

121

Circular
TécnicaPelotas, RS
Dezembro, 2011**Roberto Pedroso de Oliveira**Eng. Agrôn., D. Sc., pesquisador
da Embrapa Clima Temperado,
Pelotas, RS,
roberto.pedroso@cpact.embrapa.br**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**Eng. Agrôn., D. Sc.,
Bolsista de Pós-doutorado do CNPq,
p.sergio.r@uol.com.br**Walkyria Bueno Scivittaro**Eng. Agrôn., D. Sc., pesquisadora
da Embrapa Clima Temperado,
Pelotas, RS,
walkyria.scivittaro@cpact.embrapa.br

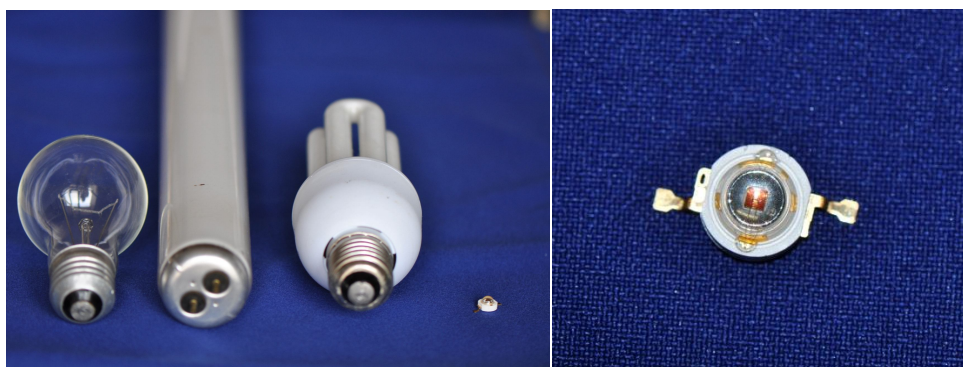
Estruturação de Sistema de LEDs em Laboratório de Cultura de Tecidos¹

Introdução

A micropropagação é uma alternativa viável para a produção massal de mudas de inúmeras espécies vegetais, tais como abacaxizeiro, amoreira-preta, bananeira, batata, framboeseira, morangueiro, videira, dentre muitas outras. Em todo o mundo, a lâmpada fluorescente branca, associada ou não com luz natural, tem sido a principal fonte de luz utilizada em salas de cultivo de laboratórios de cultura de tecidos (ROCHA et al., 2010). No entanto, um dos fatores limitantes ao avanço da micropropagação comercial tem sido o custo elevado das mudas, sendo o componente energia elétrica um dos principais (YEH; CHUNG, 2009). A energia elétrica é utilizada, principalmente, na iluminação e na refrigeração/aquecimento do ambiente de cultivo dos explantes.

A luz é fonte de energia para o processo de fotossíntese, sendo os pigmentos, notadamente as clorofilas, importantes na captação de energia luminosa e em sua transformação em energia química (TAIZ; ZEIGER, 2004). A eficiência do processo fotossintético depende da qualidade, duração e da intensidade da luz (SYLVANIA, 2000), além de outros fatores, como a temperatura e a disponibilidade de nutrientes. Nesse contexto, ressalta-se a importância de pesquisas relacionadas à busca de fontes de luz mais econômicas e que proporcionem melhor desenvolvimento das plantas sob condições *in vitro* (Figura 1).

Os diodos emissores de luz (LEDs) consistem na tecnologia mais moderna de iluminação existente no mercado. Desde a sua invenção em 1963, por Nick Holonyac, os LEDs têm sido constantemente aperfeiçoados, sendo de uso crescente em eletroeletrônicos, projetos arquitetônicos, centros cirúrgicos, televisores, semáforos, faróis de veículos, lanternas, controles remotos, aparelhos celulares, câmeras de segurança de uso noturno, etc.



Fotos: Paulo Sérgio Gomes da Rocha

Figura 1. Diferentes fontes de luz utilizadas em salas de cultivo de laboratórios de cultura de tecidos. Da esquerda para a direita: lâmpada incandescente, lâmpada fluorescente tubular, lâmpada fluorescente compacta, LED e LED em detalhe.

¹Trabalho de pesquisa realizado com apoio financeiro e bolsas do CNPq.

Em se tratando de LEDs, a luz é produzida por interações energéticas do elétron, sendo de bandas espectrais relativamente estreitas (SEABROOK, 2005). O comprimento de onda gerado pelos LEDs está relacionado com a cor da luz que emitem, sendo os LEDs azuis, verdes e vermelhos os mais comuns no mercado. Esse conhecimento é importante pois a eficiência fotossintética também depende do(s) comprimento(s) de onda emitido(s) (Figura 2).

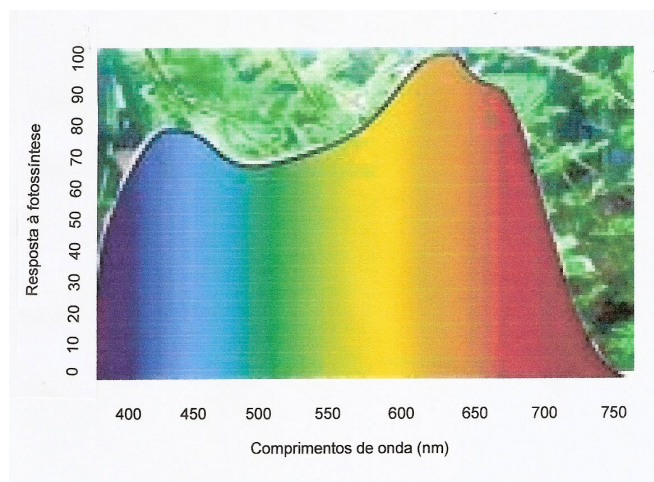
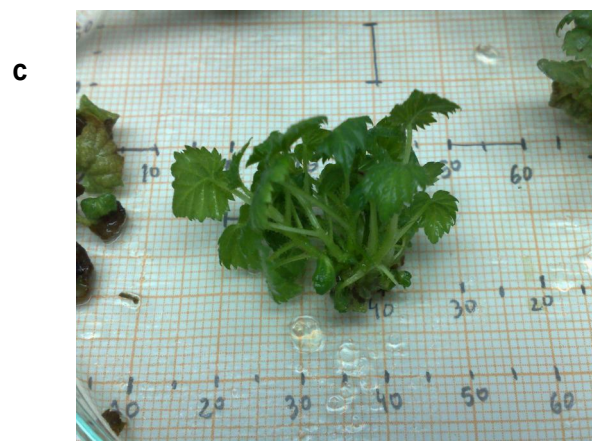


Foto e gráfico: Paulo Sérgio Gomes da Rocha

Figura 2. Porcentagem de resposta de tecidos vegetais à fotossíntese em função do comprimento de onda da luz recebida.

Há quatro anos, o uso de LEDs na iluminação de ambientes de cultivo *in vitro* de plantas vêm sendo pesquisado na Embrapa Clima Temperado. Diferentes tipos de LEDs e vários fluxos de fótons vem sendo avaliados na micropropagação de cultivares de amoreira-preta, bananeira, batata, cana-de-açúcar, framboeseira, morangueiro e porta-enxertos de pessegueiro (Figura 3).

Em razão da eficiência dos LEDs, elaborou-se a presente circular técnica com o objetivo de apresentar e discutir os princípios e as etapas envolvidas na instalação de sistemas de iluminação com LEDs em salas de cultivo de laboratórios de cultura de tecidos, visando capacitar produtores de mudas e instituições de ensino e de pesquisa.



Fotos: Paulo Sérgio Gomes da Rocha

Figura 3. Plantas de amoreira-preta (*Rubus* spp. cv. Tupy), porta-enxerto de *Prunus* (*Prunus persica* x *P. davidiana* cv. Barrier) e framboeseira (*Rubus idaeus* L. cv. Batum) propagadas *in vitro* sob diodos emissores de luz (LEDs), respectivamente indicadas pelas letras a, b e c.

Planejamento da placa de circuito impresso

Normalmente, a contratação de um técnico especializado em eletroeletrônica é necessária para o planejamento e a montagem do sistema de iluminação com LEDs em laboratório de cultura de tecidos.

A primeira etapa do processo consiste na elaboração do projeto do sistema. Nesse

projeto, as principais variáveis são: área a ser iluminada, densidade do fluxo de fótons e tipo(s) de LED a ser(em) utilizado(s) (JORDAN et al., 2001).

A luz requerida para a fotossíntese compreende comprimentos de onda entre 400 nm e 700 nm (SEABROOK, 2005), conforme apresentado na Figura 2. Em se tratando de LEDs, os azuis, os verdes e os vermelhos apresentam picos de comprimentos de onda respectivamente de 450 nm, 565 nm e 660 nm, justamente dentro da faixa que proporciona maior desenvolvimento das plantas (YEH; CHUNG, 2009).

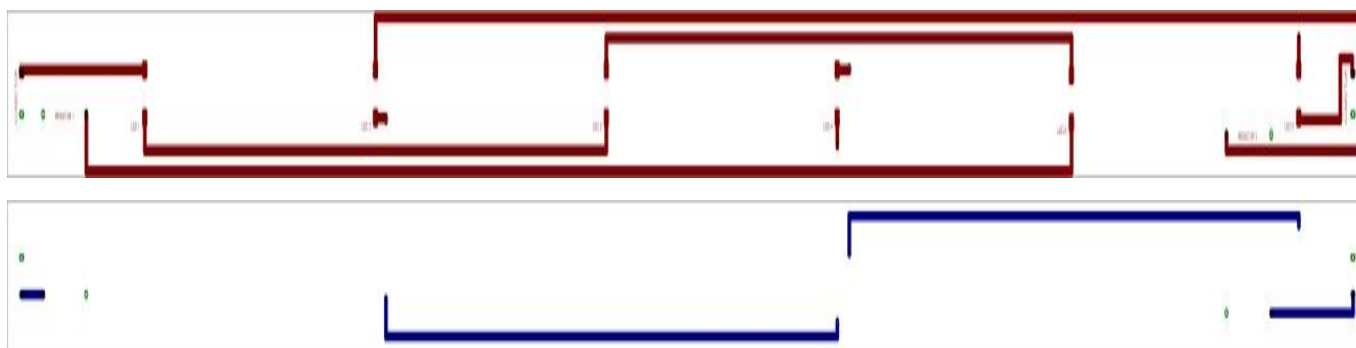
Com relação ao fluxo de fótons ideal para a fotossíntese, este varia de $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, a depender da espécie vegetal (COSTA et al., 2009; YEH; CHUNG, 2009; ROCHA et al., 2010). Nesse aspecto, é interessante destacar que: a) A intensidade do fluxo de fótons depende do número de LEDs instalados por unidade de área; b) A quantidade de luz emitida depende do tipo de LED, havendo os de alto brilho e os comuns e também LEDs de diferentes potências (1, 2 e 3 W); c) A quantidade de luz emitida também depende do comprimento de onda do LED utilizado, sendo que os LEDs vermelhos emitem maior quantidade de luz que os azuis, por exemplo. Essas especificações são importantes no planejamento da iluminação do ambiente de cultivo, podendo ser encontradas nos manuais fornecidos pelo fabricantes de LEDs.

Após o estabelecimento da densidade do fluxo de fótons e do tipo de LED a ser utilizado, pode-se calcular o número de LEDs necessários para a iluminação de cada unidade de área do ambiente de cultivo das plantas, tendo-se as condições necessárias para o desenho das placas de circuito impresso (PCIs), o que é realizado com o auxílio de softwares específicos (Figura 4). Nesse momento, também se calcula o número total de PCIs necessárias ao projeto de iluminação.

No esquema da PCI especificam-se as trilhas, que correspondem às superfícies por onde passará a corrente elétrica. Nas trilhas são instalados os LEDs e também o resistor. O resistor é o componente que controla a corrente elétrica que vai passar pela PCI, tendo a função de evitar que os LEDs queimem.

Antes da fabricação das PCIs em larga escala, recomenda-se construir e testar um protótipo quanto ao seu funcionamento.

Como existe o custo fixo do projeto de iluminação, que envolve o levantamento de especificações e vários cálculos e testes, existe efeito de escala no dimensionamento do projeto, tornando-se economicamente mais viável quanto maior for a área a ser iluminada. Além disso, os fabricantes de LEDs normalmente estabelecem um número mínimo de unidades para comercialização, o que tem inviabilizado a implementação de



Esquema: Paulo Sérgio Gomes da Rocha

Figura 4. Representação esquemática em escala reduzida de uma placa de circuito impresso (PCI) gerada por software, sendo a superfície inferior representada pela cor vermelha e a superior pela cor azul. O comprimento real dessa PCI é de 50 cm.

pequenos projetos em laboratórios de cultura de tecidos.

Montagem das placas de circuito impresso

A construção das PCIs é feita pela impressão de seu desenho em uma folha de fibra de vidro. Desta forma, um dos lados da PCI terá sua superfície revestida por uma fina lâmina de cobre, que, em seguida, é imersa em uma solução de perclorato de ferro ou de persulfato de amônio. Após algumas horas, a substância líquida citada promove a oxidação de toda a superfície de cobre da folha de fibra de vidro, exceto da área onde foi impresso o desenho. Com isto, a placa que inicialmente conduzia energia elétrica em toda a sua superfície, passa a conduzi-la apenas nas trilhas que foram impressas na superfície de cobre.

Após serem construídas as PCIs, estas são pintadas geralmente na cor verde, sendo, finalmente, destinadas à instalação dos LEDs, resistores e dissipadores de calor (Figura 5).



Foto: Paulo Sérgio Gomes da Rocha.

Figura 5. Vista superior de uma placa de circuito impresso (PCI) com o dissipador de calor e o resistor instalados.

O dissipador de calor é um componente de alumínio com dimensões variáveis, determinadas por cálculos matemáticos, tendo a função de dissipar o calor gerado pelo LED na PCI. Embora a luz emitida pelo LED não gere calor, a temperatura em sua base, que possui cerca de 5 milímetros de diâmetro, pode ser superior a 100 °C. Por

isso, a vida útil do LED depende do dissipador de calor, que, quando projetado de forma inadequada, pode até acarretar a queima da PCI. Para se ter uma ideia da importância do controle da temperatura na economicidade do sistema, a empresa Edison Opto Corporation quantificou a vida útil de um LED de sua fabricação em 6 mil horas a 125 °C e em 234 mil horas a 25 °C.

Finalmente, quando as PCIs estiverem com os LEDs e demais componentes instalados, estas devem ser fixadas nas prateleiras da sala de cultivo, sendo ligadas à rede elétrica. Contudo, a PCI não pode ser ligada diretamente na tensão 110 V ou 220 V, devendo-se utilizar um *drive* para LED (Figura 6). Esse *drive* é semelhante ao reator eletrônico de uma lâmpada tubular fluorescente, tendo a função de baixar a tensão para 21 V. Vale ressaltar que um mesmo tipo de LED pode gerar mais ou menos luminosidade, dependendo da corrente elétrica que passa pelo *drive*.



Foto: Paulo Sérgio Gomes da Rocha

Figura 6. *Drive* utilizado na instalação de um sistema de iluminação com LEDs de alto brilho.

Mais detalhes sobre a instalação de um sistema de LEDs em salas de cultivo de laboratórios de cultura de tecidos podem ser encontrados em Jordan et al. (2001) e EDISON (2011).

Considerações finais

Gradativamente, os LEDs tendem a substituir as lâmpadas fluorescentes nas salas de cultivo dos laboratórios de micropropagação, em razão de proporcionarem maior e melhor desenvolvimento de plantas com menor custo. No entanto, ao contrário das lâmpadas fluorescentes, que são fixadas de forma relativamente simples diretamente sobre a superfície a ser iluminada, os LEDs necessitam ser soldados em placas de circuito impresso adequadamente planejadas e construídas, necessitando de um especialista em eletroeletrônica para a realização do serviço.

Para facilitar esse trabalho, buscou-se, nessa publicação, apresentar os principais parâmetros necessários ao planejamento e à montagem de um sistema de iluminação por LEDs aplicável a salas de cultivo de laboratórios de cultura de tecidos, com o intuito de contribuir para a consolidação dessa tecnologia no mercado (Figura 7).



Foto: Paulo Sérgio Gomes da Rocha.

Figura 7. Sistema de iluminação instalado com diodos emissores de luz (LEDs) azuis, verdes e vermelhos no Laboratório de Cultura de Tecidos da Embrapa Clima Temperado.

Referências

COSTA, F. H. S.; PASQUAL, M.; ROCHA, H. S.; PEREIRA, J. E. S.; CASTRO, E. M.; MIYATA, L. Y. Crescimento e anatomia foliar de bananeiras submetidas a diferentes condições de cultivo *in vitro*. **Bragantia**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 303-311, 2009.

EDISON OPTO CORPORATION. **Edixeon emitter**. Disponível em: <http://biakom.com/pdf/Edison_3W_Edixeon_Emitter_Eng_v3.3.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2011.

JORDAN, K. A.; ONO, E.; NORIKANE, J.; NAGASAKI, T. T. Control of Led to achieve light quality and intensity in tissue culture and micro-propagation studies. **Acta Horticulture**, Amsterdam, v. 562, p. 135-140, 2001.

ROCHA, P. S. R.; OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; SANTOS, U. L. Diodos emissores de luz e concentrações de BAP na multiplicação *in vitro* de morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 9, p. 1922-1928, 2010.

SEABROOK, J. E. A. Light effects on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum*) *in vitro*: a review. **American Journal of Potato Research**, New York, v. 82, p. 353-367, 2005.

SYLVANIA. **Light and plants**; standard and wide spectrum Sylvania Grow-Lux fluorescent lamps. Danvers: Osram Sylvania, 2000. 5 p. (Technical information bulletin, 1).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

YEH, N.; CHUNG, J. P. High-brightness LEDs - energy efficient lighting sources and their potential in door plant cultivation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Taipei, v. 13, n. 8, p. 2175-2180, 2009.

Circular

Técnica, 121

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

GOVERNO
FEDERAL

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78, Caixa Postal 403
Pelotas, RS - CEP 96010-971

Fone: (0xx53)3275-8100

Fax: (0xx53) 3275-8221

E-mail: www.cpact.embrapa.br
sac@cpact.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2011) 30 cópias

Comitê de publicações

Presidente: Ariano Martins de Magalhães
Júnior

Secretária- Executiva: Joseane Mary Lopes
Garcia

Membros: Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid
Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio Suita de
Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho, Christiane
Rodrigues Congro Bertoldi, Regina das Graças
Vasconcelos dos Santos, Isabel Helena Verneti
Azambuja, Beatriz Marti Emygdio.

Expediente

Supervisor editorial: Antônio Luiz Oliveira Heberlé

Revisão de texto: Bárbara Chevallier Cosenza

Editoração eletrônica: Juliane Nachtigall (estagiária)