچه‌ها در طیف نوری لامپ‌های فلورسنت، فول‌اسپکتروم و LED ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) در محیط کشت‌های MS و MS حاوی TDZ (0.5mg/l) مشاهده شد. همچنین در تمامی طیف‌های نوری گیاهچه‌های کشت شده در محیط کشت MS و MS حاوی TDZ (0.5mg/l) دارای بیشترین تعداد برگ نسبت به گیاهچه‌های کشت شده در محیط کشت حاوی IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) بودند (شکل ۶).



شکل ۶. نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف نوری (فلورسنت (F)، LED آبی (B)، LED قرمز (R)، نور ترکیبی آبی ۷۰٪: قرمز ۳۰٪ (70:30 B.R)، فول‌اسپکتروم سفید (FS)) و محیط کشت‌های حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد (BAP 1mg/l + IBA 1mg/l) و (0.5mg/l TDZ) یا بدون تنظیم‌کننده رشد بر تعداد برگ گیاهچه‌های تولید شده از ریزنمونه گیاه فیلودندرون برکین در شرایط *in Vitro* بعد از دو ماه اعمال تیمار. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارد.

نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی گیاهچه‌ها در طیف نوری لامپ فلورسنت در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) مشاهده شد. در تمامی طیف‌های نوری به غیر از LED ۱۰۰٪ قرمز، گیاهچه‌های کشت شده در محیط کشت MS و MS حاوی TDZ (0.5mg/l) دارای بیشترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی نسبت به گیاهچه‌های کشت شده در محیط کشت حاوی IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) بودند. همچنین، نتایج نشان داد که گیاهچه‌ها در طیف نوری لامپ LED ۱۰۰٪ قرمز در تمامی محیط کشت‌ها دارای کمترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی بودند (جدول ۱).

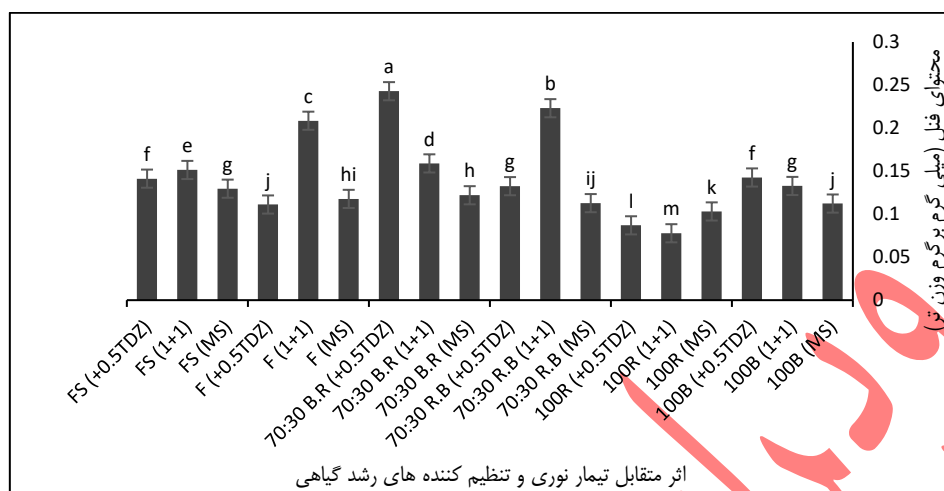
بیشترین محتوای کلروفیل a، b و کل گیاهچه‌ها در طیف نوری لامپ LED ۱۰۰٪ آبی در محیط کشت MS حاوی (0.5mg/l) TDZ بود. همچنین بیشترین محتوای کاروتنوئید در طیف نوری لامپ LED ۱۰۰٪ آبی و فول‌اسپکتروم سفید در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) بود. قابل ذکر است که کمترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در طیف نوری LED ۱۰۰٪ قرمز مشاهده گردید. همچنین با توجه به نتایج حاصل از آزمایش حاضر مشاهده گردید که محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) بهترین تاثیر را در میزان محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی داشت (جدول ۱).

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف نوری (فلورسنت (F)، LED آبی (B)، LED قرمز (R)، نور ترکیبی آبی ۷۰٪: قرمز ۳۰٪ (70:30 B.R)، آبی ۳۰٪: قرمز ۷۰٪ (70:30 R.B) و فول اسپکتروم سفید (FS)) و محیط کشت‌های حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد (1mg/l IBA+1mg/l BAP) و (0.5mg/l TDZ) یا بدون تنظیم‌کننده رشد بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و وزن تر و خشک اندام هوایی گیاهچه‌های تولید شده از ریزنمونه گیاه فیلودندرون برکین در شرایط *in Vitro* بعد از دو ماه اعمال تیمار. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارد.

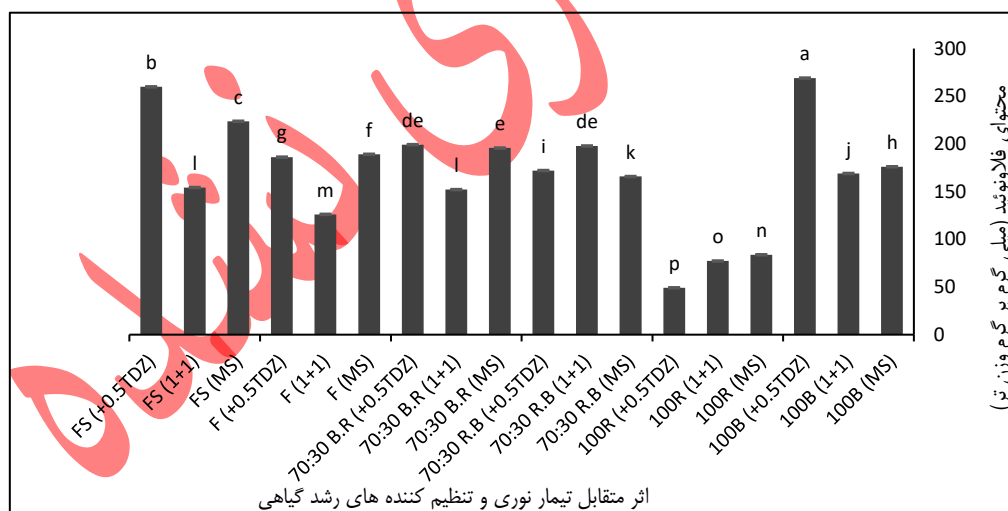
کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئیدها (میلی گرم بر گرم وزن تر)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
۱۱/۱۷ ^e	۶/۱۹ ^d	۱۷/۳۶ ^f	۱/۱۷ ^{efg}	۰/۲۶ ^{cd}	۰/۲۳ ^c
۸/۲۸ ^k	۴/۳۹ ^{hi}	۱۲/۶۷ ^k	۱/۱۳ ^{fg}	۰/۱۳ ^{ef}	۰/۰۶ ^f
۱۶/۱۴ ^a	۹/۱۶ ^a	۲۵/۳ ^a	۲/۳۷ ^a	۰/۲۷ ^{cd}	۰/۳۵ ^b
۴/۷۱ ^m	۲/۷۱ ^j	۷/۴۳ ⁿ	۰/۵۵ ⁱ	۰/۰۸۸ ^f	۰/۰۷ ^f
۴/۶ ^m	۲/۵۵ ^j	۷/۱۵ ^o	۰/۶۴ ^{hi}	۰/۰۶ ^f	۰/۰۴ ^f
۳/۹۷ ⁿ	۲/۲۵ ^k	۶/۲۲ ^p	۰/۷۲ ^h	۰/۰۹ ^f	۰/۰۶ ^f
۹/۷۹ ^h	۴/۸ ^g	۱۴/۵۹ ⁱ	۱/۳۴ ^d	۰/۲۷ ^{cd}	۰/۱۷ ^{de}
۹/۴۶ ⁱ	۵/۱۳ ^f	۱۴/۵۹ ⁱ	۱/۳ ^d	۰/۰۹ ^f	۰/۱۶ ^{de}
۱۰/۲۳ ^g	۴/۸۸ ^{fg}	۱۵/۱ ^h	۱/۲۷ ^{de}	۰/۲۹ ^{bc}	۰/۲۵ ^c
۱۰/۷۳ ^f	۶/۸۳ ^c	۱۷/۵۵ ^e	۱/۲۶ ^{de}	۰/۳۶ ^b	۰/۳۳ ^b
۸/۳ ^k	۴/۲۵ ^{hi}	۱۲/۴۵ ^l	۱/۲۵ ^{def}	۰/۰۹ ^f	۰/۰۳ ^f
۱۱/۵۲ ^d	۵/۸۱ ^e	۱۷/۳۳ ^f	۱/۹۲ ^b	۰/۲۹ ^{bc}	۰/۲۱ ^{cd}
۱۰/۸ ^f	۵/۹۳ ^{de}	۱۶/۷۵ ^g	۱/۲۴ ^{def}	۰/۱۳ ^{ef}	۰/۲۳ ^c
۷/۷۵ ^l	۴/۱۴ ⁱ	۱۱/۹ ^m	۱/۱ ^g	۰/۰۵ ^f	۰/۱۳ ^e
۱۳/۷۱ ^b	۶/۹۷ ^c	۲۰/۶۸ ^d	۱/۹۷ ^b	۰/۷۵ ^a	۰/۴۴ ^a
۱۳/۵۹ ^b	۸/۶۴ ^b	۲۲/۴ ^b	۱/۶۹ ^c	۰/۱۹ ^{de}	۰/۲۴ ^c
۸/۵۹ ^j	۴/۴ ^{hi}	۱۳/۰۹ ^j	۱/۲۹ ^{de}	۰/۱ ^{ef}	۰/۰۷ ^f
۱۳/۰۷ ^c	۸/۳۳ ^b	۲۱/۳۹ ^c	۲/۲۷ ^a	۰/۳۴ ^{bc}	۰/۲۴ ^c
100B (MS)					
100B (1+1)					
100B (+0.5TDZ)					
100R (MS)					
100R (1+1)					
100R (+0.5TDZ)					
70:30 R.B (MS)					
70:30 R.B (1+1)					
70:30 R.B (+0.5TDZ)					
70:30 B.R (MS)					
70:30 B.R (1+1)					
70:30 B.R (+0.5TDZ)					
F (MS)					
F (1+1)					
F (+0.5TDZ)					
FS (MS)					
FS (1+1)					
FS (+0.5TDZ)					

نتایج نشان داد که بیشترین محتوای فنل کل گیاهچه‌ها در طیف نوری لامپ LED ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) در محیط کشت MS حاوی (0.5mg/l) TDZ بود. پس از آن، بیشترین محتوای فنل کل در گیاهچه‌های تحت طیف نوری LED ترکیبی آبی (۳۰٪): قرمز (۷۰٪) در محیط کشت MS حاوی (1mg/l) IBA + (1mg/l) BAP مشاهده شد. قابل ذکر است که کمترین محتوای فنل کل در طیف نوری LED ۱۰۰٪ قرمز در محیط کشت MS حاوی (1mg/l) IBA + (1mg/l) BAP مشاهده گردید (شکل ۷). بیشترین میزان فلاونوئید در طیف نوری لامپ LED ۱۰۰٪ آبی در محیط کشت MS حاوی (0.5mg/l) TDZ

و پس از آن در طیف نوری لامپ فول اسپکتروم در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) مشاهده شد. همچنین، کمترین محتوای فنل کل در طیف نوری LED ۱۰۰٪ قرمز در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) مشاهده گردید (شکل ۸).



شکل ۷. نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف نوری (فلورسنت (F)، LED آبی (B)، LED قرمز (R)، نور ترکیبی آبی ۷۰٪: قرمز ۳۰٪ (70:30 B.R)، آبی ۳۰٪: قرمز ۷۰٪ (70:30 R.B) و فول اسپکتروم سفید (FS)) و محیط کشت‌های حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد (1mg/l IBA+1mg/l BAP) و (0.5mg/l TDZ) یا بدون تنظیم‌کننده رشد بر محتوای فنل کل گیاهچه‌های فیلودندرون برکین در شرایط *inVitro* بعد از دو ماه اعمال تیمار. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارد.



شکل ۸. نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف نوری (فلورسنت (F)، LED آبی (B)، LED قرمز (R)، نور ترکیبی آبی ۷۰٪: قرمز ۳۰٪ (70:30 B.R)، آبی ۳۰٪: قرمز ۷۰٪ (70:30 R.B) و فول اسپکتروم سفید (FS)) و محیط کشت‌های حاوی تنظیم‌کننده‌های رشد (1mg/l IBA+1mg/l BAP) و (0.5mg/l TDZ) یا بدون تنظیم‌کننده رشد بر محتوای فلاونوئید گیاهچه‌های فیلودندرون برکین در شرایط *inVitro* بعد از دو ماه اعمال تیمار. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارد.

بحث:

نور علاوه بر اینکه به عنوان یک منبع انرژی مهم در نظر گرفته می‌شود، یک سیگنال ضروری برای رشد و نمو گیاهان نیز می‌باشد (Kim et al., 2002). گیاهان در تمام طول عمر خود از زمان جوانه‌زنی تا تولید بذر به نور نیاز دارند. با این حال، طول موج‌های مختلف نور اثرات متنوعی بر رشد گیاهان دارند (Fukuda et al., 2008). کیفیت نور بر طیف وسیعی از ویژگی‌های گیاه مانند ارتفاع گیاهان، تجمع زیست توده، اندازه برگ و ساختار آناتومیکی گیاه تأثیر می‌گذارد (Yu et al., 2017). فرآیندهای زیادی در گیاهان مانند جوانه‌زنی، گلدهی، فتوسنتز، تجمع زیست توده و تنظیم روزنه‌ها را می‌توان با استفاده از تنظیم طول موج نور کنترل و بهینه کرد (Liu et al., 2016). محققان گزارش داده‌اند که انعطاف‌پذیری تطبیق طول موج‌های حاصل از لامپ‌های LED با گیرنده‌های نوری در گیاه ممکن است بر مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان تأثیر بگذارد و محصولات با کیفیت‌تری ارائه دهد. به همین منظور استفاده از چراغ‌های LED تک‌رنگ مختلف یا چند رنگ در تکثیر و رشد گیاهچه در شرایط آزمایشگاهی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Massa et al., 2008). مطالعات متعددی به منظور بررسی اثر LEDها بر روی گیاهان انجام شده است. مشخص گردیده که ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مختلف مانند ازدیاد طول ساقه‌ها، تشکیل شاخه‌های فرعی، القای جنین سوماتیکی، ریزوژن و توانایی‌های فتوسنتزی گیاهان رشد یافته در شرایط *in Vitro* توسط خواص طیفی LEDها تنظیم می‌شوند (Dutta Gupta & Jatothu, 2013). پژوهش حاضر به منظور شناسایی بهترین منبع و شدت طیف نوری در افزایش رشد و بهبود فاکتورهای فیزیولوژیکی گیاه فیلودندرون برکین (*Philodendron birkin*) در شرایط کشت درون شیشه‌ای صورت گرفت. در این پژوهش اثر متقابل غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد TDZ، BAP و IBA و طیف‌های مختلف نوری بر پهنای سطح برگ، تعداد گیاهچه‌های باززایی شده، تعداد برگ، ارتفاع گیاهچه‌های باززایی شده، وزن تر و خشک اندام هوایی، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای فنل و فلاونوئید مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین تکثیر گیاهچه‌های فیلودندرون برکین در محیط کشت MS حاوی IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) تحت طیف نوری لامپ LED ۱۰۰٪ آبی و LED ترکیبی آبی (۳۰٪): قرمز (۷۰٪) بود. همچنین، طیف نوری لامپ‌های LED ۱۰۰٪ آبی، ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) و لامپ فلورسنت در محیط کشت‌های MS و MS حاوی TDZ (0.5mg/l) بهترین تاثیر را بر شاخصه‌های رشدی گیاهان داشت. بیشترین تعداد برگ گیاهچه‌ها نیز در طیف نوری لامپ‌های فلورسنت، فول اسپکتروم و LED ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) در محیط کشت‌های MS و MS حاوی TDZ (0.5mg/l) مشاهده شد. رشد گیاه می‌تواند تحت تأثیر برهمکنش سطوح مختلف هورمون‌های درون‌زا با کیفیت نور باشد (OuYang et al., 2015). اکثر پژوهش‌های مرتبط با کشت بافت گیاهان زینتی نشان دادند که بنزیل آدنین (BA) یکی از موثرترین تنظیم‌کننده‌های رشد مورد استفاده برای پرآوری شاخساره‌ها می‌باشند (Mikkelsen & Sink., 1978). تحقیقات نشان داد که بیشترین تعداد ساقه‌های نابجا در گیاه بگونیا رکس از ریزنمونه پهنک کشت شده در محیط کشت MS حاوی ۱ میلی گرم در لیتر BA و ۰/۵ میلی گرم در لیتر IBA بعد از ۵ هفته بدست آمد (Ghasemi et al., 2012). تحقیقات بر روی گیاه *Philodendron bipinnatifidum* نیز نشان داد که با ترکیب ۱ میلی گرم در لیتر BAP به همراه ۰/۵ میلی گرم در لیتر IBA بیشترین تعداد شاخساره در هر ریزنمونه بدست آمد (Alawaadh et al., 2020). همچنین، ترکیب NAA به همراه IBA موجب افزایش طول و وزن تر اندام هوایی گیاه *Philodendron bipinnatifidum* شد (Sakakibara, 2010).

در پژوهش حاضر بیشترین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در طیف نوری لامپ‌های LED ۱۰۰٪ آبی و فول اسپکتروم سفید و در محیط کشت‌های MS حاوی TDZ (0.5mg/l) و MS مشاهده شد. شواهد بسیاری نشان می‌دهد که ترکیب LEDهای قرمز و آبی برای رشد و نمو گیاهچه‌های کشت شده در شرایط درون شیشه‌ای مفید است (Kim et al., 2006; Nhut & Nam, 2010). ترکیب نور قرمز و آبی با افزایش سرعت فتوسنتز برگ و همچنین هدایت روزنه‌ای، رشد و نمو اندام هوایی و ریشه‌ی گیاهان را افزایش می‌دهد (Tanaka et al., 1998). این مشاهدات نشان داد که القاء و توسعه ساقه و ریشه به کیفیت طیف نور بستگی دارد و احتمالاً توزیع انرژی طیفی نورهای قرمز و آبی با جذب کلروفیل مطابقت دارد (Lee et al., 2007). مقایسه اثرات LEDهای قرمز و آبی با LED سفید بر رشد و میکروغده شدن قلمه‌های تک گره سیب زمینی (*Solanum tuberosum*) در شرایط کشت بافت

نشان داد که بیشتر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه تحت نور ترکیبی ۷۵٪ قرمز + ۲۵٪ آبی، رشد بیشتری نسبت به گیاهان تحت نور سفید داشتند. بیشتر ویژگیهای میکروغده سازی نیز در نور ترکیبی ۷۵٪ قرمز + ۲۵٪ آبی بهبود یافتند. وزن تر میکروغده‌های منفرد در نور قرمز و سفید افزایش یافت، اما تعداد آنها افزایش نیافته بود (Chen et al., 2018).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی گیاهان در طیف نوری لامپ فلورسنت در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) بود. همچنین، گیاهان کشت شده تحت طیف نوری LED ۱۰۰٪ آبی در محیط کشت TDZ (0.5mg/l) و گیاهان کشت شده تحت طیف نوری LED ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) در محیط کشت MS دارای وزن خشک نسبتاً بالایی بودند. محققین معتقدند که تحت نوردهی با LED آبی، محتوای نیتروژن در گیاهان افزایش می‌یابد. همچنین، ترکیب نور آبی با قرمز، باعث باز شدن بهتر روزه‌ها و در نتیجه فراهمی بهتر CO₂ برای گیاه می‌گردد. در نتیجه، از آنجایی که باز شدن روزه‌ها توسط گیرنده‌های نورآبی کنترل می‌شود امکان افزایش وزن خشک گیاه با افزایش سطح نور آبی نشان داده شده است (Goins et al., 1998; Schwartz & Zeiger, 1984). محققان افزایش وزن تر و خشک گیاهچه‌های ارکیده سیمبیدیوم (*Cymbidium aloifolium*) تحت طیف نوری لامپ LED ترکیبی آبی-قرمز و فلورسنت را گزارش کردند (Tanaka et al., 1998). همچنین، بیشترین رشد سوخ لیلیوم، تحت طیف نوری لامپ LED ترکیبی آبی-قرمز و پس از آن فلورسنت گزارش شد (Lian et al., 2002). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاهچه‌ها در طیف نوری لامپ LED ۱۰۰٪ آبی در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) بود. همچنین، کمترین میزان ارتفاع در گیاهچه‌های تحت طیف‌های نوری لامپ LED قرمز بود. در پژوهشی، اثر معکوس نور قرمز بر رشد ساقه در گیاهچه‌های *Rehmannia glutinosa* گزارش شد (Han et al., 2000). پژوهشگران بیان کردند که نور قرمز تک رنگ باعث عدم تعادل توزیع انرژی نور در دسترس برای فتوسنتزهای I و II می‌شود و به همین سبب از رشد ساقه جلوگیری می‌کند (Tensen et al., 1994). همچنین، به نظر می‌رسد که طولی شدن ساقه را می‌توان با فعل و انفعالات هم‌افزایی مختلف بین گیرنده‌های نور آبی/قرمز و فیتوکروم بر اساس گونه ارتقا یا مهار کرد (Heo et al., 2002). نتایج حاصل از بررسی اثر چهار طیف نوری لامپ‌های LED سفید، سفید/قرمز، سفید/آبی و سفید/سبز بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهچه‌های ارکیده سیمبیدیوم (*Cymbidium hybridum*) در شرایط درون شیشه‌ای نشان داد که وزن تر و خشک گیاه تحت تأثیر نور قرمز روشن افزایش می‌یابد. پژوهشگران بیان داشتند که خصوصیات رشد گیاهان تکثیر شده در شرایط درون شیشه‌ای به سادگی با تابش نور با طیف‌های مختلف قابل کنترل می‌باشد (Khotskova et al., 2019). محققان در سال ۲۰۱۴ اثر طیف‌های مختلف نوری بر فاکتورهای رشدی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در طیف نوری لامپ فلورسنت ارتفاع و وزن تر ریحان بیشتر از سایر طیف‌های نوری بود، اما منابع نوری اثر معنی‌داری بر سطح برگ و میزان فتوسنتز نداشتند. همچنین، منابع نور بر میزان رشد بادرنجبویه تأثیری نداشتند، اما این گیاهان در هنگام رشد، میزان فتوسنتز خالص بیشتری تحت تأثیر نور LED نسبت به فلورسنت داشتند (Frąszczak et al., 2014). در گذشته تأثیر القای نورهای تک‌رنگ LED بر بیوسنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط درون شیشه‌ای در چندین گونه گیاهی گزارش شده بود (Lin et al., 2011; Manivannan et al., 2015). تحقیقات نشان داد که نور آبی نقش مهمی در فرآیندهای مورفوژنز، توسعه کلروپلاست و سنتز کلروفیل دارد (Tanaka et al., 2001). به طور مشابهی، در تکثیر درون شیشه‌ای گیاه *Platycodon grandiflorum* نشان داده شد که لامپ‌های LED آبی به طور موثری باعث افزایش محتوای کلروفیل *a* و *b* شد. در تحقیق دیگری، نشان داده شد که طیف نوری LED آبی همراه با طیف نور LED قرمز به طور قابل توجهی باعث افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در مقایسه با نور لامپ‌های فلورسنت شد (Ramírez-Mosqueda et al., 2017). تجمع متابولیت‌های ثانویه در گیاهان تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف مانند کیفیت نور، تابش اشعه ماوراء بنفش، دما، آبیاری، کمبود مواد مغذی، حمله پاتوژن و استرس فلزات سنگین است (Winkel-Shirley, 2002; Kopsell & Kopsell, 2008). نور یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی موثر بر تجمع فلاونوئیدها در گیاهان است با این حال، بیوسنتز فلاونوئیدها در پاسخ به کیفیت نور به ویژه در کشت درون شیشه‌ای باید بهتر درک شود (Huché-Théliet et al., 2016). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین محتوای فلاونوئید و فنل کل گیاهان نیز در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) به ترتیب تحت طیف نوری لامپ LED ۱۰۰٪ آبی و ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) مشاهده شد. پژوهش‌های انجام شده به منظور درک پاسخ رشد گیاه و متابولیت‌های

ثانویه به شرایط نوری متفاوت برای بهینه‌سازی شرایط کشت گیاه *Cyclocarya paliurus* نیز نشان داد که نور آبی برای القای تولید فلاونوئیدها در برگ *C. paliurus* موثرتر از سایر طیف‌های نوری می‌باشد (Liu., 2018).

نتیجه‌گیری کلی:

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اثر متقابل طیف‌های مختلف نوری و نوع محیط کشت، پاسخ‌های متفاوتی (مثبت و منفی) بر شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک نظیر تکثیر گیاهچه‌ها، قطر کانوبی و ارتفاع گیاهچه‌ها، وزن تر و خشک اندام هوایی، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و ... در کشت درون شیشه‌ای گیاه فیلودندرون برکین القاء می‌کند. بهترین طیف و محیط کشت برای تکثیر گیاهچه‌های گیاه فیلودندرون برکین طیف نوری لامپ‌های LED ۱۰۰٪ آبی با میانگین تکثیر ۴۷/۵ گیاهچه و LED ترکیبی آبی (۳۰٪): قرمز (۷۰٪) با میانگین تکثیر ۴۴/۳۳ گیاهچه در محیط کشت MS حاوی (1mg/l) IBA + (1mg/l) BAP بود. همچنین در محیط کشت مشابه، LED ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) با میانگین تکثیر ۴۱ گیاهچه، تأثیر زیادی در تکثیر گیاهچه‌ها داشت. بنابر نتایج حاضر اگر هدف تکثیر گیاهچه‌های فیلودندرون باشد، کشت در محیط کشت MS حاوی (1mg/l) IBA + (1mg/l) BAP تحت طیف نوری لامپ‌های LED آبی و LED ترکیبی آبی- قرمز توصیه می‌گردد. بیشترین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، ارتفاع گیاهچه‌ها، پهنای سطح برگ‌ها و میزان فلاونوئید در طیف نوری لامپ‌های LED آبی در محیط کشت‌های MS حاوی TDZ (0.5mg/l) مشاهده شد. همچنین، بیشترین میزان وزن تر، وزن خشک و تعداد برگ گیاهچه‌ها در طیف نوری لامپ فلورسنت در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) و بیشترین میزان فل و قطر کانوبی گیاهچه‌ها در طیف نوری لامپ LED ترکیبی آبی (۷۰٪): قرمز (۳۰٪) به ترتیب در محیط کشت MS حاوی TDZ (0.5mg/l) و MS مشاهده شد.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر بر اساس گزینش طرح شماره‌ی GABIT-01/D/PI286 در پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. از حمایت این مجموعه در فراهم آوردن امکانات لازم جهت انجام این پژوهش، تشکر می‌شود.

References

- Alawaadh, A. A., Dewir, Y. H., Alwihibi, M. S., Aldubai, A. A., El-Hendawy, S., & Naidoo, Y. (2020). Micropropagation of Lacy Tree Philodendron (*Philodendron bipinnatifidum* Schott ex Endl). *HortScience*, 55(3), 294–299.
- Ali, A., Munawar, A., & Naz, S. (2007). An in vitro study on micropropagation of *Caladium bicolor*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9 (5), 731-735.
- Argus, C. (2010). *Argus control systems Ltd: Light and lightning control in greenhouse*. 1281 Johnston Road. White Rock, British Columbia. Canada.
- Brown, C. S., Schuerger, A. C., & Sager, J. C. (1995). Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120, 808–813.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10(3), 3.
- Chen, J., McConnell, D.B., Henny, R.J. & Norman, D.J. (2010). The foliage plant industry. *Horticultural Reviews*, 31, 45-110.

- Chen, L., Xue, X., Yang, Y., Chen, F., Zhao, J., Wang, X., Khan, A.T., & Hu, Y. (2018). Effects of red and blue LEDs on in vitro growth and microtuberization of potato single-node cuttings. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 5(2), 197-205.
- Croat, T. B. (1997). A revision of philodendron subgenus Philodendron (Araceae) of Central America. Missouri Botanical Garden Press, 84(3), PP:311.
- Deng, R.. (2007). Therapeutic effects of guggul and its constituent guggulsterone: cardiovascular benefits. *Cardiovascular drug reviews* 25(4), 375-390.
- Dutta Gupta, S., & Jatothu, B. (2013). Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in in vitro plant growth and morphogenesis. *Plant biotechnology reports*, 7, 211-220.
- Frąszczak, B., Golcz, A., Zawirska-Wojtasiak, R., & Janowska, B. (2014). Growth rate of sweet basil and lemon balm plants grown under fluorescent lamps and LED modules. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 13(2), 3-13.
- Fukuda, T., Chen, L., Endo, T., Tang, L., Lu, D., Castro, J.E., Widhopf, G.F., Rassenti, L.Z., Cantwell, M.J., Prussak, C.E., & Carson, D.A. (2008). Antisera induced by infusions of autologous Ad-CD154-leukemia B cells identify ROR1 as an oncofetal antigen and receptor for Wnt5a. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(8), 3047-3052.
- Ghasemi, Y., Nematzadeh, G.A., Kabirnetaj, S., & Hashemi, H. (2011). Factors of growth regulators and plant microspecimens on direct regeneration of Begonia. *12th Iran Genetics Congress*, Tehran, <https://civilica.com/doc/227131>. (in Persian).
- Gill, T. M., & Feinstein, A. R. (1994). A critical appraisal of the quality of quality-of-life measurements. *Jama*, 272(8), 619-626.
- Goins, G. D., Yorio, N. C., Sanwo-Lewandowski, M/ M., & Brown, C. S. (1998). Life cycle experiments with Arabidopsis grown under red light-emitting diodes (LEDs). *Life Support & Biosphere Science*, 5(2), 143-149.
- Guo, Y., Zhong, Y., Mo, L., Zhang, W., Chen, Y., Wang, Y. C., Chen, H., Wang, Z., Song, X., & Meng, X. (2023). Different combinations of red and blue LED light affect the growth, physiology metabolism and photosynthesis of *in vitro*-cultured *Dendrobium nobile* 'Zixia'. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 64(3), 393-407.
- Gupta, S. D., & Jatothu, B. (2013). Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in in vitro plant growth and morphogenesis. *Plant Biotechnology Reports*, 7(3), 211-220.
- Han, M., Morino, S. Y., & Ichimura, K. (2000). Factors affecting in-plane and out-of-plane photoorientation of azobenzene side chains attached to liquid crystalline polymers induced by irradiation with linearly polarized light. *Macromolecules*, 33(17), 6360-6371.
- Heo, J., Lee, C., Chakrabarty, D., & Paek, K. (2002). Growth responses of marigold and salvia bedding plants as affected by monochromic or mixture radiation provided by a light-emitting diode (LED). *Plant Growth Regulation*, 38, 225-230.
- Huché-Thélier, L., Crespel, L., Le Gourrierc, J., Morel, P., Sakr, S., & Leduc, N. (2016). Light signaling and plant responses to blue and UV radiations—Perspectives for applications in horticulture. *Environmental and Experimental Botany*, 121, 22-38.
- Khotskova, L. V., Stepanyuk, G. Y., Yamburov, M. S., Astafurova, T. P., & Turanov, S. B. (2019). The influence of light spectrum on morphogenesis of orchid germs *in vitro*. In IOP Conference Series. *Materials Science and Engineering*, 510(1), 012032.
- Kim, K., Lu, Z., & Hay, E. D. (2002). Direct evidence for a role of β -catenin/LEF-1 signaling pathway in induction of EMT. *Cell biology international*, 26(5), 463-476.
- Kim, H. H., Wheeler, R. M., Sager, J. C., Goins, G. D., & Norikane, J. H. (2006). Evaluation of lettuce growth using supplemental green light with red and blue lightemitting diodes in a controlled environment. A review of research at Kennedy Space Center. *Acta Hort*, 711, 111-119.

- Kopsell, D. A., & Kopsell, D. E. (2008). Genetic and environmental factors affecting plant lutein/zeaxanthin. *Agro. Food Ind. Hi-Tech*, 19, 44-46.
- Lee, S. H., Tewari, R. K., Hahn, E. J., & Paek, K. Y. (2007). Photon flux and light quality induce changes in growth, stomatal development, photosynthesis and transpiration of *Withania somnifera* (L.) Dunal. Plantlets. *Plant Cell Tissue Org*, 90, 141-151.
- Luo, Y., Zhao, S., Tang, J., Zhu, H., Wei, H., Cui, W., Wang, M., & Guo, P. (2020). White-light emitting diodes' spectrum effect on photosynthesis and nutrient use efficiency in *Podocarpus macrophyllus* seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, 43(19), 2876-2884.
- Lian, M. L., Murthy, H. N., & Paek, K. Y. (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.
- Lichtenthaler, H. K., & Buschmann, C. (2001). Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV- VIS spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*, 1(1), F4-3.
- Lim, M. J., Murthy, H. N., Song, H. Y., Lee, S. Y., & Park, S. Y. (2023). Influence of White, Red, Blue, and Combination of LED Lights on *In Vitro* Multiplication of Shoots, Rooting, and Acclimatization of *Gerbera jamesonii* cv. 'Shy Pink' Plants. *Agronomy*, 13, 2216.
- Lin, Y., Li, J., Li, B., He, T., & Chun, Z. (2011). Effects of light quality on growth and development of protocorm-like bodies of *Dendrobium officinale* in vitro, *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 105, 329-335.
- Liu, C., Li, H., Zhang, Y., Si, D., & Chen, Q. (2016). Evolution of microbial community along with increasing solid concentration during high-solids anaerobic digestion of sewage sludge. *Bioresource technology*, 216, 87-94.
- Liu, Y., Wang, T., Fang, S., Zhou, M., & Qin, J. (2018). Responses of Morphology, Gas Exchange, Photochemical Activity of Photosystem II, and Antioxidant Balance in *Cyclocarya paliurus* to Light Spectra. *Front. Plant Science*, 9, 1704.
- Madison, M. (1981). Notes on Caladium (Araceae) and its allies, *Selbyana*, 5, 342-377.
- Manivannan, A., Soundararajan, P., Halimah, N., Ko, C. H., & Jeong, B. R. (2015). Blue LED light enhances growth, phytochemical contents, and antioxidant enzyme activities of *Rehmannia glutinosa* cultured in vitro, *Hortic. Environ. Biotechnol*, 56, 105-113.
- Massa, G. D., Kim, H. H., Wheeler, R. M., & Mitchell, C. A. (2008). Plant productivity in response to LED lighting. *HortScience*, 43(7), 1951-6.
- Mayo, M. W., Wang, C. Y., Cogswell, P. C., Rogers-Graham, K. S., Lowe, S. W., Der, C. J., & Baldwin, A. S. (1997). Requirement of NF- κ B activation to suppress p53-independent apoptosis induced by oncogenic Ras. *Science*, 278(5344), 1812-1815.
- Mikkelsen, E.P., & Sink Jr, K. C. (1978). Histology of adventitious shoot and root formation on leaf-petiole cuttings of *Begonia x hiemalis* Fotsch. Aphrodite Peach. *Sci Hortic-Amsterdam*, 8, 179-192.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*. 15 (3), 473-497.
- Nhut, D. T., & Nam, N. B. (2010). Light-emitting diodes (LEDs): an artificial lighting source for biological studies. In *The third international conference on the development of biomedical engineering in Vietnam*, 134-139.
- Omid, M., Yadollahi, A., Ahmadi, N., & Beyranvand, M. (2017). Improvement of in vitro micro propagation of *Rosa damascene* genotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(4), 773-784. (in Persian).
- OuYang, F., Mao, J. F., Wang, J., Zhang, S., & Li, Y. (2015). Transcriptome analysis reveals that red and blue light regulate growth and phytohormone metabolism in Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]. *PLoS One*, 10(8), 0127896.
- Ramírez-Mosqueda, M. A., Iglesias-Andreu, L. G., & Luna-Sánchez, I. J. (2017). Light quality affects growth and development of in vitro plantlet of *Vanilla planifolia* Jacks. *South African Journal of Botany*, 109, 288-293.

- Sakakibara, H. (2010). Cytokinin biosynthesis and metabolism. *Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action*. Dordrecht: Springer Netherlands. 95-114.
- Samuolienė, G., Urbonavičiūtė, A., Brazaitytė, A., Šabajevienė, G., Sakalauskaitė, J., & Duchovskis, P. (2011). The impact of LED illumination on antioxidant properties of sprouted seeds. *Central European Journal of Biology*, 6(1), 68-74.
- Seni, S., Sreekumar, S., & Mukunthakumar, S. (2001). Morphogenetic response of six Philodendron cultivars in vitro. *Indian Journal of Experimental Biology*, 39, 1280-1287.
- Schwartz, A., & Zeiger, E. (1984). Metabolic energy for stomatal opening. Roles of photophosphorylation and oxidative phosphorylation. *Planta*, 161, 129-136.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Tanaka, M., Takamura, T., Watanabe, H., Endo, M., Yanagi, T., & Okamoto, K. (1998). In vitro growth of Cymbidium plantlets cultured under super bright and blue light emitting diodes (LEDs), *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73: 39-44.
- Tennessen, D. J., Bula, R. L., & Sharkey, T. D. (1995). Efficiency of photosynthesis in continuous and pulsed light emitting diode irradiation. *Photosynthesis research*, 44, 261-269.
- Wang, Y., Wei, H., Ge, L., Sun, N., Wang, T., Zhang, Q., Han, L., Ge, X., & Jin, G. (2018). Chitosan oligosaccharide addition modifies nutrient utilization in highly-valued ornamental tree seedlings. *Forestry and Environmental Science*, 34 (3):136-44.
- Winkel-Shirley, B. (2002). Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Curr. Opin. Plant Biology*, 5: PP: 218-223
- Wojciechowska, R., Kurpaska, S., Malinowski, M., Sikora, J., Krakowiak-Bal, A., & Długosz-Grochowska, O. (2016). Effect of supplemental led lighting on growth and quality of *Valerianella locusta* L. and economic aspects of cultivation in autumn cycle. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 15(6).
- Xu, L., Zhang, X., Zhang, D., Wei, H., & Guo, J. (2019). Using morphological attributes for the fast assessment of nutritional responses of Buddhist pine (*Podocarpus macrophyllus* [Thunb.] D. Don) seedlings to exponential fertilization, *PLoS One*, 14 (12).
- Yu, W., Liu, Y., Song, L., Jacobs, D.F., Du, X., Ying, Y., Shao, Q. & Wu, J. (2017). Effect of differential light quality on morphology, photosynthesis, and antioxidant enzyme activity in *Camptotheca acuminata* seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36, 148-160. doi: 10.1007/s00344-016-9625-y

Extended Abstract

Introduction

Philodendron birkin has arisen as a spontaneous mutation during the cultivation of *Philodendron Rojo Congo*. To propagate this plant traditionally and for commercial purposes, cuttings, stem cuttings or seed propagation are used, which have limitations such as time-consuming and costly. Therefore, researchers have proposed *in vitro* propagation techniques. Also, since light is the main environmental factor affecting the growth and development of plants, it seems necessary to have the best light factor during plant micropropagation. Considering the important effect of light in the regeneration of different plants and the need to use new light sources with higher efficiency and lower costs, the current research investigates the efficiency of the new generation of lighting sources compared to conventional and traditional lighting sources in tissue culture in *Philodendron Birkin* plant.

Materials and Methods

In the present study, the effect of light source including fluorescent lamp, 100% red LED, 100% blue LED, 30:70 red:blue LED, 70:30 red:blue LED and white full spectrum lamp on direct regeneration *Philodendron Birkin* plant was studied under *in vitro* culture conditions. The nodule explant of two-year-old mother plant was cultured on MS culture medium after sterilization with surface disinfectants. Cultures were maintained under a 16/8-hour light/dark photoperiod at $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 12 weeks. Light was provided by cool white fluorescent bulbs. After the emergence of the first seedlings, they were cultured on MS culture medium containing IBA (1mg/l) + (1mg/l) BAP to proliferate. After about 4 months and subculturing on MS medium, sterile seedlings were regenerated. For the experimental treatment, the sterile seedlings obtained from the node were cultured on MS culture medium without growth regulator, MS culture medium containing the combination of IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) and MS culture medium containing (0.5mg/l) TDZ. At this stage, different light spectrums in 6 levels (fluorescent lamp, LED 100% red, LED 100% blue, LED (70:30%) red:blue, LED (70%:30) red:blue and white full spectrum lamp) each with a light intensity of $180\text{ }\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ were used. At the end of the experiment, some physiological and morphological traits such as seedling diameter, number of regenerated seedlings, seedling height, fresh and dry weight of shoot, leaf surface width, amount of photosynthetic pigments, phenol and flavonoid were measured and the data obtained from the experiment were analyzed using Infostat statistical software and comparison of average data was done by LSD test.

Results

The results of the present study showed that the highest rate of proliferation of *Philodendron Birkin* seedlings was obtained in the MS culture medium containing IBA (1mg/l) + BAP (1mg/l) under the light spectrum of the 100% blue LED lamp and the combined blue (30%):red

(70%). The highest content of photosynthetic pigments was observed in MS cultures containing (0.5mg/l) TDZ and MS in the 100% blue LED and full spectrum white LED lamps. The highest wet and dry weight of shoots was observed in MS culture medium containing (0.5mg/l) TDZ under the fluorescent lamp. Also, 100% blue LED lamps, a combination of blue (70%): red (30%) and fluorescent lamps in MS and MS cultures containing (0.5mg/l) TDZ has the best effect on the growth index of plantlets such as plantlets diameter, plantlets height and leaf surface width. The highest number of plantlet leaves was observed in MS and MS cultures containing (0.5mg/l) TDZ under the light of fluorescent lamps, full-spectrum and LED combined blue (70%): red (30%). Also, the highest flavonoid and total phenol contents of plantlets were observed in MS culture medium containing (0.5mg/l) TDZ under the light of 100% blue LED lamp and combined blue (70%): red (30%) ,respectively.

Conclusion

The present study showed that the best spectrum and culture medium for the micropropagation of *Philodendron Birkin* plantlets is the light spectrum of 100% blue LED with an average of 47.5 plantlets and a combined blue (30%): red (70%) LED with an average of 44/33 plantlets in MS culture medium containing IBA (1mg/l) + (1mg/l) BAP. Therefore, if the goal is to multiply philodendron seedlings, it is recommended to culture in MS culture medium containing IBA (1mg/l) + (1mg/l) BAP under the light spectrum of blue and blue: red LED lamps.