

Uso de LEDs na multiplicação e enraizamento *in vitro* de framboeseiras¹

Paulo Sérgio Gomes da Rocha^{2*}, Roberto Pedroso de Oliveira³, Walkyria Bueno Scivittaro⁴

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso dos LEDs na multiplicação e enraizamento das framboeseiras cultivar Batum e Dorman Red. As brotações foram multiplicadas em meio MS contendo 30 g L⁻¹ de sacarose, 100 mg L⁻¹ de mio-inositol, 7 g L⁻¹ de ágar. Após multiplicadas, foram enraizadas em meio ½MS suplementado por 0,1 mg L⁻¹ de ANA. As brotações foram cultivadas em ambiente com temperatura de 25 ± 2 °C, 16 horas de fotoperíodo e luminosidade de 20 μmol m⁻² s⁻¹ fornecida por LEDs azuis, verdes, vermelhos, lâmpadas growlux e fluorescentes. O delineamento experimental utilizado foi um fatorial 5 x 2 com oito repetições. Os LEDs contribuem para o aumento da multiplicação e enraizamento *in vitro* das brotações de framboeseiras cultivar Batum e Dorman Red. Obtiveram-se as maiores porcentagens de enraizamento com a Batum (95,9%) e Dorman Red (90,2%) cultivadas sob os LEDs vermelhos, os quais contribuíram para o maior comprimento das brotações enraizadas. Para Batum, a maior quantidade de massa fresca e massa seca ocorreu sob lâmpadas fluorescentes (280,45 mg e 59,20 mg/brotação), e para Dorman Red foi sob LEDs vermelhos (271,45 e 64,45 mg/brotação).

Palavras-Chave: Luz. Micropropagação. Meio de cultura. Qualidade da luz.

LED - New light source for multiplication and rooting *in vitro* of raspberry

Abstract - The aim of this research was to evaluate the use of LEDs in multiplication and rooting of raspberry cultivars Batum and Dorman Red. Buds were multiplied on MS medium supplemented with 30 g L⁻¹ sucrose, 100 mg L⁻¹ myo-inositol, 7 g L⁻¹ agar. After multiplied they were rooted on ½ MS medium supplemented with 0.1 mg L⁻¹ NAA. In both phases the buds were grown at the temperature of 25 ± 2 °C, 16 h photoperiod and light of 20 mol m⁻² s⁻¹ provided by blue LEDs, green LEDs, red LEDs, lamps growlux and lamps fluorescent. The experimental was randomized design, and treatments were arranged in 5 x 2 factorial with eight replications. LEDs contribute to increased multiplication and rooting of shoots of cultivars raspberry Batum and Dorman Red. The highest rooting percentages were obtained with Batum (95.9%) and Dorman Red (90.2%) grown under red LEDs, which contributed to the greater length of the rooted shoots. The highest percentage of rooting for Batum (95.9%) and Dorman Red (90.2%) was obtained under red LEDs, as well as the length of the buds rooted. To Batum the largest amount of fresh and dry mass occurred under fluorescent (280.45 mg and 59.20 mg/bud), and Dorman Red was under red LEDs (271.45 and 64.45 mg/bud).

Key words: Micropropagation. Tissue culture. Light quality.

¹ Manuscrito recebido em 06/10/2013 e aceito para publicação em 12/08/2014.

^{2*} Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Av. Sete de Setembro, 1621, Cx. Postal 743, CEP 99700-000, Erechim, RS, Brasil. E-mail: rocha@uricer.edu.br.

³ Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: roberto.pedroso@embrapa.br.

⁴ Embrapa Clima Temperado, 96001-970, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: walkyria.scivittaro@embrapa.br.

Introdução

As frutas da framboeseira (*Rubus idaeus* L.) têm sido largamente consumidas, tanto *in natura* como processadas na forma de geleia, suco e iogurte. Nos últimos anos, a framboesa tem ocupado uma posição de destaque devido aos potenciais benefícios para a saúde, por apresentar em sua constituição diversos fitoquímicos, tais como flavonoides, taninos e ácidos fenólicos, os quais têm propriedades antioxidantes, antiinflamatórias e anticancerígenas (SEERAM et al., 2006).

A framboeseira pode ser propagada por vários métodos, e dentre eles podem-se citar estaquia de raízes, estacas enraizadas e mudas obtidas pelas técnicas de cultura de tecidos de plantas, sendo a última forma de propagação considerada a mais segura por este tipo de muda ser livre de patógenos, tais como vírus, fungos e bactérias (OLIVEIRA et al., 2009). Além disso, as técnicas de cultura de tecidos possibilitam produzir elevado número de mudas em espaço limitado e tempo relativamente curto (WU et al., 2009).

Os protocolos para a micropropagação da framboeseira existem há mais de 20 anos. Contudo, com o passar dos anos, ocorreram algumas modificações visando otimizar o processo de produção de mudas obtidas pela cultura de tecidos, como o ajuste da concentração de ferro no meio de cultura objetivando reduzir a clorose internerval das brotações micropropagadas (ZAWADZKA e ORLIKOWSKA, 2006). Avanços também ocorreram nas condições de cultivo dos explantes micropropagados, sendo os diodos emissores de luz (LEDs) a fonte de luz que ganhou destaque por possuir características ímpares em relação às fontes tradicionais e ter potencial para aplicação comercial (YEH e CHUNG, 2009; DING et al., 2010; ROCHA et al., 2010).

Os LEDs possuem características mais avançadas do que as lâmpadas fluorescentes e incandescentes, comumente usadas como fontes de radiação convencional. Dentre essas características, destacam-se: o comprimento de onda específico, pequena massa e volume, longo período de vida e baixo aquecimento, fato que contribui para a aquisição de um sistema de resfriamento menos potente e que, conseqüentemente, consumirá menos energia (ROCHA et al., 2010; ROCHA et al. 2013).

Existem alguns trabalhos de avaliação do uso dos LEDs como fonte de luz alternativa às lâmpadas tradicionais usadas na sala de cultivo *in vitro* de plantas em espécies como morangueiro (ROCHA et al., 2010) e orquídea (SKIN et al., 2008), entre outras. De acordo com esses autores, os LEDs têm contribuído para o aumento da quantidade de clorofila e carotenoides, número de brotações por explante e comprimento da brotação.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar os LEDs como fonte alternativa de luz na multiplicação e enraizamento *in vitro* de framboeseira Batum e Dorman Red.

Material e Métodos

O presente trabalho de multiplicação e enraizamento *in vitro* de framboeseiras (*R. idaeus*) foi conduzido no Laboratório de Cultura de Tecidos da Embrapa Clima Temperado, localizado em Pelotas, RS.

Para a fase de multiplicação, foram utilizadas como explantes brotações de framboeseiras das cultivares Batum e Dorman Red com 30 dias de cultivo *in vitro*, medindo aproximadamente 10 ± 2 mm de comprimento e contendo de 3 a 4 gemas. As brotações foram inoculadas em frascos de vidro com capacidade de 250 mL, contendo 40 mL de meio de cultura. O meio de cultura foi composto pelos sais e vitaminas do meio MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962), acrescido por mais 50% da concentração de ferro ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 30 g L⁻¹ de sacarose, 100 mg L⁻¹ de mio-inositol, 0,8 mg L⁻¹ de BAP (6-benzilaminopurina) e 7 g L⁻¹ de ágar (OLIVEIRA et al., 2009). O pH do meio de cultura foi ajustado para 5,8, após a adição do ágar e em seguida foi autoclavado a uma temperatura de 121 °C à 1,5 atm durante 20 minutos.

Os explantes foram cultivados em sala de crescimento com fotoperíodo de 16 horas, temperatura de 25 ± 2 °C e intensidade luminosa de 20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fornecida por diferentes fontes de luz (LEDs azuis-EDEB 3LA1 470 nm, LEDs verdes-EDET 3LA1 530 nm, LEDs vermelhos-EDER 3LA3 630 nm, lâmpadas growlux e lâmpadas fluorescente – tratamento controle), durante um período de 90 dias. Sendo a cada 30 dias transferidos para novo meio de cultura após a avaliação do número de brotações formadas por explante e comprimento médio da brotação.

Para a fase de enraizamento utilizou-se brotações com aproximadamente 20 mm de comprimento selecionadas do meio de multiplicação. As brotações foram cultivadas em meio de cultura MS com redução de 50% da concentração dos sais (½MS), acrescido de 30 g L⁻¹ de sacarose, 100 mg L⁻¹ de mio-inositol, 7 g L⁻¹ de ágar e 0,1 mg L⁻¹ de ANA (ácido naftaleno acético), sendo o pH ajustado para 5,8 (OLIVEIRA et al., 2009). Nessa fase, foi utilizado o mesmo número de explante e volume de meio de cultura por frasco e as mesmas condições de cultivo usadas na fase de multiplicação. Após 35 dias, foram avaliados a porcentagem de enraizamento, o número médio de raízes, o comprimento médio da brotação enraizada, massa fresca e massa seca das brotações sem as raízes.

Para a determinação da massa fresca e massa seca foram utilizadas 40 brotações de cada cultivar mantida sob cada tipo de luz. As brotações sem as raízes foram acondicionadas em saco de papel e posteriormente colocadas em estufas ventiladas com temperatura de aproximadamente 60 °C, até atingir peso constante.

O delineamento experimental utilizado, nas duas fases de cultivo, foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, sendo os fatores cultivar e fonte de luz. Foram utilizadas oito repetições por tratamento, sendo a unidade experimental constituída por um frasco contendo cinco explantes. A análise de variância e as médias dos tratamentos obtidas durante as duas fases de cultivos foram analisadas e comparadas pelo teste de Duncan. Os dados número médio de brotações por explante e número médio de raízes foram transformados em raiz quadrada de (x + 0,5), a porcentagem de enraizamento foi transformada em arco seno (x/100), sendo a média das demais variáveis sem transformação.

Resultados e Discussão

A interação entre fonte de luz e cultivar teve efeito significativo no número de brotações formadas por explante e comprimento médio das brotações (Tabela 1). O maior número de brotações formadas por explante foi obtido com a cultivar Batum cultivada sob os LEDs vermelhos EDER 3LA3 (4,47 brotações explante⁻¹), lâmpadas growlux (4,30 brotações explante⁻¹) e lâmpadas fluorescentes (4,02 brotações explante⁻¹),

não havendo diferença entre as três fontes de luz supracitadas. Por outro lado, observou-se que na cultivar Dorman Red o maior número de brotações (2,75 brotação explante⁻¹) ocorreu com os explantes cultivados sob o LEDs azuis EDEB 3LA1 e o menor número (1,86 brotações/plante) com os explantes cultivados sob as lâmpadas fluorescentes.

Essa diferença observada no número de brotações formadas por explante entre as duas cultivares utilizadas pode ser atribuída ao fator de ordem genética, pois, embora pertençam à mesma espécie, pode ocorrer variação entre variedades. Além disso, Oliveira e Nino (2009) já haviam demonstrado que a cultivar Batum é mais responsiva *in vitro* do que a Dorman Red, ao avaliarem o potencial de multiplicação de quatro cultivares de framboeseira. Dessa forma, esse mesmo fator que influenciou o número de brotações formadas por explante pode ter influenciado na determinação do tipo de luz mais adequado para a otimização do número de brotações formadas por explante.

Trabalhando com o porta-enxerto de videira Teleki 5BB, Heo et al. (2006) observaram não haver diferença no número de brotações formadas por explante cultivado sob os LEDs vermelhos (4,5 brotações), lâmpadas fluorescentes (4,0 brotações) e LEDs azuis (3,9 brotações). Avaliando a multiplicação *in vitro* da cultivar Batum cultivadas sob folha de filtro de luz de cor amarela, azul, vermelha e verde colocadas sobre os frascos Erig e Schuch (2005), obtiveram o maior número de brotações formadas com os explantes cultivados sob o filtro verde e filtro vermelho (3,55 e 3,14 brotações explante⁻¹, respectivamente).

Quanto ao comprimento médio da brotação, o maior comprimento (19,45 mm) foi obtido com as brotações da cultivar Dorman Red mantida sob os LEDs verdes EDET 3LA1, e o menor comprimento (14,01 mm) com as brotações cultivadas sob as lâmpadas fluorescentes. Por outro lado, com a cultivar Batum verificou-se que as brotações de maior comprimento foram aquelas cultivadas sob as lâmpadas growlux (16,02 mm), LEDs vermelhos EDER 3LA3 (15,66 mm) e LEDs azuis EDEB 3LA1 (14,86 mm), as quais não diferiram entre si. O menor comprimento das brotações da cultivar Batum também foi obtido sob as lâmpadas fluorescentes (13,61 mm) (Tabela 1). Kim et al. (2004) já haviam mostrado que o comprimento das

brotações de crisântemo cultivadas sob os LEDs vermelhos foi maior do que o das brotações mantidas sob as lâmpadas fluorescentes (50 e 25 mm, respectivamente).

Avaliando a resposta das brotações de morangueiro Akihime cultivadas sob diferentes fontes de luz, Nhut et al. (2003) verificaram que o comprimento das brotações cultivadas sob os LEDs vermelhos (7,9 cm) foi superior ao comprimento das brotações mantidas sob as lâmpadas fluorescentes (6,5 cm). Heo et al. (2006) mostram em seu trabalho com a qualidade da luz no porta-enxerto de videira Teleki 5BB que as brotações cultivadas *in vitro* sob os LEDs vermelhos apresentaram o dobro do comprimento daquelas mantidas sob as lâmpadas fluorescentes.

De modo geral, as brotações de maior comprimento são as mais desejáveis, não só por facilitarem a separação dos explantes multiplicados, como também por enraizarem mais facilmente quando induzidas em meio de cultura apropriado, podendo assim dispensar uma fase de cultivo para alongamento das brotações (ROCHA et al., 2010).

Na fase de enraizamento, observou-se interação entre os fatores fontes de luz e cultivar para as variáveis porcentagem de enraizamento, número médio de raízes e comprimento médio da brotação enraizada. O maior percentual de enraizamento foi obtido com as brotações da cultivar Dorman Red mantidas sob LEDs vermelhos EDER 3LA3 (98,7%), o qual não diferiu do percentual obtido com as lâmpadas fluorescentes (90,2%). Por outro lado, o resultado obtido na cultivar Dorman Red com os LEDs vermelhos EDER 3LA3, melhor fonte de luz para o enraizamento da framboeseira, foi confirmada com a cultivar Batum, a qual alcançou a maior porcentagem (95,9%) sob esta fonte de luz. Além disto, observou-se que a menor porcentagem de enraizamento da cultivar Batum (1,60%) e Dorman Red (28,54%) foi obtida com as brotações cultivadas sob os LEDs azuis EDEB 3LA1 (Tabela 2). Avaliando a qualidade da luz no enraizamento da amoreira-preta cv. Tupy, Rocha et al. (2013) verificaram que a porcentagem de enraizamento variou entre 99,8 e 93,0%, sendo a menor média obtida com as brotações cultivadas sob os LEDs verdes, a qual não diferiu daquelas mantidas sob os LEDs azuis.

Quanto ao número de raízes, observou-se em ambas as cultivares que o maior número foi obtido nas brotações cultivadas sob os LEDs

vermelhos EDER 3LA3 e lâmpadas fluorescentes, os quais não diferiram entre si (Tabela 2). Resultados distintos foram observados por Rocha et al. (2013) que, trabalhando com a amoreira-preta Tupy, obtiveram diferença no número de raízes formadas nas brotações cultivadas sob os LEDs vermelhos (6,03 raízes brotação⁻¹) e lâmpadas fluorescentes (4,67 raízes brotação⁻¹).

Esse resultado difere dos obtidos por Chang et al. (2003) que, trabalhando no enraizamento de brotações de lírio, obtiveram o maior número de raízes (4 raízes brotação⁻¹) nas brotações cultivadas sob lâmpada fluorescente e sob os LEDs vermelhos EDER 3LA3 apenas 1,7 raízes por brotação.

Em relação ao comprimento das brotações enraizadas, observou-se que as brotações da cultivar Batum (33,48 mm) e Dorman Red (22,82 mm) mantidas sob os LEDs vermelhos EDER 3LA3 foi superior ao das brotações mantidas sob as lâmpadas fluorescentes (22,70 e 22,17 mm, respectivamente) (Tabela 2). A constatação de que os LEDs vermelhos favorecem o crescimento das brotações já havia sido previamente relatada por Heo et al. (2006) que, trabalhando com o porta-enxerto de videira Teleki 5BB, obtiveram sob os LEDs vermelhos brotações com o dobro do comprimento das brotações cultivadas sob lâmpadas fluorescentes. Chang et al. (2003) trabalhando com lírios sob diferentes tipos de luz verificaram que os LEDs aumentaram significativamente o comprimento das brotações enraizadas, sendo as brotações de maior comprimento aquelas mantidas sob os LEDs vermelhos (97,6 mm) e LEDs azuis (93,4 mm), diferindo-se do comprimento das brotações cultivadas sob lâmpadas fluorescentes (64,1 mm).

Na Tabela 3, são apresentados os resultados da interação significativa dos fatores avaliados para o peso da massa fresca e massa seca da parte aérea da brotação. Para a cultivar Batum, a maior quantidade de massa fresca e massa seca foi obtida quando as brotações foram cultivadas sob as lâmpadas fluorescentes (280,45 mg e 59,20 mg por brotação). Por outro lado, nas brotações da cultivar Dorman Red, a maior quantidade de massa fresca ocorreu naquelas cultivadas sob os LEDs vermelhos, sendo superior a das brotações mantidas sob lâmpadas fluorescentes (236 mg por brotação). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Rocha et al. (2013) que avaliaram a amoreira-preta e obtiveram as

maiores médias para as variáveis acima citadas sob os LEDs vermelhos. Por outro lado, no porta-enxerto de videira Teleki 5BB cultivado *in vitro* sob diferentes fontes de luz, Heo et al. (2006) verificaram que a maior quantidade de massa fresca e massa seca foram obtidas sob os LEDs vermelhos e as lâmpadas fluorescentes, os quais não diferiam entre si. Resultados semelhantes aos do presente trabalho foram obtidos por Chang et al. (2003) que, avaliando os diodos emissores de luz na micropropagação de lírio (*Zantedeschia albomaculata*), obtiveram a maior quantidade de massa fresca e massa seca com as brotações cultivadas sob os LEDs vermelhos. De acordo com Chung; Huang e Dai (2010), a luz vermelha está envolvida no desenvolvimento do aparato fotossintético e na acumulação de amido.

Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam o potencial dos LEDs como fonte de luz para a multiplicação e enraizamento *in vitro* dos explantes de framboeseira. Além de promover um incremento nos explantes cultivados nas duas fases de cultivo, tais como brotações de maior comprimento, os LEDs apresentam pequena massa e volume, menor consumo de energia elétrica, baixo aquecimento e período de vida útil superior aos da lâmpada fluorescente.

Conclusões

Os diodos emissores de luz (LEDs) apresentam potencial para serem usados como fonte de luz em salas de cultivo de framboeseira micropropagada. Das fontes de luz avaliadas, os LEDs vermelhos EDER 3LA3 630 nm são a fonte de luz mais apropriada para a multiplicação e enraizamento das brotações das framboeseira, pois a mesma iguala e/ou supera as lâmpadas fluorescentes.

O potencial de multiplicação com uso de LEDs na cultivar Batum é superior ao da Dorman Red.

Agradecimento

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Clima Temperado) pela concessão de bolsas e financiamento de projeto.

Referências

CHANG, H. S. et al. Micropropagation of *Gallia lili* (*Zantedeschia albomaculata*) via *in vitro* shoot tip proliferation. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, Columbia, v. 39, p. 129-134, 2003.

CHUNG, J. P.; HUANG, C. Y.; DAI, T. E. Spectral effects on embryogenesis and plantlet growth of *Oncidium* 'Gower Ramsey'. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 124, p. 511-516, 2010.

DING, Y. et al. Effects of a new light source (cold cathode fluorescent lamps) on the growth of tree peony plantlets *in vitro*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 125, p. 167-169, 2010.

ERIG, A. C.; SCHUCH, M. W. Tipo de luz na multiplicação *in vitro* de framboeseira (*Rubus idaeus* L.) 'Batum'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 488-490, 2005.

HEO, J. W. et al. Light quality affects *in vitro* growth of grape 'Teleki 5BB'. **Journal of Plant Biology**, v. 49, n. 9, p. 276-280, 2006.

KIM, S. J. et al. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets *in vitro*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 110, p. 143-151, 2004.

MURASHIGE, T., SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, p. 473-497, 1962.

NHUT, D. T. et al. Responses of strawberry plantlets cultured *in vitro* under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 73, p. 43-52, 2003.

OLIVEIRA, R. P.; NINO, A. F. P. Potencial de multiplicação *in vitro* de cultivares de framboesiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 280-284, 2009.

OLIVEIRA, R. P. et al. **Nova metodologia para a micropropagação de framboeseira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 4p. (Comunicado Técnico, 211)

ROCHA, P. S. G. et al. Diodos emissores de luz e concentrações de BAP na multiplicação *in vitro* de morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 1922-1928, 2010.

ROCHA, P. S. R. et al. Diodos emissores de luz e concentrações (LEDs) na micropropagação de amoreira-preta cv. Tupy. **Horticultura Argentina**, Mendoza, v. 32, n. 79, p. 14-19, 2013.

SEERAM, N. P. et al. Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells *in vitro*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, p. 9329-9339, 2006.

SKIN, H. S. et al. The effect of light quality on the growth and development of *in vitro* cultured *Doritaenopsis* plant. **Acta. Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 30, p. 339-343, 2008.

YEH, N.; CHUNG, J. P. High-brightness LEDs: energy efficient lighting sources and their potential in door plant cultivation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Taiwan, p. 1-6, 2009.

WU, J. H. et al. Factors affecting the efficiency of micropropagation from lateral buds and shoot tips of *Rubus*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 99, p. 17-25, 2009.

ZAWADZKA, M.; ORLIKOWSKA, T. The influence of FeEDDHA in red raspberry cultures during shoot multiplication and adventitious regeneration from leaf explants. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 85, p. 145-149, 2006.

Tabela 1 - Número médio de brotações por explante e comprimento médio das brotações de framboeseira cultivada sob diferentes fontes de luz.

| Fonte de luz | Número médio de brotações | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|------------|
| | Cultivar | |
| | Batum | Dorman Red |
| Leds azuis EDEB 3LA1 | 3,90 bcA | 2,75 aB |
| Leds verdes EDET 3LA1 | 3,60 cA | 2,24 bB |
| Leds vermelhos EDER 3LA3 | 4,47 aA | 2,22 bB |
| Lâmpadas Growlux | 4,30 abA | 2,11 bcB |
| Lâmpadas Fluorescentes (Controle) | 4,02 abcA | 1,86 cB |
| CV (%) | 1,89 | |
| | Comprimento médio das brotações (mm) | |
| Leds azuis EDEB 3LA1 | 14,86 abA | 15,61 bA |
| Leds verdes EDET 3LA1 | 14,44 bcB | 19,45 aA |
| Leds vermelhos EDER 3LA3 | 15,66 abA | 16,64 bA |
| Lâmpadas Growlux | 16,02 aA | 16,60 bA |
| Lâmpadas Fluorescentes (Controle) | 13,61 cA | 14,01 cA |
| CV (%) | 7,73 | |

* Médias não seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Porcentagem de enraizamento, número médio de raízes e comprimento médio das brotações enraizadas, após 35 dias de cultivo sob diferentes tipos de luz.

| Fonte de luz | <i>Porcentagem de enraizamento</i> | |
|-----------------------------------|---|------------|
| | Cultivar | |
| | Batum | Dorman Red |
| Leds azuis EDEB 3LA1 | 1,60 cB | 28,54 cA |
| Leds verdes EDET 3LA1 | 4,49 cB | 80,62 bA |
| Leds vermelhos EDER 3LA3 | 95,99 aA | 98,66 aA |
| Lâmpadas Growlux | 52,51 bA | 44,48 cA |
| Lâmpadas Fluorescentes (Controle) | 70,96 bA | 90,26 abA |
| CV (%) | 33,52 | |
| | <i>Número médio de raízes</i> | |
| Leds azuis EDEB 3LA1 | 0,40 cB | 1,03 cA |
| Leds verdes EDET 3LA1 | 0,42 cB | 2,19 bA |
| Leds vermelhos EDER 3LA3 | 3,94 aA | 3,90 aA |
| Lâmpadas Growlux | 1,83 bA | 1,98 bA |
| Lâmpadas Fluorescentes (Controle) | 2,99 aA | 3,30 aA |
| CV (%) | 17,17 | |
| | <i>Comprimento médio da brotação (mm)</i> | |
| Led azul EDEB 3LA1 | 22,13 cA | 22,29 bA |
| Led verde EDET 3LA1 | 22,52 bA | 22,37 bA |
| Led vermelho EDER 3LA3 | 33,48 aA | 22,82 aB |
| Lâmpada Growlux | 22,81 bA | 22,53 abA |
| Lâmpada Fluorescente (Controle) | 22,70 bA | 22,17 bB |
| CV (%) | 13,69 | |

* Médias não seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Peso médio da massa fresca e massa seca da parte aérea das brotações de framboesiras Batum e Dorman Red enraizadas sob diferentes fontes de luz, após 35 dias de cultivo.

| Fonte de luz | <i>Massa fresca (mg por brotação)</i> | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|------------|
| | Cultivar | |
| | Batum | Dorman Red |
| Leds azuis EDEB 3LA1 | 69,95 cB | 106,45 dA |
| Leds verdes EDET 3LA1 | 72,95 cB | 111,70 dA |
| Leds vermelhos EDER 3LA3 | 184,32 bB | 271,45 aA |
| Lâmpadas Growlux | 161,19 bA | 167,95 cA |
| Lâmpadas Fluorescentes (Controle) | 280,45 aA | 236,70 bB |
| Média | 166,31 | |
| CV (%) | 15,32 | |
| | <i>Massa seca (mg por brotação)</i> | |
| Leds azuis EDEB 3LA1 | 12,75 cA | 18,20 cA |
| Leds verdes EDET 3LA1 | 15,05 cB | 23,70 cA |
| Leds vermelhos EDER 3LA3 | 45,00 bB | 64,45 aA |
| Lâmpadas Growlux | 37,45 bA | 43,70 bA |
| Lâmpadas Fluorescentes (Controle) | 59,20 aA | 56,70 aA |
| Média | 31,62 | |
| CV (%) | 21,56 | |

* Médias não seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.