

LED光源在植物组织培养中的应用

闫新房¹, 丁林波², 丁义¹, 何松林¹

(¹河南农业大学林学院, 郑州 450002; ²河南财经学院工程管理系, 郑州 450002)

摘要:光是植物生长中的重要环境因子之一。LED因体积小、质量轻、寿命长、光强可调等优点,使其成为植物光环境调控的重要光源之一,并在节能和促进植物生长方面都具有明显的优势。目前,LED在植物组织培养研究中已得到一定的应用,并取得了一些可喜的进展。此文介绍了LED的主要特点及其在植物组织培养中的应用情况。

关键词:LED; 植物组织培养; 光质; 光强; 光周期

中图分类号:S336 **文献标识码:**A

The Application of LED Light Source in Plant Tissue Culture

Yan Xinfang¹, Ding Linbo², Ding Yi¹, He Songlin¹

(¹College of Forest, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002;

²Engineering Management Department, Henan Finance & Economics College, Zhengzhou 450002)

Abstract: Light is one of the most important factors in the growth of plant, and the virtues of LED, such as small volume and mass, longer life, wavelength specificity etc., make it possible for it to be used as an important instrument in the regulation and control of plant light environment. And it indicates that LED has a significant advantage in energy conservation and the promotion of plant growth. At present, the LED has been applied abroad in the research of plant tissue culture, and it has gets some valuable results. This article introduces the main characteristics of LED and the application of LED in plant tissue culture.

Key words: LED, plant tissue culture, light quality, light intensity, photoperiod

LED独有的优点,使其成为植物组织培养研究的重要光源之一。20世纪80年代以来,世界上一些国家陆续开始了LED在植物组织培养中应用的研究。中国的一些高等院校和科研机构也开始了该方面的研究,并取得了一些可喜的进展。

1 光照与植物

1.1 光对植物的影响

光是植物生长中最重要环境因子之一,它不仅为植物光合作用提供辐射能,还为植物提供信号转导,调节其发育过程。植物在它的整个生命周期中始终处于一个不断变化的光环境中,在长期的进化中,植物不仅适应了光环境的变化,而且还能相互影响而改变周围的光环境^[1]。

1.2 光线与色素

到达地面的太阳光波长大约从300~2 600 nm,其中对光合作用的有效波长在4 00~700 nm之间,其中425~490 nm的蓝光以及610~700 nm的红光对光合作用贡献率最大,而520~610 nm(绿色)的光线被植物吸收的比率很低^[2]。可见,并不是所有的光都有助于植物的光合作用。

色素可以吸收光能来产生一系列的生化反应,不同的色素吸收的波长不同。植物体内有很多色素,分别起着不同的作用,但有两种色素,即光敏色素和隐花色素在调节植物对光的反应中起着关键性的作用。光敏色素有两个互变异构体—红光光敏色素(Pr)和远红光光敏色素(Pfr)。Pr吸收波长为660 nm左右的红

基金项目:河南省高校创新人才培养工程(豫教高[2005]126号)。

第一作者简介:闫新房,男,1983年出生,河南辉县人,在读硕士研究生,研究方向:园林植物生物技术。E-mail: xinfang1111@163.com。

通讯作者:何松林,男,1965年出生,河南淮阳人,教授,研究方向:园林植物生物技术。通信地址:450002 河南省郑州市河南农业大学林学院, Tel: 0371-63558075, E-mail: hsl213@163.com。

收稿日期:2009-03-20, **修回日期:**2009-04-21。

光, Pfr吸收波长为730 nm左右的远红光。光敏色素调节多种不同植物对光的反应,包括光周期,种子萌发、展叶、下胚轴伸长和脱黄化。隐花色素吸收蓝光和紫外光范围的光波,其它色素与植物的发育有关^[2]。

由此可见,460 nm左右的蓝光和660 nm左右的红光是植物最需要的光波,并对植物的生长发育起着关键性的作用。

2 LED简介及优点

2.1 LED简介

LED(light-emitting diodes),即发光二极管,是一种可以有效地把电能转变成电磁辐射的装置^[3]。1962年,GE、Monsanto、IBM的联合实验室开发出发出红光的半导体化合物GaAsP。1965年,全球第一款商用化的用锗材料做成的可发出红外光的LED诞生。随着技术的不断进步,近年来白光LED的发展相当迅速,白光LED的发光效率已经达到30 lm/W,实验室研究成果可以达到60 lm/W,大大超过白炽灯,向荧光灯逼近。

2.2 LED优点分析

LED具有体积小、重量轻、固态、寿命长、波长特殊、驱动电压较低、光效率高、能耗小、安全、可靠耐用、不容易色衰的优点,且红光LED光子具有较大的光通量^[4-8]。另外,LED具有较窄的波谱,波谱半宽范围从几纳米到几十纳米,在±20 nm左右,波长正好与植物光合成和光形态形成的光谱范围相吻合^[9-10]。

3 LED光源在植物组织培养中的应用

LED在植物组织培养中的应用是基于LED技术的发展和植物组织培养环境调控而发展起来的^[11-12]。世界上最早将LED用于植物栽培的是日本的三菱公司,早在1982年就有关于波长为650 nm的红光LED光源用于温室番茄补光的试验报告^[8]。后来LED也被应用于植物组织培养中的环境调控,并对LED在节能方面的作用加以探讨^[13]。目前,LED在植物组织培养中的应用主要集中在光质和光强对组培苗生长影响方面,而对光周期等研究较少。就世界范围来说,LED在植物组织培养中的应用研究主要集中在日本和美国。日本的研究处于国际领先地位,不但开发了专门应用于植物组织培养的LED发光系统,而且与其它环境调控因子相结合,取得了一些重要的基础数据。中国一些科研机构也开始了这方面的研究,并自主开发了一些LED光源系统,用于植物组织培养研究工作^[14-18]。

3.1 光质选择

LED诞生之初,人们用660 nm左右的红光LED

作为主光源,荧光灯作为辅助光源进行研究,随着LED技术的不断发展,各种波段的LED纷纷被用于植物组织培养,主要有660 nm左右红光,460 nm左右蓝光,730 nm左右远红光和白光。

日本的Tanaka等^[18]较早地利用LED作为兰花组培苗光源,发现红光可促进大花蕙兰试管苗叶片的生长,但会降低叶绿素含量,不过这种现象可被蓝光所抵消,试管苗生长的最佳红蓝光比例为8:2。Le Van等人^[19]研究表明,在红蓝光比例为3:1时愈伤组织的生长效果最佳,但100%的红光对愈伤组织的诱导率最高。Anzelika等^[20]在对葡萄的组织培养中发现,光谱中的蓝光成分阻止试管苗的伸长,但能促进叶的形成和各种光合色素的合成。远红光成分PPF的增减对于鲜重的积累和光合色素的合成也都有明显的影响。红光LED有助于增加株高、节间长和生根率,而蓝光与叶绿素的合成和气孔的发育有关。尽管在红光LED条件下叶绿素含量较低,但是这个作用可以通过照射蓝光LED或荧光灯来削弱。另外红光有利于可溶性糖和淀粉的积累,降低色素含量。而蓝光能够逆转此效应,可促进色素和可溶性蛋白的合成。红光和蓝光组合处理的叶中可溶性糖和淀粉含量以及根系活力均高于白光处理,尤以高R/B配比光处理的组培苗生长健壮,移栽成活率最高^[15,21-22]。张婕等^[16]研究表明,红蓝光比例7:3的条件下,菊花组培苗的生长状况最好。蒋要卫^[14]研究表明,含有较大红光比例LED光源对大花蕙兰和蝴蝶兰试管苗的影响优于含有较大蓝光比例的LED光源。岳岚^[23]研究表明,在红蓝光比例为3:1时牡丹品种“乌龙捧盛”和“洛阳红”试管苗的各生长指标均较好,而胡红试管苗在红蓝光比例为1:1时生长良好。但在全红光和全蓝光时试管苗植株较矮,长势较差。总体来说红光有利于植物茎和根的伸长,促进形态建成,远红光和蓝光处理的植株矮小,根短细^[24-25]。

3.2 光强选择

对植物来说,光强即光合量子通量(PPF,其单位为 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$),是影响植物光合作用的重要参数之一。Nhut等人^[26-27]研究发现,当PPF为 $60 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,草莓组培苗的生长状况最好;白鹤芋组培苗在 $60\sim 70 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,其地上部分和地下部分鲜重较高。Anzelika等人^[20]用四种不同波长的LED灯进行葡萄组培苗培养,发现适合葡萄组培苗生长的总的PPF值的范围为 $40\sim 55 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。张婕等人^[16]对菊花的研究证明,光强为 $60 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时组培苗的株高、叶数、根数、最长根长、干重等主要生长指标都显著高于对照。

3.3 光周期选择

陈育菘等人研究表明,龙胆出瓶指标最适合的LED光环境为蓝光比例50%,PPF为 $120\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,光周期为16 h。台糖研究所用日光灯研究龙胆最佳光环境为PPF $80\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,光周期12Hr。R.C.Jao等人^[28-29]研究表明,在光周期为16 h时,马铃薯组培苗在红蓝光同时照射时,要比红蓝光交替照射的培养效果好,另外低PPF长时间照射要比高PPF长时间照射培养效果好。

3.4 供电方式选择

赖建洲等人研究表明以直流电来驱动LED,驱动器提供40 Hz供电频率可比60 Hz更省电。然而,要进一步降低成本可直接使用交流电来驱动,可免去交直流转换电路的制作成本。有研究表明,使用交流供电的全红光LED进行彩色海芋组培苗生产是可行的。Jao Ruey-Chi等人^[29]在对马铃薯的研究中表明,如果只考虑生长率,LED在720 Hz(1.4 ms),工作比为50%,光周期为16 h时,植物生长最佳;而如果主要考虑能耗问题,LED在180 Hz(5.5 ms),工作比为50%,光周期为16 h时最节能。

4 LED光源在植物组织培养中的应用前景

4.1 制约因素及对策

LED本身的一些缺点,如:亮度低、PN结散热困难、光斑亮度和色度均匀性差,以及价格高等都限制了LED在植物组织培养中的推广和应用,不利于LED在植物组培产业化生产中的规模化应用^[5,7,14,30-31]。而解决这个难题需要光电技术的发展与完善,以及相关政策法规的出台,随着光电技术的发展,LED本身的技术难题必将迎刃而解,LED的价格也会有所降低,这都将有助于LED在组织培养中的广泛应用。

4.2 发展趋势

LED是新型的高效节能光源,在植物组织培养中用LED作为光源,不仅能降低组织培养的成本,同时由于LED光质、光强可调、窄波段等特点,使得对植物光生理学的研究更加深入。

未来LED在植物组织培养中的应用,应从照明装置严格把关,选择合适的LED,考虑性能和可靠性及植物照明的特殊使用条件;结合LED的特点,合理地利用LED,考虑LED额定工作条件^[7],驱动电路的设计和电源的选用,结合环境调控的其它因素,如CO₂施肥、温度调控等。另外要跟植物生长调节剂的使用结合起来,使得LED在植物组织培养中的应用研究更加深入和系统。

参考文献

- [1] 高荣孚,张鸿明.植物光调控的研究进展[J].北京林业大学学报,2002,24(5):235-242.
- [2] 潘瑞焱.植物生理学[M].4版北京:高等教育出版社,2001:59-63.
- [3] Bergh,A A, Dean P J. Light-emitting diodes[J].Proceedings of the IEEE,1972:156-223.
- [4] Kevin Williams. "Photo-Manipulation-Boxes"; An instrument for the study of plant photobiology [J].Plant Photobiology, 2000, 26(1): 3-15.
- [5] Brown,C.S.A.C.Schuerger, J.C.Sager.Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far red lighting[J].Hort Science,1995,120:808-813.
- [6] Bula Rj,Morrow RC,Tibbitts TW, et al.Light-emitting diodes as a radiation source for plants[J].Hort Science, 1991,26(2):203-205.
- [7] 张育铨.LED与传统灯泡之好坏研究[EB/OL]. <http://www.shs.edu.tw/works/essay/2007/03/2007031715220544.pdf>.
- [8] 杨其长,张成波.植物工厂概论[M].北京:中国农业科学技术出版社,2005:144-149.
- [9] 刘江,范广涵,刘承宜.用于细胞及组织培养的低强度LED生物光源[J].激光杂志,2003,24(4):78-80.
- [10] 贺冬仙,杨其长,马承伟,等.植物生产中人工光环境调控[C].第五次全国高等学校农业工程类专业教学改革暨国际学术研讨会,2002.
- [11] Langhans, R. W. A growth chamber manual[M]. Environmental control for plants,1978.
- [12] Tibbitts, T W, T.T. Kozlowski (eds.). Controlled environment guidelines for plant research [M].Academic, New York, 1979.
- [13] Ignatius R W,T S Martin, RJ Bula, et al. Tibbitts. Method and apparatus for irradiation of plants using optoelectronic devices. U.S Patent Application [P]. 1988, 07/283,245.
- [14] 将要卫.大花蕙兰、蝴蝶兰试管苗光合自养培养体系初步建立[D].郑州:河南农业大学,2006:33-42.
- [15] 牟宁宁,高亦珂.发光二极管在植物组织培养中的应用[A]//中国观赏园艺研究进展2007——中国园艺学会观赏园艺专业委员会2007年学术年会论文集[C].中国观赏园艺进展,2007:220-222.
- [16] 张婕,高亦珂,何琦,等.发光二极管(LED)在菊花组织培养中的应用研究[A]//中国观赏园艺研究进展2008——中国园艺学会观赏园艺专业委员会2008年学术年会论文集[C].2008:296-299.
- [17] 邸秀茹,焦学磊,崔瑾,等.新型光源辐射的不同光质比对菊花组培苗生产的影响[J].植物生理学通讯,2008,44(4):661-664.
- [18] Tanaka,Takamura, Watanabe, et al.*In vitro* growth of cymbidium plantlets cultured under superbright red and blue light-emitting diodes (leds) .Journal of horticultural science & biotechnology, 1998,73:39-44.
- [19] Le Van Tuong HUAN, Michio TANAKA.Effects of Red and Blue Light-Emitting Diodes on Callus Induction,callus Proliferation,and Protocorm-Like Body Formation from Callus in Cymbidium Orchid [J].Environ Control in Biol. ,2004,42(1),57-64.
- [20] Anzelika, Renata, Silva, et al *In vitro* cultivation of grape culture under solid-state lighting[J].scientific works of the lithuanian

- institute of horticulture and lithuanian university of agriculture, 2007,26(3):235-245.
- [21] Puspa Raj Poudel,Ikuo Kataoka, Ryosuke Mochioka. Effect of red-and blue-light-emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes[J].Plant Cell Tissue Organ Culture,2008(92):147-153.
- [22] Ruey-Chi Jao,Chien-Chou Lai, Wei Fang, et al. Effects of Red and light the Growth of Zantedeschia Plantlets *in vitro* and Tuber Formation Using Light-emitting Diodes[J].Hort Science , 2005,40(2):436-438.
- [23] 岳岚.光独立培养和新型组培光源(LED)对牡丹试管苗生长的影响[D].郑州:河南农业大学,2008:34-35.
- [24] R.C.Jao,W.Fang.An adjustable light source for photo-related research and young plant production[J].American Society of Agriculture Engineers, 2003, 19(5):601-608.
- [25] Teresa,Cybularz, Ewa, et al. Effect of light wavelength on *in vitro* organogenesis of a cattleya hybrid[J].Acta biologica cracoviensia series botanica,1997,49:113-118.
- [26] D.T.Nhut,T.Takamura, H.Watanabe,et al.Artificial light source using light-emitting diodes in the efficient micropropagation of spathiphyllum plantlets[J].Acta Horticulturae,2005,692:137-142.
- [27] D.T.Nhut, T.Takamura, H.Watanabe,et al. Responses of strawberry plantlets cultured *in vitro* under superbright red and blue light-emitting diodes(LED) [J].Plant Cell,2003,73:43-52.
- [28] R.C.Jao,W.Fang.Growth of potato plantlets *in vitro* is different when provided concurrent versus alternating blue and red light photoperiods[J].Hort Science,2004,39:380-382.
- [29] R.C.Jao,W.Fang.Effects of frequency and duty ratio on the growth of potato plantlets *in vitro* using LEDs [J].Hort Science,2004,39(2): 375-379.
- [30] 饶瑞佶,方炜.组合式红、蓝发光二极管灯具之给光环境模拟[J].农业机械学刊,2000,9(3):51-63.
- [31] 饶瑞佶,方炜,蔡田龙.超高亮红、蓝光LED应用于蝴蝶兰栽培之研究[J].农业机械学刊,2003,12(4):93-100.