

ESPECTROS LUMINOSOS NO DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Curcuma longa* CULTIVADAS *IN VITRO*

Meire Pereira de Souza Ferrari¹
 Dirlane Antoniazzi¹
 Andressa Bezerra Nascimento²
 Larissa Fiama Franz³
 Camila Silva Bezerra³
 Héliida Mara Magalhães^{1,4}

FERRARI, M. P. de S.; ANTONIAZZI, D.; NASCIMENTO, A. B.; FRANZ, L. F.; BEZERRA, C. S.; MAGALHÃES, H. M. Espectros luminosos no desenvolvimento de plântulas de *Curcuma longa* cultivadas *in vitro*. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR*, Umuarama, v. 19, n. 4, p. 247-251, out./dez. 2016.

RESUMO: *Curcuma longa* é uma espécie asiática perene e rizomatosa com grandes propriedades medicinais, alimentícias e ornamentais. No processo micropropagativo carece de muitas informações dentre a faixa espectral mais adequada ao seu desenvolvimento. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes filmes espectrais no desenvolvimento de plântulas de *C. longa* cultivadas *in vitro*. Para tanto, brotações de *C. longa* foram inoculadas em meio *Murashig* e *Skoog* e suplementado com 30 g/L de sacarose, 6,5 g/L de ágar 4, 44 µM/L de Benzil aminopurina (BAP) e 1,08 µM/L ácido naftaleno acético (ANA). O pH do meio foi ajustado para 5,8. Os brotos foram submetidos a diferentes intensidades e qualidade espectral de luz: branco, vermelho, amarelo, azul e verde. As plântulas foram mantidas em sala de crescimento em luz constante de 25°C e fotoperíodo de 24 horas por 145 dias. Foram avaliadas características morfológicas e anatômicas. Os resultados obtidos demonstraram que as diferenças espectrais propiciaram diferenças no desenvolvimento das plântulas de *C. longa* e também na contaminação *in vitro*. O diâmetro da base das plântulas, a massa seca e fresca da parte aérea e raiz foram influenciadas pelas diferentes faixas espectrais, sendo que de modo geral os filmes, amarelo e branco foram os que propiciaram maiores valores para essas características. Já o filme verde foi o que menos favoreceu o ganho de massa das plântulas, além disso, alta taxa de contaminação foi observada na presença desse filme.

PALAVRAS-CHAVE: Açafrão-da-terra. Filmes coloridos. Micropropagação. Morfologia.

LUMINOUS SPECTRUM IN THE DEVELOPMENT OF *IN-VITRO* *Curcuma longa* SEEDLINGS

ABSTRACT: *Curcuma longa* is a perennial Asiatic rhizomelic species with important medicinal, food and ornamental properties. However, its micro-propagation process lacks information regarding the most adequate spectral range for its development. Thus, this work aimed to evaluate different spectrum films in the development of *in vitro* *C. longa* seedlings. In order to do this, *C. longa* sprouts were inoculated in *Murashig* and *Skoog* media supplemented with 30 g/L of sucrose, 6.5 g/L of agar 4, 44 µM/L of benzylaminopurine (BAP) and 1.08 µM/L naphthalene acetic acid (ANA). The pH was adjusted to 5.8. Sprouts were put under different light spectrum intensity and quality: white, red, yellow, blue and green. The seedlings were maintained in a growth room with constant light at 25 °C and a 24-hours photoperiod for 145 days. Morphological and anatomical characteristics were analyzed. The results demonstrated that spectral differences propitiated differences in the development of *C. longa* seedlings, and also in the *in vitro* contamination. The seedling base diameter, aerial and root dry and fresh mass were influenced by the different spectral ranges, with the yellow and white ranges being those that resulting the highest values for each characteristic. The green spectrum was the least favorable for the seedling regarding mass gain, as well as presenting the highest contamination rate.

KEYWORDS: Coloured film. Micropropagation. Morphology. Turmeric.

ESPECTROS LUMINOSOS EN EL DESARROLLO DE PLÂNTULAS DE *Curcuma longa* CULTIVADAS *IN VITRO*

RESUMEN: *Curcuma longa* es una especie rizomélica asiática perenne con grandes propiedades medicinales, alimenticias y ornamentales. En el proceso de micropropagación no se dispone de informaciones sobre el rango espectral más adecuado para su desarrollo. Así, el objetivo de ese trabajo fue evaluar distintos espectros en el desarrollo de plântulas de *C. longa* cultivadas *in vitro*. Para esto, se inocularon los brotes de *C. longa* en medio *Murashig* y *Skoog* suplementados con 30 g/L de sacarosa, 6,5 g/L de ágar 4, 44 µM/L de Benzilaminopurina (BAP) y 1,08 µM/L de ácido naftaleno acético (ANA). El pH de lo medio fue ajustado para 5.8. Los brotes fueron sometidos a diferentes intensidades y calidad de espectro luz: blanco, rojo, amarillo, azul y verde. Las plântulas se mantuvieron en un salón de crecimiento con luz constante a 25°C y fotoperíodo de 24 horas durante 145 días. Se evaluaron características morfológicas y anatômicas. Los resultados obtenidos demostraron que

DOI: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v19i4.2016.6104>

¹Universidade Paranaense, Mestrado e Doutorado em Biotecnologia Aplicada à Agricultura, Pç. Mascarenhas de Moraes, 4282, CEP 87502-210, Umuarama, Brasil. meire.ferrari@ifpr.edu.br; dirantoniazzi@hotmail.com

²Acadêmica do curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Paranaense, andressa.bnascimento@hotmail.com

³Acadêmicas do curso de Farmácia, Universidade Paranaense, larissa_franz@hotmail.com; camila-00@hotmail.com

⁴Autor para correspondência: helidamara@unipar.br, (+55) (44) 3621-2830

las diferencias espectrales propiciaron diferencias en el desarrollo de plántulas de *C. longa* y sobre la contaminación *in vitro*. El diámetro de la base de las plántulas, la masa seca y fresca de la parte aérea y raíces fueron influenciadas por los diferentes rangos espectrales, siendo que el amarillo y el blanco fueron los que propiciaron valores más altos para esas características. La película verde fue la menos favorable a la plántula en gano de masa, además, alta tasa de contaminación se ha observado en la presencia de esa película.

PALAVRAS CLAVE: Açafrão de la tierra. Micropropagación. Morfología. Películas coloridas.

Introdução

O desenvolvimento vegetal é mediado por inúmeros eventos complexos que resultam em respostas e padrões morfológicos distintos. Fatores endógenos como os genéticos, fisiológicos e bioquímicos (YOSHIDA et al., 2014) e os fatores exógenos como o solo, luz, temperatura e umidade (HATFIELD; PRUEGER, 2015) exercem influência direta sobre os padrões morfológicos, de crescimento e produtivos em uma planta. A compreensão como cada um desses fatores influenciam essas características têm sido alvo de muitas pesquisas, especialmente nas últimas décadas, principalmente, com o advento de técnicas biotecnológicas. O entendimento desses fatores levou a elucidação de muitos fenômenos e respostas ligadas ao desenvolvimento das plantas, o que contribuiu para a melhoria de processos produtivos, reduzindo custos operacionais e tempo de produção (HATFIELD; PRUEGER, 2015).

Dentre os fatores exógenos que influenciam no desenvolvimento vegetal, a luz tem grande importância não somente pelo seu papel no processo de fotossíntese, mas também no processo de fototropismo e fotomorfogênese (HAN et al., 2007; CHRISTIE; MURPHY, 2013). No cultivo *in vitro* de plantas a fotossíntese é mínima, pois a plântula em desenvolvimento tem suas necessidades de carbono supridas pela adição de sacarose no meio de cultura (YASEEN et al., 2013; GAGO et al., 2014). Já o fototropismo, também não é tão relevante nas condições *in vitro*, no entanto, em relação à fotomorfogênese a luz tem papel direto nas respostas morfofisiológicas do vegetal, portanto, interessa a elucidação de sua influência sobre as plântulas em crescimento (GEORGE et al., 2008).

As três grandezas físicas da luz que mais influenciam no crescimento *in vitro* e na morfogênese são: a duração da exposição à luz ou fotoperíodo, a densidade de fluxo e o comprimento de onda (GEORGE et al., 2008). Geralmente nas salas de crescimento a luz branca fria emitida por lâmpadas fluorescentes é a mais utilizada. No entanto, o emprego de outras faixas espectrais como o vermelho, azul, verde e amarelo ou a combinação entre eles resultam em incrementos ou redução no desenvolvimento de espécies mantidas *in vitro* (GU et al., 2012; CHEN et al., 2014).

Curcuma longa é uma espécie oriunda da Ásia, perene, herbácea apresenta um caule subterrâneo nomeado de rizomas. Pertencente à família Zingiberaceae, no Brasil é conhecida como açafrão-da-terra (PINTO; GRAZIANO, 2003). Essa espécie possui muitas utilidades dentre elas destacam-se: a medicinal com potencial antiinflamatório, antioxidante, antitumoral (CHAINANI, 2003; GREEN; MITCHELL, 2014), na cosmética para a fabricação de loções corporais e hidratantes (GONÇALVES et al., 2014), na alimentar e paisagística na ornamentação de jardins e composição de arranjos (PINTO; GRAZIANO, 2003). Além disso, o seu óleo essencial rico em curcumina (ARAUJO; LEON, 2001; CHAINANI, 2003) tem potencial para uso antimicrobiano (RAO; MITTAL, 2014).

Poucos trabalhos têm avaliado diferenças espectrais de luz no padrão de desenvolvimento *in vitro* das Zingiberaceae associados a estudos anatômicos, especialmente do gênero *Curcuma*, cujos trabalhos se concentraram em avaliar a ausência ou presença da luz, ou o fotoperíodo (HASHEMY et al., 2009). As diferenças espectrais absorvidas pelo fluorocromo induzem a uma rápida mudança na expressão do gene e no fluxo de íons que conduz a mudanças no crescimento, desenvolvimento ou posição de um órgão (GEORGE et al., 2008). *In vitro*, os estudos apontam que a qualidade espectral que afeta a anatomia das folhas, parecem exercer maiores efeitos durante a expansão foliar (DIGNART et al., 2009) fato esse comprovado para *Laelia purpurata* que propiciaram diferenças significativas na epiderme e na espessura do mesofilo (SILVA JUNIOR et al., 2012) e também para *Solanum lycopersicum* (YING et al., 2011).

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar diferentes filmes espectrais no desenvolvimento de plântulas de *C. longa* cultivadas *in vitro*.

Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos no laboratório de Biologia Molecular e Cultura de Tecidos Vegetais da Universidade Paranaense – UNIPAR. Os rizomas de *C. longa* (açafrão-da-terra) foram adquiridos da Cooperativa dos Produtores de Açafrão de Mara Rosa Goiás – COOPER-AÇA-FRÃO em setembro de 2014. No laboratório os rizomas foram selecionados eliminando-se os trincados, murchos e com sintomas de doenças, mantendo-se apenas os mais vigorosos sem controle de temperatura e umidade até a implantação dos experimentos. Para a instalação dos ensaios foram utilizadas brotações emitidas pelos rizomas. Essas foram removidas do mesmo com auxílio de um bisturi, em seguida foram padronizadas para o comprimento de aproximadamente 1,5 cm \pm 0,3. Os brotos foram esterilizados em hipoclorito de sódio 2% por 20 minutos sob agitação e lavados com água deionizada e autoclavada por três vezes.

Inoculação no meio de cultura

As brotações providas da fase de assepsia foram inoculadas em frascos de vidro transparente com capacidade de 350 mL, contendo meio de cultura Murashige e Skoog (MS) (MURASHIGE; SKOOG, 1962) suplementados com 30 g/L de sacarose; 6,5 g/L de ágar e pH ajustado para 5,8. Foram acrescidos ao meio de cultura dois reguladores de crescimento 4,44 μ M/L de Benzilaminopurina (BAP) e 1,08 μ M/L ácido naftalenoacético (ANA) o pH do meio foi ajustado para 5,8 (PRAKASH; STADEN 2008). Em seguida, os meios foram autoclavados à 121°C e 1,5 atm por 20 minutos. A inoculação foi realizada em câmara asséptica e os brotos dispostos individualmente nos frascos contendo 50 mL do meio de cultura, fechados com tampas plásticas transparentes e vedados com filme de policloreto de polivinila (PVC).

Os frascos foram envoltos por cinco filmes coloridos

dos de celulose regenerada (celofane) nas cores vermelha (~625-440nm), azul (~440-485nm), 42 verde (~500-565nm) e amarela (~565-590) foi utilizado um controle com luz branca fria fluorescente. O material foi mantido em câmara de crescimento por 145 dias à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e submetidas à intensidade luminosa de 3600 luxes (medida por meio do aparelho luxímetro), com fotoperíodo de 24 horas luz. Após 145 dias as seguintes características foram avaliadas: número de brotações e folhas, porcentagem de contaminação total de fungos e bactérias presentes e a oxidação dos explantes. Comprimento da parte aérea e raiz (mm) e diâmetro longitudinal da base das brotações (mm) mensurados com auxílio de um paquímetro digital. Matéria seca e fresca da parte aérea e da raiz. Para a mensuração da matéria seca o material vegetal foi separado e acondicionado em sacos de papel, e em seguida foram mantidos em estufa de circulação de ar por 65°C até obter massa constante, aproximadamente quatro dias.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos (filmes coloridos), com cinco repetições e quatro frascos por parcela, totalizando 120 parcelas. Os dados obtidos foram submetidos análise de variância (ANOVA) a 5% ($p \leq 0,05$) de probabilidade. Quando pertinente as médias comparadas pelo teste *Tukey* ao nível de 5% ($p \leq 0,05$) utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

Tabela 1: Número de brotações (NB), número de folhas (NF), contaminação (CON%), oxidação (OX %) comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CPR) (mm), diâmetro da base (DB) (mm), matéria fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz (MFR), matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSRA).

Tratamentos	NB	NF	CON (%)	OX (%)	CPA (mm)	CPR (mm)	DB (mm)	MFPA (g)	MFRA (g)	MSPA (g)	MSRA (g)
Branca	3,56	14,85	12,5 c	0 a	67,70	80,45	6,21a	5.83 a	7.06 a	0.36 a	0.33a
Azul	3,19	13,25	0,0 c	0 a	74,88	89,96	7,66 a	1.36 b	3.41 b	0.14 b	0.175 b
Verde	1,25	10,25	87,5 a	6,25 a	27,87	23,71	2,45b	1.92 b	1.90 b	0.09 b	0.07 b
Vermelho	2,99	9,37	56,25 b	0 a	66,32	55,15	3,60 b	5.18 a	4.26 b	0.13 b	0.19 b
Amarelo	2,65	20,47	6,25 c	6,25 a	67,95	64,74	8,93 a	5.44 a	9.95 a	0.32 a	0.33 a

* médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste *Tukey* ($p \leq 0,05$)

As respostas fisiológicas e morfológicas em plantas com o uso de diferenças espectrais já foram relatadas para um grande número de espécies, contudo para a família Zingiberaceae os estudos são escassos. Essas respostas são em sua grande maioria associadas aos fitocromos, os quais são fotorreceptores sensíveis a luz vermelha, vermelha distante e azul (CHRISTIE; BRIGGS, 2001). Nas plantas, as principais respostas verificadas foram eventos bioquímicos rápidos e mudanças morfológicas (ROCKWELL et al., 2006; CHRISTIE; MURPHY, 2013).

No presente estudo, as diferentes faixas espectrais favoreceram também a contaminação no meio de cultura principalmente nos tratamentos verde e vermelho. A ação e o tipo de fitocromo em plantas e algumas bactérias já foram constatados em muitos estudos, recentemente ensaios demonstraram também a presença dessas proteínas em fungos (CORROCHANO, 2007). Em *Aspergillus nidulans* os autores sugeriram que a interação entre a luz vermelha e azul propiciou diferenças morfológicas e fisiológicas mediadas pelo fitocromo A e proteínas presentes no núcleo (PURSCHWITZ et al., 2008). A resposta obtida com os microrganismos pode ser em função da presença dos fitocromos, principalmente em relação à luz vermelha cujos trabalhos indicam sua in-

Resultados e Discussão

Houve diferenças estatísticas entre as malhas coloridas para as características avaliadas em *C. longa*. A porcentagem de contaminação, diâmetro da base, massa seca e fresca da parte aérea e raiz apresentaram diferenças entre si ($p \leq 0,05$), já as demais variáveis não apresentaram diferenças entre os tratamentos avaliados (Tabela 1).

Para a variável contaminação, o tipo de filme afetou severamente a presença ou ausência de fungos e bactérias, sendo que no filme verde foi constatada a maior presença de contaminação (87,5 %), seguida da vermelha, branca, amarela. O filme azul não apresentou contaminação, sendo o melhor tratamento para essa característica (Tabela 1). Com relação ao diâmetro da base das brotações, os maiores valores foram observados nos tratamentos amarelo, azul e branco, seguidos do vermelho e verde os quais não diferiam entre si (Tabela 1). As maiores médias para a matéria fresca da parte aérea foram constatadas nos filmes branco, vermelho e amarelo, seguidos do azul e verde. Já as características matéria fresca e seca da raiz e matéria seca da parte aérea, os resultados foram similares, sendo os melhores tratamentos aqueles observados para o filme branco e amarelo (Tabela 1).

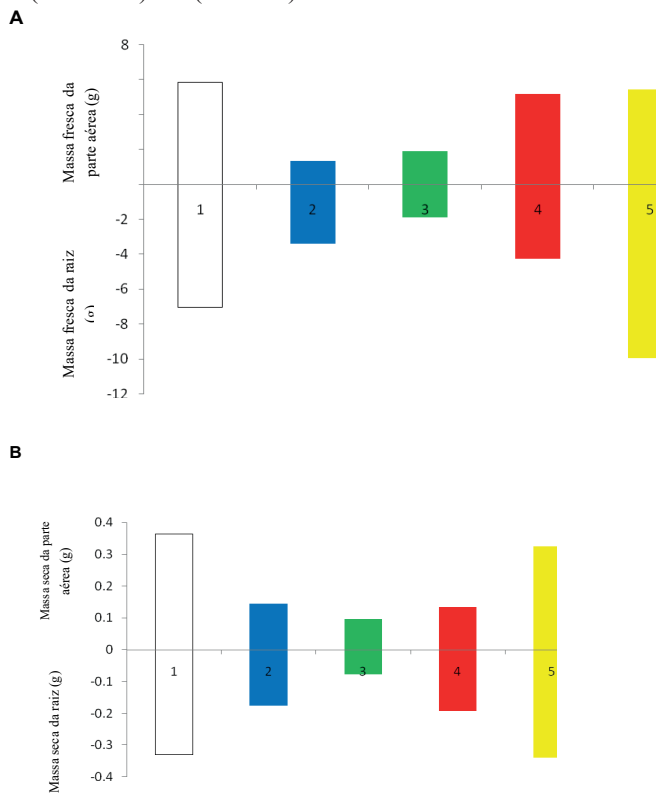
terferência.

Para *C. longa* as diferenças espectrais afetaram o diâmetro da base das plântulas e tanto a massa fresca e seca da parte aérea e da raiz. Resultados para *Anthurium andraeanum* (antúrio) indicaram o favorecimento da matéria fresca e seca na combinação de luz vermelha + azul, seguido pela luz branca (GU et al., 2012). Resultados similares também foram observados para a massa fresca da parte aérea de *Saccharum officinarum* (cana) (MALUTA et al., 2013). No presente estudo, a luz branca vermelha e a amarela incrementaram em maior quantidade de massa fresca da raiz e parte aérea. Além disso, observou-se que os filmes coloridos propiciaram uma acentuada diferença entre ganho na parte aérea e na raiz (Fig 1A). O filme vermelho propiciou um incremento a mais de 17,81% da parte aérea quando comparado com a raiz, no entanto, no amarelo houve um incremento em 22,5% de matéria fresca da raiz quando comparado com a parte aérea (Figura 1).

Também no sistema radicular de *A. andraeanum* (antúrio) a combinação de luz vermelha + azul, seguido pela luz branca favoreceu ganhos em massa tanto do tecido fresco e seco (GU et al. 2012). No presente estudo, as maiores médias em massa foram observadas no filme amarelo e branco. Com relação à matéria seca da raiz as diferenças entre os

ganhos da parte área e raiz foram pequenas (Fig. 1B). Portanto, esses resultados indicam que respostas de crescimento são distintas para a massa da parte área e raiz conforme a diferença espectral (Figura 1).

Figura 1: Matéria seca e fresca de plântulas de *Curcuma longa* avaliadas aos 132 dias após a inoculação *in vitro* e submetidas a cinco filmes coloridos (1) branco, 2 (azul), 3 (verde), 4 (vermelho) e 5 (amarelo).



Resultados de ensaios com diferentes faixas espectrais demonstram uma grande variação de respostas em função das espécies. Algumas explicações podem ser generalizadas, no entanto, essas variações são em sua grande maioria distintas não somente para a espécie, mas também entre cultivares. Esse padrão foi verificado em abacaxi onde a luz vermelha foi mais eficiente que a luz branca no incremento de matéria seca de plântulas de abacaxi pertencente às cultivares Vitória e IAC fantástico (COUTO et al., 2014). *In vitro* grande parte dos trabalhos demonstraram que a luz vermelha + azul tem um papel no ganho de massa tanto da raiz como da parte área (GU et al., 2012; MALUTA et al., 2013).

Em outras espécies, parâmetros como número de brotações e folhas não foram influenciados por diferentes espectros testados em *Malus domestica* (maçã) (ERIG; SCHUCH 2006), *Cattleya loddigesii* (orquídea) (GALDIANO JÚNIOR et al., 2012). Contudo, para o comprimento da parte aérea e da raiz, os espectros foram fundamentais para incrementar essas características conforme demonstrado em estudos com *Oryza sativa* (arroz) (CHEN et al., 2014), *A. andraeanum* (antúrio) (GU et al. 2012), *Cattleya loddigesii* (orquídea) (ARAÚJO et al., 2009), híbridos de *Cattleya* (URBAN et al., 2007) e *Brassica campestris* L. (LI et al., 2012). Naturalmente as plantas se desenvolvem sob luzes variadas compostas de uma mistura em qualidade e quantidade, o que promove a ativação de vários fotorreceptores, dentre eles,

os fitocromos (ROCKWELL et al., 2006). Essas proteínas são responsáveis por desempenhar vários papéis importantes como: regulação da expressão gênica, alterações de membrana, germinação das sementes, ciclos circadianos. Ressalta-se que existem várias famílias de fotorreceptores (CHRISTIE; BRIGGS, 2001). As respostas observadas nesse ensaio para *C. longa* provavelmente foram mediadas por essas proteínas, no entanto, pesquisas também tem sido conduzidas para elucidar sua ação nos hormônios, principalmente auxinas, citocininas e ácidos giberélico (NEMHAUSER; CHORY, 2002).

Conclusões

O espectro luminoso verde favoreceu a contaminação dos explantes, portanto, não deve ser utilizado. Se o objetivo é produzir ganho de massa das plântulas, as faixas espectrais, branca e amarela são as mais recomendadas.

Referências

- ARAÚJO, A. G. et al. Crescimento *in vitro* de *Cattleya loddigesii* Lindl. em diferentes espectros luminosos associado ácido giberélico. **Revista Ceres**, v. 56, n. 5, p. 542-546, 2009.
- ARAÚJO, C. A. C.; LEON, L. L. Biological activities of *Curcuma longa* L. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 96, n. 5, p. 723-728, 2001.
- CHAINANI, W. Safety and anti-inflammatory activity of curcumin: a component of tumeric (*Curcuma longa*). **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 9, n. 1, p. 161-8, 2003.
- CHEN, C. et al. Effects of light quality on the growth, development and metabolism of rice seedlings (*Oryza sativa* L.). **Research Journal of Biotechnology**, v. 9 n. 4, p. 15-24, 2014.
- CHRISTIE, J. M.; BRIGGS, W. R. Blue light sensing in higher plants. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 276, n. 15, p. 11457-11460, 2001.
- CHRISTIE, J. M.; MURPHY, A. S. Shoot phototropism in higher plants: new light through old concepts. **American Journal of Botany**, v. 100, n. 1, p. 35-46, 2013.
- CORROCHANO, L. M. Fungal photoreceptors: sensory molecules for fungal development and behavior. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 6, p. 725-736, 2007.
- COUTO, T. R. et al. Eficiência fotossintética e crescimento de genótipos de abacaxizeiro cultivados *in vitro* em diferentes qualidades de luz, tipos de frasco de cultivo e concentrações de sacarose. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 459-466, 2014.
- DIGNART, S. L. et al. Luz natural e concentrações de sacarose no cultivo *in vitro* de *Cattleya walkeriana*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 780-787. 2009.
- ERIG, A. C.; SCHUCH, M. W. Ação da

- 6-benzilaminopurina e da qualidade da luz na multiplicação *in vitro* de macieira (*Malus domestica* Borkh.) cvs. galaxy e mastergala. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 151-155, 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GAGO, J. et al. Modelling the effects of light and sucrose on *in vitro* propagated plants: a multiscale system analysis using artificial intelligence technology. **PloS One**, v. 9, n. 1, p 1-11, 2014.
- GALDIANO JÚNIOR, et al. Crescimento *in vitro* e aclimatização de *Cattleya loddigesii* Lindley (Orchidaceae) com carvão ativado sob dois espectros luminosos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 801-80, 2012.
- GEORGE, E. F. et al. **Plant propagation by tissue culture**. The Background: Springer, 2008, p.501.
- GONÇALVES, G. M. S. Use of *Curcuma longa* in cosmetics: extraction of curcuminoid pigments, development of formulations, and *in vitro* skin permeation studies. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 50, n. 4, p. 885-893, 2014.
- GREEN, C. E.; MITCHELL S. A. The effects of blanching, harvest time and location (with a minor look at postharvest blighting) on oleoresin yields, percent curcuminoids and levels of antioxidant activity of turmeric (*Curcuma longa*) rhizomes grown in Jamaica. **Modern Chemistry applications**, v. 2, n. 140, p. 2-9, 2014.
- GU, A. et al. Regeneration of *Anthurium andraeanum* from leaf explants and evaluation of microcutting rooting and growth under different light qualities. **Hortscience**, v. 47, n. 1, p. 88-92, 2012.
- HAN, Z. et al. A comparative study on the synergistic effect of expandable graphite with ammonium polyphosphate and IFR in polyethylene. **Journal of Fire Sciences**, v. 25, p. 79-91, 2007.
- HASHEMY, T. et al. Effects of light and cytokinin on *in vitro* micropropagation and microrhizome production in turmeric (*Curcuma longa*). **Plant Biotechnology**, v. 26, n. 2; p. 237-242, 2009.
- HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Temperature extremes: effect on plant growth and development. **Weather and Climate Extremes**, v. 10, p. 4-10, 2015.
- LI, H. et al. Effects of different light sources on the growth of non-heading chinese cabbage (*Brassica campestris*L.). **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 4, p. 252-273, 2012.
- MALUTA, F. A. et al. Cultivo *in vitro* de cana-de-açúcar exposta a diferentes fontes de luz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 9, p. 1303-1307, 2013.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F.A. Revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, p. 473-497, 1962.
- NEMHAUSER, J.; CHORY, J. **Photomorphogenesis**. The Arabidopsis Book: American Society of Plant Biologists, 2002. 12p.
- PINTO, R. C. A.; GRAZIANO, T.T. Potencial ornamental de curcuma. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 9, n. 2, p. 99-109, 2003.
- PRAKASH, S.; STADEN, J. V. Micropropagation of *Searsia dentata* *in vitro*. **Cellular and Developmental Biology – Plant**, v. 44, n. 4, p. 338-341, 2008.
- PURSCHWITZ, J. et al. Functional and physical interaction of blue- and red-light sensors in *Aspergillus nidulans*. **Current Biology**, v. 18, n. 4, p. 255-259, 2008.
- RAO, N.; MITTAL, S. An *in vitro* evaluation of the antimicrobial activity of *Curcuma longa* against selected pathogenic microorganisms. **Research Journal of Science and Technology**, v. 6, n. 2, p. 71-74, 2014.
- ROCKWELL, N. C. et al. Phytochrome structure and signaling mechanisms. **Annual Review Plant Biology**, v. 57, p. 837-858. 2006.
- SILVA JÚNIOR, J. M. et al. Variações anatômicas de *Laelia purpurata* var. *cárnea* cultivada *in vitro* sob diferentes intensidades e qualidade espectral de luz. **Ciência Rural**, v. 42, n. 3, p. 480-486, 2012.
- URBAN, T. C. et al. Effect of light wavelength on *in vitro* organogenesis of a cattleya hybrid. **Acta Biologica Cracoviensia - Series Botanic**, v. 49, n. 1, p. 113-11, 2007.
- YASEEN, M. et al. Review: role of carbon sources for *in vitro* plant growth and development. **Molecular Biology Reports**, v. 40, p. 2837-2849, 2013.
- YING, L. X. et al. Regulation of chloroplast ultrastructure, cross section anatomy of leaves, and morphology of stomata of cherry tomato by different light irradiations of light-emitting diodes. **Hortscience**. v. 46, n. 2, p. 217-221, 2011.
- YOSHIDA, S. et al. Genetic control of plant development by overriding a geometric division rule. **Developmental Cell**, v. 29, n. 1, p. 75-87, 2014.

Recebido em: 20.11.2016

Aceito em: 26.12.2017