تاثیر طیف‌های مختلف نور ال‌ای‌دی بر کارایی فتوسنتز گیاه بگونیا رکس (*Begonia rex*)

مریم دهستانی اردکانی*[۱]، داوود کاظمی[۲]

[۱] دانشیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

*نویسنده مسئول: *mdehestani@ardakan.ac.ir*

چکیده

رشد و نمو گیاهان زینتی تحت تاثیر شدت و کیفیت نور قرار می‌گیرد. کیفیت نور دریافتی توسط برگ‌ها بر فتوسنتز گیاه تاثیر می‌گذارد. در پژوهش حاضر اثر طیف‌های مختلف نور بر کارایی فتوسنتز گیاه بگونیا رکس بررسی شد. در این تحقیق با استفاده از آزمون OJIP که از روش‌های دقیق محاسبه کارایی فتوسنتز در گیاه می‌باشد، اثرات طیف نور بر فتوسنتز تجزیه‌وتحلیل شد. آزمایش در گلخانه تجاری با شش اتاقک رشد مجهز به نور معمولی گلخانه (شاهد)، ۱۰۰٪ نور آبی، ۱۵٪ نور آبی + ۸۵٪ نور قرمز، ۳۰٪ نور آبی + ٪۷۰ نور قرمز، ۱۵٪ نور آبی + ۶۵٪ نور قرمز + ۲۰٪ نور سفید و ۳۰٪ نور آبی + ۵۰٪ نور قرمز + ۲۰٪ نور سفید، روی سه رقم بگونیا رکس (قرمز، نقره‌ای و مخملی مشکی) انجام شد. پس از پنج هفته قرارگیری گیاهان در زیر نورهای مختلف با دوره نوری ۱۵ ساعت روشنایی و ۹ ساعت تاریکی با شدت نوری ۱۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه، پارامترهای بیوفیزیک فتوسنتزی بررسی شد. بیشترین میزان شاخص حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II و حداکثر فلورسانس متغیر نسبی (F_M/F_0) در بگونیا رقم مخملی مشکی و تیمار ترکیبی ۱۵٪ آبی و ۸۵٪ قرمز حاصل شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تیمارهای نوری ترکیبی بیشترین تاثیر را در افزایش کارایی فتوسنتز و نور آبی و شاهد کمترین تاثیر را داشتند.

واژه‌های کلیدی : فلورسانس کلروفیل برگ، کیفیت نور، طیف نور، مورفولوژی

مقدمه

نور منبع انرژی و عاملی تحریک‌کننده برای رشد و نمو گیاه می‌باشد. واکنش‌های (شیمیائی و مورفولوژی) گیاه شدیداً تحت تأثیر شدت و کیفیت نور دریافتی قرار می‌گیرند. بسته به گیاه و نوع گونه، کاهش شدت نور سبب کاهش تجمع رنگیزه‌ها می‌شود. نور با متابولیسم کلروفیل ارتباط تنگاتنگی دارد. کلروفیل، پیوسته در حضور نور سنتز می‌شود و از بین می‌رود. محتوای کلروفیل، به‌منظور بهبود حداکثر جذب فوتون در وضعیت‌های محیطی مختلف تغییر می‌کند (Schiefthaler *et al*., 1999). همچنین شدت-های مختلف نور بر متابولیسم ترکیبات فنلی نظیر آنتوسیانین‌ها مؤثرند (حاجی بلند و فرهنگی، ۱۳۸۹). LED ها از گروه دیودها هستند که انرژی را به‌صورت نور ساطع می‌کنند. ال‌ای‌دی‌ها دارای فواید بسیاری از جمله اندازه کوچک، طول موج‌های ویژه، تولید گرمای کم، شدت نور قابل تنظیم، راندمان بالای تبدیل الکتریسته به نور، نیاز کمتر به هورمون‌های گیاهی و آفت‌کش‌ها، تولید بیشتر و گیاهان با کیفیت بهتر نسبت به سایر لامپ‌ها می‌باشند (Wollaeger and Runkle, 2014). این مزایا باعث شده که استفاده از LED در محیط‌های کنترل‌شده مانند اتاقک رشد به‌عنوان منبع نور مورد بررسی قرار گیرد (Massa *et al*., 2008). چنین دیودهای کوچکی را می‌توان به راحتی نزدیک کانوپی قرار داد و می‌توان از آنها برای اعمال طیف نوری باریک روی گیاهان استفاده کرد. نیازهای ویژه‌ای برای توزیع طیف نور برای فرآیندهای خاص مانند مورفوژنز، فتوسنتز، کلروفیل و سنتز آنتوسیانین در گونه‌های مختلف تعیین شده است (Stutte, 2009; Tripathy and Brown, 1995). اولین بار در اواخر دهه ۱۹۸۰ از LED به‌عنوان منبع نور در جوانه‌زنی بذر کاهو استفاده شد (Bula *et al*., 1991). Miyashita و همکاران (۱۹۹۵) از نور LED قرمز در اتاقک رشد استفاده کردند و مشاهده نمودند که گیاهان تحت تأثیر نور LED رشد سریع‌تری دارند. Heo و همکاران (۲۰۰۲) اثرات نور تولید شده توسط تابش تک رنگ آبی، قرمز یا ترکیبی از یک لامپ فلورسنت (FL) با دیودهای ساطع کننده نور (LED) (آبی، قرمز یا قرمز دور) بر رشد و اندام‌زایی دانهال‌های گل همیشه بهار و مریم گلی مورد بررسی قرار دادند و پاسخ با گیاهچه‌هایی که تحت طیف گسترده‌ای از یک لامپ فلورسنت معمولی (یک دوره زمانی ۱۶ ساعته در روز) رشد کرده بودند، مقایسه شد. وزن خشک دانهال گل همیشه بهار در نور قرمز تک رنگ (R)، نور فلورسنت به همراه LED قرمز (FLR) یا نور فلورسنت (FL) به طور قابل توجهی افزایش

یافت اما وقتی از نور آبی تک رنگ (B) استفاده شد، کاهش یافت، در حالی که وزن خشک مریم گلی به طور قابل توجهی تحت نور فلورسنت به همراه LED آبی (FLB)، نور فلورسنت به همراه LED قرمز (FLR) و نور فلورسنت به همراه LED قرمز دور (FLFr)در مقایسه با سایر تیمارها بیشتر بود. بگونیا رکس (*Begonia rex*) از نظر باغبانی در طبقه بندی بگونیاهای ریزوم‌دار قرار دارد. بگونیاها به نور مستقیم آفتاب نیاز ندارند. نوری که از موانعی گذشته و مقادیری از آن جذب شده باشد مناسب‌تر است. بگونیا رکس حداقل نور را می‌پسندد و در نور زیاد صدمه می‌بیند و می‌خشکد (قاسمی قهساره و کافی، ۱۳۹۳). در بگونیا رکس شدت نور مناسب برای ایجاد رنگ مطلوب لازم است. برای این کار شدت ۲۵۰۰–۲۰۰۰ فوت کاندل کافی است (Doel and Wilkins, 1999).

ایجاد نور مصنوعی با استفاده از لامپ‌های LED به تازگی رواج یافته است و هنوز اطلاعات کاملی برای تولید تمامی گیاهان وجود ندارد. در نتیجه باید با انجام تحقیقات پیوسته و مناسب بسته به نوع گیاه و هدف استفاده از نور مصنوعی، بهترین شدت و کیفیت نور برای تولید و ازدیاد هر محصول شناخته شود. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر شش ترکیب متفاوت از دو طیف آبی و قرمز در طی دوره رشد گیاه زینتی بگونیا رکس و بررسی میزان رشد و فتوسنتز آنان با استفاده از کاربرد طیف‌های اختصاصی نوری بود.

مواد و روش‌ها

این در قالب طرح کاملا تصادفی با شش تیمار کیفیت متفاوت نور شامل نور طبیعی گلخانه به‌عنوان شاهد، نور ال‌ای‌دی شامل ٪۱۰۰ نور آبی، ۱۵٪ نور آبی + ۸۵٪ نور قرمز، ۳۰٪ نور آبی + ۷۰٪ نور قرمز، ۱۵٪ نور آبی + ۶۵٪ نور قرمز + ۲۵٪ نور سفید و ۳۰٪ نور آبی + ۵۰٪ نور قرمز + ۲۰٪ نور سفید و سه تکرار روی سه رقم بگونیا رکس (قرمز، نقره‌ای و مخملی مشکی) در گلخانه انجام شد. گیاهان در گلدان ۱۲ حاوی ۶۰٪ خاک برگ، ۳۰٪ خاک لوم باغچه و ۱۰٪ پرلیت کشت شدند. در هر گلدان یک گیاه کشت شد و هر گلدان به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. پس از اطمینان از شرایط آغاز به رشد گیاهان، گلدان‌ها به اتاقک‌های رشد انتقال داده شدند و تحت تیمارهای مذکور قرار گرفتند. در طول دوره رشد درجه حرارت ۵ ± ۲۳ سانتی‌گراد، میزان رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵٪ و دوره نوری ۱۵ ساعت روشنایی (۷ صبح تا ۱۰ شب) و ۹ ساعت تاریکی به‌طور منظم کنترل شدند. شدت نور برای هر اتاقک، در هر تیمار ال‌ای‌دی ۵ ±۱۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه در نظر گرفته شد. برای ارزیابی هم‌زمان گیاهان در گلخانه به‌عنوان شاهد و نور طبیعی با مقدار نور تجمعی روزانه ۵ ± ۱۵ مول بر مترمربع در روز، میانگین دما در طی شبانه روز ۵ ±۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد (Data logger 8808 temp.+ RH) نیز کشت شدند. آبیاری گلدان‌ها به‌صورت روزانه انجام شد. در طول دوره نگهداری، گلدان‌ها یک مرتبه توسط اسید هیومیک کود آبیاری شدند. در پایان، پنج هفته پس از انتقال گیاهان به اتاقک‌های رشد، خصوصیات فلئورسانس کلروفیل اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مرتبط با فتوسنتز، خصوصیات فلئورسانس کلروفیل با استفاده از دستگاه فلئورپن[1] ارزیابی شدند. برای این منظور ابتدا گیاهان درون هر اتاقک، با توجه به پروتکل دستگاه فلئورپن به‌مدت بیست دقیقه در تاریکی قرار گرفتند تا به این شرایط سازگار شوند. پس از سازگاری در تاریکی، برگ و ساقه آن بلافاصله برای اندازه‌گیری حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) بررسی شدند. اطلاعات ذخیره شده دستگاه در زمان اندازه‌گیری استخراج شده و با نرم افزار فلئورپن تجزیه‌وتحلیل گردید (Strasser *et al*., 2000).

تست OJIP (آنالیز لحظه‌ای القای فلئورسانس کلروفیل) برای بررسی تفاوت بیوفیزیکی و پدیده شناسی مربوط به وضعیت فتوسیستم II با استفاده از دستگاه PAR-fluorPen FP 100-MAX در برگ‌های جوان توسعه یافته که حداقل ۲۰ دقیقه در تاریکی سازگار شده بودند محاسبه شد. بعد از سازگاری در تاریکی، حداقل فلئورسانس وقتی تمامی مراکز واکنش فتوسیستم II، باز هستند در ۵۰ میکروثانیه (F_0)، شدت فلئورسانس در مرحله J در ۲ میلی‌ثانیه (F_J)، شدت فلئورسانس در مرحله I در زمان ۶۰ میلی‌ثانیه (F_I)

[1] FluorPen

و حداکثر فلئورسانس وقتی تمام مراکز واکنش فتوسیستم II، بسته هستند بین ۳۰۰ میلی ثانیه تا یک ثانیه (F_M)، شدت فلئورسانس متغیر (F_V)، فلئورسانس متغیر نسبی در مرحله حد واسط J (V_J؛ رابطه ۱)، فلئورسانس متغیر نسبی در مرحله حد واسط I (V_I؛ رابطه ۲)، حداکثر فلئورسانس متغیر نسبی (F_M/F_0)، حداکثر کارایی فتوسیستم II (F_V/F_M یا Φ_{P0}؛ رابطه ۳)، محاسبه شد. محاسبات با استفاده از نرم افزار PAR-Fluorpen ورژن ۱ انجام شد.

داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS نسخه‌ی ۹/۱ تجزیه گردید و میانگین‌ها با آزمون دانکن (Dunkan) در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

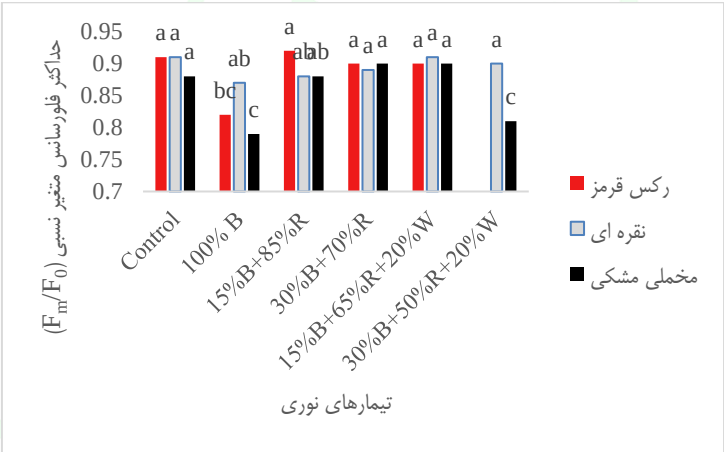
رابطه ۱) $V_J= (F_J-F_0)/(F_M-F_0)$

رابطه ۲) $V_I= (F_I-F_0)/(F_M-F_0)$

رابطه ۳) Fv/Fm یا $\Phi_{P0}= 1- (F_0/F_m)$*

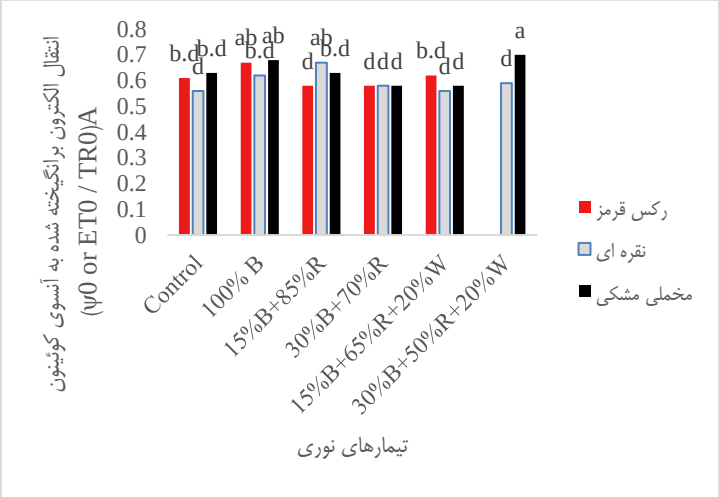
نتایج و بحث

تیمارهای مختلف از نظر میزان حداکثر فلورسانس متغیر نسبی (F_m/F_0) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (شکل ۱). کمترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰٪ آبی رقم مخملی مشکی (۰/۷۹) و تیمار ترکیبی ۳۰٪ آبی + ۵۰٪ قرمز + ۲۰٪ سفید (۰/۸۱) مشاهده شد (شکل ۱). مقدار بسیار کمی از انرژی نور جذب شده توسط فلورسانس آزاد می‌شود و بخش بزرگی از نور جذب شده برای هدایت فتوسنتز استفاده می‌شود که از آن به عنوان خاموش کننده فتوشیمیایی یاد می‌شود. نتایج پژوهش حاضر تائید می‌کند که توسعه دستگاه فتوسنتزی به شدت نور و بلوغ برگ‌ها وابسته است. کاهش زمانی اتفاق می‌افتد که عمل و ساختار PSII در اثر تنش آسیب دیده باشد (Souza et al. 2004). تحت شرایط تنش، مکانیزم‌های حفاظتی ممکن است به غشا آسیب وارد سازند (Souza *et al.* 2004). قرار گرفتن در معرض شدت نورهای مختلف می‌تواند جذب انرژی نورانی توسط دستگاه PSII را تغییر داده و در نهایت منجر به تغییر در فلورسانس کلروفیل شود (Lichtenthaler *et al.*, 2007).



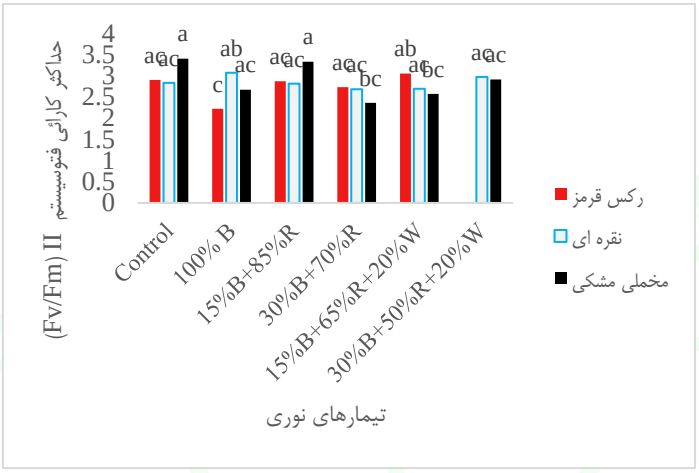
شکل ۱- اثر تیمارهای نوری مختلف (Control: شاهد نور معمولی گلخانه، 100% B: ۱۰۰٪ نور آبی، 15% B +85% R: ۱۵٪ نور آبی + ۸۵٪ نور قرمز، 30% B +70% R: ۳۰٪ نور آبی + ۷۰٪ نور قرمز، 15% B +65% R + 20% W: ۱۵٪ نور آبی + ٦۵٪ نور قرمز + ۲۵٪ نور سفید و 30% B +50% R + 20% W: ۳۰٪ نور آبی + ۵۰٪ نور قرمز + ۲۰٪ نور سفید) بر حداکثر فلورسانس متغیر نسبی (Fm/F0) برای گیاه بگونیا با استفاده از آزمونچند دامنه‌ایدانکن، $p\leq0.05$

بیشترین میزان احتمال انتقال الکترون برانگیخته شده به آنسوی کوئینون A (ψ_0) در رقم مخملی مشکی و تیمار ترکیبی ۳۰٪ آبی + ۵۰٪ قرمز + ۲۰٪ سفید (۰/۷۰) به‌دست آمد (شکل ۲). در رقم رکس قرمز بالاترین مقادیر ψ_0 در تیمار ۱۰۰٪ آبی حاصل شد (۰/۶۷) (شکل ۲). در رقم نقره‌ای تفاوت معناداری میان تیمارها مشاهده نشد (شکل ۲).



شکل ۲- اثر متقابل رقم و تیمارهای نوری مختلف (Control: شاهد نور معمولی گلخانه، 100% B: ۱۰۰٪ نور آبی، 15% B +85% R: ۱۵٪ نور آبی + ۸۵٪ نور قرمز، 30% B +70% R: ۳۰٪ نور آبی + ۷۰٪ نور قرمز، 15% B +65% R + 20% W: ۱۵٪ نور آبی + ٦٥٪ نور قرمز + ۲۵٪ نور سفید و 30% B +50% R + 20% W: ۳۰٪ نور آبی + ۵۰٪ نور قرمز + ۲۰٪ نور سفید) بر احتمال انتقال الکترون برانگیخته شده به آنسوی کوئینون A (ψ0) برای گیاه بگونیا با استفاده از آزمونچند دامنه-ایدانکن، $p \leq 0.05$

بیشترین میزان حداکثر کارایی فتوسیستم II (F_v/F_m) (۳/۴۰ و ۳/۳۳) در رقم مخملی مشکی و تیمار شاهد و تیمار ترکیبی ۱۵٪ آبی و ۸۵٪ قرمز به‌دست آمد (شکل ۳). کمترین مقدار F_v/F_m (۲/۲۲) در رقم رکس قرمز و تیمار ۱۰۰٪ آبی مشاهده شد (شکل ۳). در رقم نقره‌ای بالاترین مقادیر F_v/F_m در تیمار ۱۰۰٪ آبی حاصل شد (۳/۰۷) (شکل ۳). در رقم رکس قرمز نیز بیشترین مقدار F_v/F_m در تیمار ترکیبی ۱۵٪ آبی + ۶۵٪ قرمز + ۲۵٪ سفید به‌دست آمد (شکل ۳). این نتیجه نشان می‌دهد که این ترکیبات نوری مورد بررسی در سطوح بدون تنش می‌تواند باعث توسعه سریع دستگاه فتوسنتز و مکانیسم‌های محافظت از نور در مراحل اولیه رشد گیاه شود. علی‌نیایی فرد و سیفی کلهر (۱۳۹۶) در گیاه برگ بیدی (*Tradescantia virginiana*) نیز نشان دادند که افزایش نسبت نور آبی به قرمز باعث افزایش سطح نقطه اشباع نوری نشد. گیاهان پرورش یافته تحت نور آبی مقدار کلروفیل پائین‌تری نسبت به گیاهان پرورش یافته تحت نور ترکیبی دارند و در نتیجه فتوسنتز و رشد آنها نیز کمتر است. یکی از دلایل کاهش فتوسنتز در اثر نور آبی ممکن است افزایش اتلاف انرژی نورانی به صورت گرما و حفاظت حاصله به علت فعال شدن فرونشاندن غیرفتوشیمیائی در گیاه باشد (علی‌نیایی فرد و سیفی کلهر، ۱۳۹۶).



شکل ۳- اثر تیمارهای نوری مختلف (Control: شاهد نور معمولی گلخانه، 100% B: ۱۰۰٪ نور آبی، 15% B +85% R: ۱۵٪ نور آبی + ۸۵٪ نور قرمز، 30% B +70% R: ۳۰٪ نور آبی + ۷۰٪ نور قرمز، 15% B +65% R + 20% W: ۱۵٪ نور آبی + ٦٥٪ نور قرمز + ۲۵٪ نور سفید و 30% B +50% R + 20% W: ۳۰٪ نور آبی + ۵۰٪ نور قرمز + ۲۰٪ نور سفید) بر حداکثر کارائی فتوسیستم II(Fv/Fm) برای گیاه بگونیا با استفاده از آزمونچند دامنه‌ایدانکن، $p\leq 0.05$

منابع

حاجی بلند، ر؛ و فرهنگی، ف. ۱۳۸۹. رشد، رنگیزه‌های برگ و فتوسنتز گیاه شلغم (*Brassica rapa*) تحت کمبود بور و شدت‌های مختلف نور. علوم دانشگاه تهران. ۳۶: ۸-۱.

علی نیایی فرد، س و سیفی کلهر، م. ۱۳۹۶. اثر نور آبی بر فتوسنتز گیاه برگ بیدی (*Tradescantia virginiana*) شرایط اختلاف فشار بخار آب متفاوت. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۳۰ (۲): ۴۲۸-۴۲۰.

Schiefthaler, U., Russell, A.W., Bolhar-Nordenkampf, H.R., Critchley, C. 1999. Photoregulation and photodamage in Schefflera arboricola leaves adapted to different light environments. Plant Physiology, 26: 485-494.

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(3): 225-230.

Bula R.J., Morrow R.C., Tibbitts T.W., Ignatius R.W., Martin T.S., Barta D.J. 1991. Light emitting diodes as a radiation source for plants. HortScience, 26: 203–205.

Massa, G.D., Kim, H.H., Wheeler, R.M., Mitchell, C.A. 2008. Plant productivity in response to LED lighting. HortScience, 43:1951-1956.

Miyashita, Y., Kitaya, Y., Kozai, T., Kimura, T. 1995. Effects of red and far-red light on the growth and morphology of potato plantlets *in vitro*: Using light emitting diodes a light source for micropropagation. *Acta Horticulturae*, 393, 189-194.

Stutte, G.W. 2009. Light-emitting diodes for manipulating the phytochrome apparatus. HortScience, 44: 231–234.

Lichtenthaler, H.K., Ač A., Marek, M.V., Kalina, J., Urban, O. 2007. Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species. Plant Physiology and Biochemistry, 45:577–588

Souza, R., Machado, E., Silva, J., Lagôa, A., Silveira, J. 2004. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. Environmental and Experimental Botany, 51:45–56

Strasser, R.J., Srivastava, A.,Tsimilli-Michael, M. 2000. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. Probing photosynthesis: mechanisms, regulation and adaptation, 25: 445-483.

Tripathy, B.C., Brown, C.S. 1995. Root-shoot interaction in the greening of wheat seedlings grown under red light. Plant Physiol, 107: 407–411.

Wollaeger, H., Runkle, E. 2014. Growing seedings under LEDs: part two. Greenhouse Grower. Available at: https://www.greenhousegrower.com/production/plant-culture/growing-seedlings-under-leds-part-two. (visited 20 November 2018).

Effect of different light spectra on photosynthesis yield of *Begoni rex*

Abstract

The growth and development of ornamental plants are influenced by light intensity and quality. The quality of light received by the leaves affects the photosynthesis of the plant. In the present study, the effect of different light spectra on the photosynthetic efficiency of begonia rex was investigated. In this study, the effects of light spectrum on photosynthesis were analyzed using OJIP test, which is one of the most accurate methods for calculating photosynthetic efficiency in plants. Experiment in a commercial greenhouse with six growth chambers equipped with normal greenhouse light (control), 100% blue light, 15% blue light + 85% red light, 30% blue light + 70% red light, 15% blue light + 65% red light + 20% white light and 30% blue light + 50% red light + 20% white light, on four-leaf seedlings of three begonia rex cultivars (Red, Silver and Black Velvet). After five weeks of placing plants under different lights with a light period of 15 hours of light and 9 hours of darkness with a light intensity of 100 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$, photosynthetic biophysical parameters were measured. The highest quantum yield of PSII (FV/FM) and relative maximal variable fluorescence (F_m/F_0) were obtained in Begonia cv. Black velvet in 15% blue + 85% red treatment. The results of the present study showed that combined light treatments had the greatest effect on increasing photosynthetic efficiency and blue light and control had the least effect.

***Keywords*:** Leaf chlorophyll fluorescence, Light quality, Morphology, OJIP-test, Photosynthesis.