

# LED 光源对蝴蝶兰花卉生长发育影响研究进展

王建兵<sup>1</sup>, 王金涛<sup>2</sup>, 苏利英<sup>1</sup>, 王盾<sup>1</sup>, 肖河章<sup>1</sup> (1. 惠州学院, 广东惠州 516007; 2. 海南大学园艺园林学院, 海南海口 570228)

**摘要** 通过文献调研与实际调查, 综述了近年来国内外 LED 光源对蝴蝶兰光合特性、组织培养、幼苗生长、花芽分化、花期调控等方面影响的研究进展, 并展望了 LED 光源在蝴蝶兰生产应用上今后的研究方向。

**关键词** 生长发育; 观赏花卉; 蝴蝶兰; LED 光源

**中图分类号** S682.31 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)07-0006-03

## Review on Effect of LED Light on Growing Development of Moth Orchid (*Phalaenopsis* ssp.)

WANG Jian-bing<sup>1</sup>, WANG Jin-tao<sup>2</sup>, SU Li-ying<sup>1</sup> et al (1. Huizhou University, Huizhou, Guangdong 516007; 2. College of Horticulture and Landscape Architecture of Hainan University, Haikou, Hainan 570228)

**Abstract** We reviewed research approach and achievements of LED effect on plant's photosynthetic characteristic, tissue culture, seedling growth, flower bud differentiation, florescence control through the investigation on documents and reality situation, and gave a advice on moth orchid (*Phalaenopsis* ssp.) production and research in the future.

**Key words** Growing development; Ornamental flower; Moth orchid (*Phalaenopsis* ssp.); LED light

蝴蝶兰 (*Phalaenopsis* ssp.) 为兰科蝴蝶兰属植物, 原产于中国台湾、菲律宾、印尼、泰国、马来西亚等地。其株型美观, 花型奇特似蝶, 花色鲜艳, 花期持久, 在热带兰中有“兰花皇后”之美誉, 有较高的观赏和经济价值, 深受国内外花卉市场的欢迎<sup>[1]</sup>。

蝴蝶兰盆花(切花)在广东珠江三角洲一带是重要的花卉生产种类, 在其花卉产业中占有重要地位。珠江三角洲夏季天气炎热, 夏季长约 200 d, 特别是雨水多, 4—10 月总雨量在 1 300~1 500 mm, 而且强降雨往往较多, 年平均暴雨日数在 6 d 以上; 热带气旋影响频繁, 年平均可达 2.4 次, 其中达到台风级的有 0.7 次<sup>[2]</sup>。露天栽培蝴蝶兰受夏季高温高湿的恶劣气象因素影响, 切花生长发育过快、花枝短、花苞直径小、花的颜色暗、病虫害严重、切花产品质量低劣, 所以夏季的灾害性天气往往对蝴蝶兰花卉产业造成毁灭性的损失。作为切花蝴蝶兰商品, 要求产品具备很高的质量, 可是在这种条件下生产的蝴蝶兰鲜切花很难符合要求, 特别是当云南的鲜切花产品进入市场后, 原来勉强上市的珠江三角洲切花因产品质量差、成本高等原因基本上退出了花卉市场。为了解决上述问题, 运用设施农业可在室内或大棚进行工厂化生产, 通过人工补光和降温控湿等措施满足花卉生长的需求, 避免灾害性天气对蝴蝶兰生产的影响, 培养出产品质量上乘的蝴蝶兰商品花卉, 近年来国内外围绕这一课题在设施农业上运用人工光源对蝴蝶兰的生长发育影响方面开展了一系列研究, 特别是新型半导体光源 LED 在蝴蝶兰培养方面的运用。笔者综述了近年来 LED 光源对蝴蝶兰花卉生长发育影响方面的研究进展, 并展望了今后 LED 光源在蝴蝶兰生

产应用中的研究方向, 旨在为兰花生产提供参考。

## 1 植物与光的研究

光是一切生物的主要能量来源, 在一定条件下, 光强度增加, 光合速率也会增加, 直到一个最适当的强度为止; 若超过此强度, 光合速率又会逐渐降低。根据植物对光照强度的要求可分为阳性植物、阴性植物和耐阴植物 3 大类型<sup>[3]</sup>。光对植物具有重要的生理作用, 植物对光的反应可以分为光合作用和光形态建成 2 类。光合作用是指利用光能合成有机物的反应。光形态建成是指光作为信号而被利用所引起的形态反应<sup>[4]</sup>。给植物带来影响的光的要素主要有光质、光强、光照时间(或明期)。光质通过不同的光照强度对植物发生作用, 因而形成的形态建成反应是各不相同的, 并影响其发育。一般说来, 光质对植物生长的影响是植物在日光的完全光谱下才能正常生长发育, 同时不同波长的光对植物生长发育的影响也不同。植物进行光合作用过程中, 只有能被植物光合色素吸收的有效光能才可用于光合生产。不同波长的光对光合作用具有不同的效能, 且直接影响光合产物的成分。光谱对植物的生长发育、形态建成、光合作用、物质代谢以及基因表达均有调控作用<sup>[5]</sup>, 通过光质调节和控制植株形态建成和生长发育、花芽分化。花芽分化是植物开花的重要生理过程, 只有有效的花芽分化才能使植物开花茂盛, 提高商品的观赏价值, 从而使植株在一定程度上满足人们生产需要。蝴蝶兰培养过程中, 使用的光源一般是金属卤化物灯、荧光灯、高压钠灯和白炽灯。然而这些光源的光谱能量分布设计主要是依据人对光的高效需求原则进行的, 含有很多不必要的波长, 所以对植物生长促进作用很少。新型半导体光源 LED 因具有波长具体、波谱宽度小、光谱性能好、光效高、系统发热少、质量和体积较小、寿命较长、占用空间小等一系列传统电光源技术无可比拟的优势而受到人们的青睐<sup>[6-7]</sup>。单色光的 LED 被用于有关光质和植物的研究。需要加以说明的是, 这里所提到的单色光并不是指严密单波长, 而是指把自然光分成紫外光、蓝色光、绿色光、红色光、远红外光的情况下, 只含有特定波段<sup>[8]</sup>。如蓝光则有利于蛋白质的合

**基金项目** 广东省科技计划农业攻关面上项目(2009B020311016); 广东省教学质量工程项目(257000025); 广东省教改项目(912070003); 惠州市科技计划农业攻关面上项目(2010B010005009); 惠州学院自然科学研究重点项目(C<sub>2</sub>11-0404); 惠州学院教学质量工程项目(156010450)。

**作者简介** 王建兵(1966—), 男, 湖南湘潭人, 研究员级高级工程师, 博士, 从事园林植物生态研究。

**收稿日期** 2017-01-17

成,红光有利于糖类化合物的合成。不同波长的光在诱导向光性、形态生成、色素形成等方面,其作用也不相同。紫外线能诱导植物体内某些花青素的形成<sup>[9]</sup>。青光、蓝光、紫光能抑制植物延长生成和幼芽的分化,使植物形成粗矮的形态,并引起向光性的敏感和促进花青素的形成;某些植物要求经历一定的光周期才能形成花芽的现象是由于植物对于周期性的昼夜间光暗交替变化及光暗时间长短的生理响应。根据开花与光周期的关系可将植物分为短日植物、长日植物、中日性植物、日照中性植物 4 种类型。

## 2 LED 在设施农业切花、盆花生产中的应用

在设施农业切花、盆花生产中,人工光源通常所采用的是荧光灯与高压钠灯。如何补光、提高补光的均匀度、调整光质与开发具有更高效率的人工光源一直是该领域研究的课题。近年来随着光电科学技术的发展,由于人们研发的发光二极管大幅提高了其亮度与效率,使得这种光源在设施农业生产中被广泛应用。发光二极管具有高光电转换效率、使用直流电、寿命长、体积小、波长固定与低发热等众多优点,相比于目前所使用高压钠及荧光灯等人工光源系统具有光质、光强可调整、冷却负荷低并可提高单位面积栽培量等优点,因此,对封闭可调控的设施农业切花、盆花生产环境是一种非常适合的人工光源。早在 1968 年发光二极管(简称 LED)的相关产品就已经问世,只是当时辐射强度低且种类少,所以应用上仍局限于观赏或标示等用途。经过这些年光电科技技术的进步,在 20 世纪 80 年代中期市场上不但出现了高亮度的 LED,而且在 1993 年日本日亚公司更成功开发出高亮度蓝光 LED,使得全彩化的 LED 产品得以实现,也拓展了其用途,包括通讯产品、汽车、交通信号、资讯产品、照明及生物农业等,其中生物产业上的用途就是近几年来相当热门的一个领域<sup>[10]</sup>。光为植物生长中重要的环境因子之一,主要来自于太阳的辐射能。随着科技进步及农业生产型态的改变,导入人工光源来取代或补充自然日光的不足已是设施农业切花、盆花生产中的常规方法,使用的人工光源包括 LED、荧光灯、高压钠灯、金属卤素灯及灯泡等。LED 的特点对于研究和促进切花植物的光形态建成和光合作用、花芽分化有非常重要的意义<sup>[11]</sup>。

## 3 蝴蝶兰与 LED 光的关系研究

### 3.1 光对蝴蝶兰光合特性的影响研究

吴根良等<sup>[12]</sup>以卡特兰和蝴蝶兰为材料,研究其叶片在不同光照条件下[全光照(处理 1)、36%光照(处理 2)和 18%光照(处理 3)]净光合速率和叶绿素荧光参数日变化。结果表明,在上述 3 种光照条件下,卡特兰和蝴蝶兰净光合速率变化呈“V”型。从 10:00 开始,处理 1 和处理 2 光照下蝴蝶兰和卡特兰净光合速率开始下降为负值,到 18:00 处理 1 仍为负值,处理 2 恢复为正值。处理 3 在午间其光合速率下降幅度低于处理 2 光照及处理 1 光照,恢复速度快于前两者。叶绿素荧光参数日变化表明,在处理 1 条件下,蝴蝶兰和卡特兰叶片 PS II 非环式电子传递光化学量子产量( $\Phi\text{PS II}$ )、PS II 光化学效率( $F_v/F_m$ )、光化学猝灭系数( $qP$ )随光强增加而降低,到 18:00 时

未能恢复至 08:00 时的值,光合器官受到伤害。在处理 2 光照处理下, $\Phi\text{PS II}$ 、 $F_v/F_m$ 、 $qP$  随光强增加而降低,至 18:00 时基本恢复至 08:00 时的值。处理 3 光照处理,各值均较稳定。在处理 2 光照及处理 3 条件下,光 PS II 电子传递速率随光强增加而增加,处理 1 则相反,因此,蝴蝶兰和卡特兰在  $500 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  以上光照强度下受到严重光抑制,能忍受  $310 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  的光照强度,在  $160 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  光照强度下,蝴蝶兰和卡特兰未受光抑制,生长良好。在生产实践中可采用增加遮阳网,因为处理 1 光照条件有利于蝴蝶兰和卡特兰的生长。赵伶俐等<sup>[13]</sup>、朱懿等<sup>[14]</sup>在不同光照强度培养条件下研究了蝴蝶兰初代培养过程中总酚含量、外植体内多酚氧化酶(PPO)活性以及褐化百分率的变化规律。结果表明:2 000 lx 光强培养的外植体褐化严重且 PPO 活性高于其他 2 个处理,差异显著,1 000 和 3 000 lx 光强培养可降低褐化率;3 个处理间总酚含量差异不显著。二者相关性分析表明,PPO 活性与外植体中总酚含量呈中等相关。

### 3.2 LED 光对蝴蝶兰组培苗生长的影响研究

戴艳娇等<sup>[1]</sup>以红蓝等光的新型光源 LED 进行不同光质配比组合后,对蝴蝶兰组培苗进行照射,研究其形态、碳氮代谢、色素含量及抗氧化酶系活性等检测指标的变化,结果 RBG(红光/蓝光/绿光)处理组全部生根,而单色红光处理的蝴蝶兰组培苗徒长,单色蓝光处理的组培苗根系活力最高。单色蓝光和红蓝组合处理的叶片色素含量高于白光,叶绿素 a/类胡萝卜素比值、叶绿素 a/b 比值随着 R/B 比率的降低而减小。可溶性糖、游离氨基酸、蔗糖和淀粉的含量及 C/N(碳氮比)在单色蓝光下均高于单色红光处理。

### 3.3 LED 光对蝴蝶兰幼苗生长的影响研究

蒋要卫<sup>[15]</sup>以蝴蝶兰和大花蕙兰试管苗为试验材料,以具有低透湿性、高透气性的树脂膜为材料制作新型培养容器 C(P),开展在新型组培光源(LED)条件下用常规培养、施用  $\text{CO}_2$  对蝴蝶兰和大花蕙兰试管苗进行培养研究。结果表明:用自行研制的光质比例和光量子数可调的蓝光与红光 LED 灯作为人工光源,培养蝴蝶兰和大花蕙兰试管苗,在常规培养条件下,比例为 25% 蓝光 + 75% 红光 LED 光源照射大花蕙兰试管苗,其生长优于传统的用荧光灯培养的试管苗;在  $\text{CO}_2$  施肥条件下,比例为 20% 蓝光 + 80% 红光 LED 光源对大花蕙兰试管苗生长和叶片气孔特征的影响明显优于传统组织培养用荧光灯。LED 在常规培养和  $\text{CO}_2$  施用条件下对蝴蝶兰试管苗主要测定指标的影响上,传统组织培养用荧光灯的影响明显优于 LED,且生长在 LED 光源下的蝴蝶兰试管苗叶片形态异常,出现皱缩现象。但与传统光源相比,该新型光源可提高蝴蝶兰试管苗的叶绿素指数和干物率。

### 3.4 LED 光对蝴蝶兰花芽分化及开花的影响研究

王秀美<sup>[16]</sup>在智能化温室中,通过盆栽试验,采用指标测量、差异显著性检验等方法,发现不同日温、光照等条件对蝴蝶兰的生长和开花均有显著影响,蝴蝶兰最适宜的栽培日温是  $26 \text{ }^\circ\text{C}$ ,当室外光强超过 20 000 lx 时开始遮光,小于 20 000 lx 时合拢遮阳幕,植株长势和开花性状最好。任桂萍等<sup>[17]</sup>将

培养了540 d后的蝴蝶兰栽培种‘小飞象’送到广东省从化区良口镇进行高山越夏,低温催温处理3个月后,以抽梗的成苗为试验培养材料,采用LED的纯红光、纯蓝光以及用不同比例的红蓝组合的LED光源对蝴蝶兰成苗进行照射,采用白色荧光灯作为对照,研究不同光质对蝴蝶兰开花时间及品质的影响。结果表明,单色光(包括纯红光和纯蓝光)更利于蝴蝶兰花序发育,促进开花,纯红光和纯蓝光分别比对照提前4.71和5.29 d,红光比例较高的红蓝组合光(R7B3)更有利于花朵的发育,表现为花朵最大、花色素苷含量最高,提高了蝴蝶兰花卉的品质。

#### 4 展望

蝴蝶兰是人们喜爱的春节年花种类之一,不论是盆花或鲜切花,需求量非常大,特别对于提高出口创汇、增加花农的经济收入具有重要意义,因此,蝴蝶兰在我国兰花产业中具有重要地位。如何使蝴蝶兰花卉产业实行工厂化生产,克服季节和气候的影响,按照人们的期望进行花期调控,研究LED光源对蝴蝶兰的生长发育具有十分重要的理论意义和实践意义。广大兰花生产和科技工作者应在LED光源对蝴蝶兰的花苗的良种选育、组织培养、花卉栽培、花期调控等方面开展更多研究。虽然研究者已在光质、光强、光期对蝴蝶兰的植物光合特性、幼苗生长、组织培养、花芽分化、开花机理方面进行深入研究,并取得一定的成果,但关于LED光源对蝴蝶兰生长发育的影响还有一系列问题需要研究:①在研究方法上,国内关于LED光源对蝴蝶兰生长发育的影响研究较零碎,只是对某几个指标进行检测比较,缺乏更深入的系统研究,特别是伴随着LED光源的其他生态影响因子,例如温度、栽培基质、空气质量、湿度以及全LED光源与自然光结合、LED光源补光的关系等系列因子的综合作用机理尚不明确。目前的主要研究试验还停留在少量盆栽试验上,缺乏大规模的工厂化试验数据的验证结果,所以要推广LED光源在蝴蝶兰上的应用,特别是实现规模化生产还需深入研究,兰花工作者也应加强重视。②如何在已有的理论研究基础上开展全方位的深入研究,得出更多具有实用价值的科研成果,使LED光源对蝴蝶兰的培育应用技术日臻成熟并广泛应用于我国蝴蝶兰的花卉生产,建立完善我国蝴蝶兰工厂

化生产的栽培技术体系和标准化工厂生产标准,以及开展相关系列的研究,实现蝴蝶兰生产工厂化、自动化、标准化、现代化是我国蝴蝶兰产业乃至整个兰花产业需长期而深入研究的课题任务,也是我国今后兰花产业努力的方向。

#### 参考文献

- [1] 戴艳娇,王琼丽,张欢,等.不同光谱的LEDs对蝴蝶兰组培苗生长的影响[J].江苏农业科学,2010(5):227-231.
- [2] 邝禹洲.珠江三角洲可成为我国冬季切花生产基地[J].广东园林,2001(1):34-35.
- [3] 曹仪植.植物分子生物学[M].北京:高等教育出版社,2002:267-279.
- [4] BARCELÓ M, EL-MANSOURI I, MERCADO J A, et al. Regeneration and transformation via *Agrobacterium tumefaciens* of the strawberry cultivar Chandler[J]. Plant Cell, Tissue Organ Cult, 1998, 54(1): 29-36.
- [5] FUKUDA N, KOBAYASHI-YOSHINAKA M, UBUKAWA M, et al. Effects of light quality, intensity and duration from different artificial light sources on the growth of petunia (*Petunia × hybrida* Vilm.) [J]. Japan Soc Horticult Sci, 2002, 71(4): 509-516.
- [6] BULA R J, MORROW R C, TIBBITTS T W, et al. Light-emitting diodes as a radiation source for plants[J]. HortScience, 1991, 26(2): 203-205.
- [7] BROWN C S, SCHUERGER A C, SAGER J C. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting[J]. J American Soc Hort Sci, 1995, 120(5): 808-813.
- [8] PASSEY J, BARRETT K J, JAMES D J. Adventitious shoot regeneration from seven commercial strawberry cultivars (*Fragaria × ananassa* Duch.) using a range of explant types[J]. Plant Cell Rep, 2003, 21(5): 397-401.
- [9] STOWE-EVANS E L, HARPER R M, MOTCHOULSKI A V, et al. NPH4, a conditional modulator of auxin-dependent differential growth responses in Arabidopsis[J]. Plant Physiol, 1998, 118(4): 1265-1275.
- [10] 于海业,王永志,张蕾. LED在设施农业中的应用[J]. 农机化研究, 2009, 31(5): 190-192.
- [11] 王永志. 君子兰栽培环境机理与调控的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009: 15-28.
- [12] 吴根良,何勇,王永传,等.不同光照条件下卡特兰和蝴蝶兰光合作用和叶绿素荧光参数日变化[J].杭州农业科技,2007(3):14-17.
- [13] 赵伶俐,葛红,范崇辉,等.不同光照强度对蝴蝶兰组培中外植体褐化的影响[J].北方园艺,2006(4):160-161.
- [14] 朱懿,严红.蝴蝶兰组织培养研究进展[J].安徽农业科学,2008,36(5):1783-1785,1787.
- [15] 蒋要卫.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,2006:1-10.
- [16] 王秀美.设施内日温与光照对蝴蝶兰生长发育的影响[J].山东林业科技,2009,39(4):18-20.
- [17] 任桂萍,王小菁,朱根发.不同光质的LED对蝴蝶兰‘小飞象’开花时间及品质的影响[C]//中国园艺学会、中国园艺学会观赏园艺专业委员会.花卉优质、高产、高效标准化栽培技术交流会论文集汇编.昆明:中国园艺学会、中国园艺学会观赏园艺专业委员会,2014:7.

## 科技论文写作规范——数字

公历世纪、年代、年、月、日、时刻和各种计数和计量,均用阿拉伯数字。年份不能简写,如1990年不能写成90年,文中避免出现“去年”“今年”等写法。小于1的小数点前的零不能省略,如0.2456不能写成.2456。小数点前或后超过4位数(含4位数),从小数点向左右每3位空半格,不用“,”隔开。如18 072. 235 71。尾数多的数字(5位以上)和小数点后位数多的小数,宜采用 $\times 10^n$ ( $n$ 为正负整数)的写法。数字应正确地写出有效数字,任何一个数字,只允许最后一位存在误差。