

doi : 10. 16473/j. cnki. xblykx1972. 2020. 05. 005

不同 LED 光质对大花蕙兰与莲瓣兰杂交苗生长及生理生化特性的影响*

刘洋, 王玉英, 朱雄, 李茹
(云南农业大学 园林园艺学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 以大花蕙兰‘红酒’×莲瓣兰‘边草素花’组培苗为试材, 用9种不同光质的LED光照处理, 测试其生理特性, 探索出最适合该杂交兰的最佳光源。研究表明, 单色绿光(G)处理下杂交组培苗株高值最大, 为9.50 cm; 红蓝黄光(RBY)处理下, 株高最低, 为5.90 cm。在红蓝白复合光(RBW)处理下组培苗叶片数最多, 为7片; 叶长值最大, 为8.64 cm。红光(R)下叶宽长度最佳, 为6.40 mm。在LED红蓝绿(RBG)复合光下, 叶绿素a含量最高, 为0.875 8 mg/g; 最低为绿光(G)处理下的含量, 为0.569 6 mg/g; 叶绿素b含量最高的处理为红蓝绿光(RBG), 为0.784 2 mg/g; 红蓝绿复合光(RBG)处理下类胡萝卜素含量最高, 为0.082 2 mg/g; 红光(R)处理下叶绿素a/b最高, 为2.068 mg/g。LED红蓝复合光(RB)处理下, 组培苗叶片糖含量显著高于其他处理($P < 0.05$), 为2.825 4%; 蓝光(B)处理下, 杂交组培苗叶片可溶性蛋白的含量达到最高值, 为21.531 1 mg/g。在LED红蓝光(RB)处理下, 可溶性糖含量达到最高值, 为2.83%, 与其它光质处理间差异显著。综合分析得出复合红蓝白光(RBW)组培苗各项形态指标综合系数较高。

关键词: LED; 杂交兰; 生理生化特性

中图分类号: S 682.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-8246 (2020) 05-0030-07

Effect of LED Light Quality on Hybrid Plantlets Growth and Physiological Characteristics of *Cymbidium hybridum* ‘hongjiu’ × *Cymbidium tortisepalum* ‘biancaosuhua’

LIU Yang, WANG Yu-ying, ZHU xiong, LI Ru

(College of Gardening and Gardening, Yunnan Agricultural University, Kunming Yunnan 650201, P. R. China)

Abstract: The tissue culture seedlings of *Cymbidium hybridum* ‘hongjiu’ × *Cymbidium tortisepalum* ‘biancaosuhua’ were used as test materials. The physiological characteristics of the hybrid orchid were tested under 9 different LED light quality treatments to find the best light source for the hybrid orchid. The results showed that the highest plant height was 9.50 cm, the lowest was 5.90 cm under the treatment of monochrome green (G) and RBY light. Under the RBW light treatment, the number of leaves in tissue culture seedlings was the largest, 7, and the length of leaves was the largest, which was 8.64 cm. The content of sugar in the leaves of the hybrid plantlets was 2.825 4% under the RB light treatment, which was significantly higher than that of the rest ($P < 0.05$). The content of soluble protein in the leaves of the hybrid plantlets reached the highest value (21.531 1 mg/g) under the B light treatment. Under red and RB light treatment, the soluble sugar content reached the highest value (2.83%), which was signifi-

* 收稿日期: 2019-11-14

基金项目: 云南省重点新产品开发计划 (2012BB008), 云南农业大学自然科学基金青年科研基金 (2016ZR10), 云南省科技计划重点项目 (2018BB10)。

第一作者简介: 刘洋 (1994-), 女, 硕士研究生, 主要从事园林植物资源利用与创新研究。E-mail: 893747155@qq.com

通信作者简介: 王玉英 (1980-), 女, 副教授, 博士, 主要从事植物资源的利用和创新研究。E-mail: wyysxp@126.com

cantly different from other light quality treatments. Comprehensive analysis showed that compound RBW light was the optimum light source for *Cymbidium hybridum* 'hongjiu' × *Cymbidium tortisepalum* 'biancaosuhua'.

Key words: LED; hybrid plantlets; biochemical characteristics

兰花即兰科 (Orchidaceae) 植物的总称, 单子叶植物。全世界兰科植物约有 700 属^[1], 中国有 171 属 1 247 种^[2]。中国兰科的特有属有 11 个, 其中云南包含 4 个, 即滇兰属 (*Han-cockia*)、长喙兰属 (*Tsaiorhis*)、蜂腰兰属 (*Bulleyia*) 和反唇兰属 (*Smithorchis*)。云南兰科的特有种数占全省的 1/3 左右^[3], 约有 115 ~ 153 种。例如, 哀牢山附生兰科植物有 26 属 65 种, 其中石斛属 (*Dendrobium*) 和石豆兰属 (*Bulbophyllum*) 分别有 12 种和 8 种^[4], 故被称为“植物王国”。大花蕙兰 (*Cymbidium hybridum*) 和莲瓣兰 (*C. tortisepalum*) 是兰科兰属的多年生草本植物。大花蕙兰是人工杂交种, 因其花姿特异被誉为“兰花新星”, 是五大盆栽花 (蝴蝶兰 *Phalaenopsis aphrodite*、石斛兰 *Dendrobium nobile*、大花蕙兰、中国兰、卡特兰 *Cattleya hybrida*) 之一^[5]。莲瓣兰原产于云南西北部海拔 1 500 ~ 2 500 m 的三江 (怒江、澜沧江、金沙江) 并流区域以及其沿线, 主要分布在大理、丽江、迪庆、怒江等地区。目前, 莲瓣兰有 100 多个品系^[6-7], 以叶型秀美、瓣型丰富、色彩艳丽等特质受到大众青睐, 成为兰界新宠^[8]。

太阳光提供植物所需的能量, 使之完成生命周期。植物没有光照会发育缓慢, 甚至停止发育。植物通过接收光感受系统与外界产生联系, 调节植物的生长发育、形态建成、细胞代谢等^[9]。同种植物对不同光质所产生的反应也不同, 通过改变光质配比来提高植株的生长品质是国内外的研究热点和难点。太阳光的光谱组成主要范围是 300 ~ 2 000 nm, 光合有效辐射范围是 400 ~ 700 nm^[10], 说明植物在这个波长范围内才能进行有效光合作用, 植物通过吸收不同波长的光质来进行生理代谢。因此, 探寻植物的最佳光源, 对植物有重要作用。根据植物的需要使用特定的光强, 找到最适合的光强, 促使植物生长达到最佳指标。如毛立彦等^[11]对杨凌地区的曼陀罗进行光强研究, 中等光强时其生长状况最佳, 植株的生理形态指标均最好。植物在光环境下, 自然进化演变后形成植物特有的光照时间, 如莲瓣兰^[12]属于半阴生植物, 长日照和短日照无区别, 其花芽分化前期阶段, 光照强度只对花芽分化有影响。

相比传统光源, LED 优势明显, 具有节能环保、体积小、质量轻、色彩多样、防潮性能好、启动时间短 (纳秒级)、发光效率高等特点^[13]。随着 LED 光源的开发, LED 技术愈发成熟, 国内外均有 LED 光质处理能改变植物生理特性的报道。戴艳娇等^[14]研究了不同光谱的 LED 对蝴蝶兰组培苗生长的影响。王丹等^[15]研究了 LED 光源不同的光质比组合处理下对碧玉兰 (*C. lowianum*) ♀ × 独占春 (*C. eburneum*) ♂ 组培苗生理生化指标的影响, 但对大花蕙兰“红酒” (*C. hybridum* 'hongjiu') × 莲瓣兰“边草素花” (*C. tortisepalum* 'biancaosuhua') 组培苗生长及生理特性影响的研究未见报道。

试验以大花蕙兰“红酒”为母本, 莲瓣兰“边草素花”为父本的一代杂交组培苗为材料, 通过控制 LED 不同光质的比例, 设置 8 种光质组合和 1 组对照, 探究不同光质对该材料生长及相关生理指标的影响, 以期找到适宜相关组织培养的最佳光源, 为该品种兰花产业化生产、科学研究、栽培繁育等提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为大花蕙兰“红酒” (♀) 与莲瓣兰“边草素花” (♂) 杂交组培苗, 材料由云南农业大学花卉研究所自主培育。

1.2 研究方法

1.2.1 前期杂交组培苗准备光照工作

选取生长发育良好、大小基本一致的组培苗, 将其接种进生根培养基内, 置于不同光源下照射, 共设定 9 组光照 (表 1), 光照处理后 100 d, 随机选取 27 瓶, 每瓶 6 株苗测定生理指标。生根培养基配方为 1/2 MS+IBA 0.5 mg/L+NAA 0.3 mg/L+AC 0.05%+香蕉 80 g/L, pH 值为 5.8。将材料在荧光灯下预培养 7 d, 随后转至培养架。调整培养瓶与光源的位置相一致, 光照周期为 14 h/d。调节培养室内相对湿度为 (75 ± 5)%, 温度为 (25 ± 2)℃。

1.2.2 光源控制系统

试验设置9种光质处理,分别是对照组白光(CK)、红光波长660 nm (R660)、黄光590 nm (Y590)、绿光520 nm (G520)、蓝光440 nm

(B440)、红蓝复合光660 nm (R660B)、红蓝绿光660 nm (R660BG)、红蓝黄光660 nm (R660BY)、红蓝白光660 nm (R660BW)。

表1 光质组合系统

Tab. 1 Optical combination system

光谱处理	光密度/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$						总光密度/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	总功率/ W
	CK	R660	Y590	G520	B440	W		
CK	50						50	60
R660		50					50	60
Y590			50				50	60
G520				50			50	60
B440					50		50	60
R660B		36.49				13.51	50	60
R660BG		33.75		3.75		12.5	50	60
R660BY		33.75	3.75			12.5	50	60
R660BW		33.75				12.5	3.75	60

1.2.3 指标测定及方法

随机抽取10株苗,测量株高、叶片数、叶长、叶宽。其中,株高为植株基部至最长叶片的叶尖的长度;叶长为叶痕至叶尖的长度;叶宽为最宽叶片中部的最宽处。株高、叶长使用卷尺直接测量;叶宽使用游标卡尺精准测定。采用蒽酮法测定可溶性糖含量、考马斯亮蓝法G-250测可溶性蛋白含量、分光光度法测叶绿体色素含量、水合茚三酮法测游离氨基酸含量^[16]。

1.3 数据处理

用Excel整理数据并制作图表,采用SPSS 17.0软件进行数据统计分析。采用单因素方差分析和DUNCAN进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同光质对杂交兰生长指标的影响

不同光质对大花蕙兰‘红酒’×莲瓣兰‘边草素花’杂交组培苗增殖与地上部生长的影响试验结果如表2所示。不同光质处理下,杂交组培苗株高、叶数、叶长、叶宽、地上部分/地下部分的最高值分别与对照组(CK)处理差异显著($P < 0.05$)。在9种LED光照下组培苗株高值范围为5.90~9.50 cm,绿光(G)处理下杂交组培苗株高平均为9.50 cm,显著高于其他光质处理,说明

绿光促进茎的生长;在红蓝黄光(RBY)处理下,株高平均为5.90 cm,株高值最低,说明此复合光对株高生长有抑制作用。在CK、R、Y、B、RB、RBG、RBW处理下,组培苗之间的株高差异不显著。株高从高到矮依次为:G、B、Y、CK、R、RB、RBW、RBG、RBY,其中处理G、B、Y均高于CK对照组的21.79%、15.13%、11.54%。由表2可知,9种光照处理间叶片数存在显著差异。在红蓝白复合光(RBW)处理下组培苗叶片数最多,为7片,其余处理之间差异不明显,杂交组培苗叶片数目从多到少依次为:RBW、Y、RBY、RB、G、RBG、B、CK、R。叶片在红蓝白复合光(B)下叶长度最佳,为8.64 cm,与对照组CK有显著差异;处理R、G、B、RB之间的差异不大,在黄光(Y)处理下叶长最短,为5.31 cm,且差异显著;处理CK、Y的叶片长度差异不大,均较短;杂交组培苗叶长从长到短依次为:RBW、RBY、RBG、RB、G、B、R、CK、Y、RBW、RBY、RBG、RB、G、B、R处理下均比对照组分别增加61.80%、24.34%、22.85%、17.98%、15.36%、11.24%、6.74%。在红光(R)下叶宽长度最佳,为6.40 cm,与其他组有显著差异,处理CK与Y、G、B、RB、RBG、RBW均差异不显著,在红蓝黄复合光(RBY)照射下叶宽值最低,为4.50 cm。组培苗叶宽从宽到窄依次为:R、Y、

RBG、RBW、B、RB、G = CK、RBY、R、Y、RBG、RBW、B、RB与CK相比增加25.49%、15.69%、11.76%、9.80%、7.84%、5.88%。

LED红光(R)处理下,地上部分/地下部分比值最大,与其他光质处理有明显差异,RB、

RBG与CK对照差异不显著,其比值从大到小依次为:R、RBY、RBW、RB、CK、RBG、G、B、Y。综合分析,在红蓝白复合光(RBW)处理下各项指标较好,有利于促进植株生长。

表2 不同光质对大花蕙兰‘红酒’×莲瓣兰‘边草素花’杂交组培苗生长指标的影响

Tab.2 Effects of different light qualities on groth index of *Cymbidium hybridum* ‘hongjiu’ × *Cymbidium tortisepalum* ‘biancaosuhua’ tissue culture seedlings

序号	光质处理	株高/cm	叶片数/个	叶长/cm	叶宽/mm	地上部分/地下部分
1	CK	(7.80±1.72)abc	(4.60±0.55)c	(5.34±0.55)c	(5.10±1.14)ab	(0.58±0.08)bcd
2	R	(7.50±2.12)abc	(4.40±0.55)c	(5.70±1.25)bc	(6.40±0.96)a	(0.78±0.22)a
3	Y	(8.70±3.25)ab	(5.80±0.84)b	(5.31±1.42)c	(5.90±0.89)ab	(0.44±0.22)c
4	G	(9.50±2.12)a	(5.00±0.71)bc	(6.16±0.50)bc	(5.10±1.75)ab	(0.50±0.21)cd
5	B	(8.98. ±1.91)ab	(4.80±0.84)bc	(5.94±0.40)bc	(5.50±1.22)ab	(0.45±0.23)d
6	RB	(7.06±1.25)abc	(5.20±0.84)bc	(6.30±0.76)bc	(5.40±1.34)ab	(0.59±0.19)bcd
7	RBG	(6.62±0.63)bc	(4.90±0.55)bc	(6.56±0.63)b	(5.70±0.67)ab	(0.52±0.19)bcd
8	RBY	(5.90±0.96)c	(5.60±1.14)bc	(6.64±1.7)b	(4.50±0.50)b	(0.68±0.19)ab
9	RBW	(6.84±0.98)abc	(7.00±0.71)a	(8.64±0.23)a	(5.60±0.55)ab	(0.62±0.18)bc

注:其中小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

2.2 不同光质对组培苗叶片色素含量的影响

由表3可知,大花蕙兰‘红酒’×莲瓣兰‘边草素花’杂交组培苗叶绿素a在LED红蓝绿复合光(RBG)下含量最高,为0.8758 mg/g,且高于对照组,但差异不显著;R、Y、G、B、RB、RBY、RBW处理均低于对照组处理,差异不显著。在红光(R)、绿光(G)、蓝光(B)光处理下叶绿素含量均较低,最低为绿光(G)处理下的含量,值为0.5696 mg/g。叶片叶绿素a含量从大到小的顺序为:RBG、CK、RBY、Y、RB、RBW、B、R、G。

大花蕙兰‘红酒’×莲瓣兰‘边草素花’杂交组培苗叶绿素b在红光(R)、红蓝光(RB)、红蓝白(RBW)处理下含量显著小于5%,显著低于其他光质处理,含量最低处理为红光(R),为0.2954 mg/g;含量最高的处理为红蓝绿光(RBG),为0.7842 mg/g;处理Y、G、B、RBY与CK处理差异性不显著。叶片叶绿素b含量从大到小的顺序为:RBG、B、CK、Y、G、RBY、RBW、RB、R,其中RBG、B处理比CK处理高37.97%、3.17%。

大花蕙兰‘红酒’×莲瓣兰‘边草素花’杂交

组培苗类胡萝卜素在红蓝绿复合光(RBG)处理下含量最高,为0.0822 mg/g,RBY、RB、CK与之相较差异均不显著,但显著高于其他光质处理。在黄光(Y)处理下,类胡萝卜素含量最低,为0.0400 mg/g,与其他处理差异显著。叶片类胡萝卜素含量从大到小的顺序为:RBG、RBY、CK、RB、R、G、B、RBW、Y,RBG、RBY处理较CK处理的叶片类胡萝卜素提高10.93%、6.88%。

大花蕙兰‘红酒’×莲瓣兰‘边草素花’杂交组培苗叶绿素a/b在LED红光(R)处理下的值最高,为2.068 mg/g,红蓝复合光(RB)值为2.0574 mg/g,两者之间差异不显著,但均高于其他7种光质处理;蓝光(B)处理下值最低,为1.0463 mg/g,与对照组差异不显著,其余处理均与CK组差异不显著。组培苗叶绿素a/b值从大到小的顺序为:R、RB、RBY、CK、Y、RBG、G、B,其中R、RB、RBY处理比CK叶绿素a/b高40.99%、40.26%、17.72%。综合比较,这几组光质组合对叶片叶绿素a、b、类胡萝卜素及叶绿素a/b值均有影响,其中红蓝绿复合光(RBG)效果最佳,有利于促进植株体内色素合成。

表3 不同光质对组培苗叶片色素含量的影响

Tab. 3 Effect of different light quality on the pigment content of tissue cultured seedlings

序号	光质处理	叶绿素 a /mg · g ⁻¹	叶绿素 b /mg · g ⁻¹	类胡萝卜素 /mg · g ⁻¹	叶绿素 a/b
1	CK	0.833 8ab	0.568 4b	0.074 1a	1.466 8ab
2	R	0.610 8c	0.295 4e	0.064 8ab	2.068 0a
3	Y	0.768 7abc	0.527 8bc	0.040 0c	1.460 2ab
4	G	0.569 6c	0.495 3bcd	0.062 5ab	1.152 1b
5	B	0.613 6c	0.586 4b	0.062 4ab	1.046 3b
6	RB	0.730 4abc	0.389 0e	0.070 3a	2.057 4a
7	RBG	0.875 8a	0.784 2a	0.082 2a	1.154 3b
8	RBV	0.780 1abc	0.484 5bcd	0.079 2a	1.726 7ab
9	RBW	0.625 8bc	0.411 9cd	0.044 8c	1.520 6ab

2.3 不同光质对组培苗碳氮代谢的作用

糖在植物整个生命周期都起着至关重要的作用,在LED红蓝光(RB)处理下,可溶性糖含量达到最高值,为2.83%,与其它光质处理间差异显著;G、RBG之间可溶性糖含量较高,处理间差异不显著;处理R、Y、B可溶性糖含量均较低,且不存在差异显著性,最低为红光(R)处理,为1.11%。组培苗中可溶性糖含量从多到少依次为:RB、G、RBG、CK、RBW、RBV、Y、B、R。

在LED蓝光(B)处理下,叶片可溶性蛋白含量最高,为21.53 mg/g,其次是RB、Y处理,含量分别为20.66 mg/g、19.12 mg/g,与对照组CK差异显著;处理绿光(G)效果最差,含量最低,为14.91 mg/g。杂交组培苗叶片可溶性蛋白含量从多到少依次为:B、Y、RBG、RB、RBW、R、CK、RBV、G。

单色绿光(G)照射下游离氨基酸值最大,为178.299 2 μg/g,显著比其他光质组合高($P < 0.05$),复合光RBW、B的值也较大,分别为150.102 3 μg/g、137.954 6 μg/g,对比G处理差异不显著;单色黄光(Y)处理下值最低,为79.065 2 μg/g,与CK差异明显,其余几组光质培养下差异较小。叶片游离氨基酸含量从多到少依次为:G、RBW、CK、RB、RBV、B、RBG、Y、G、RBW游离氨基酸值比CK对照处理高45.92%、22.84%。

综合分析,以上3种指标对杂交苗均有影响。复合红蓝光(RB)在测试的几项指标中比较稳定,且可溶性糖含量的值也最大,所以红蓝光(RB)为碳代谢的最佳光源。

表4 不同光质对组培苗碳氮代谢的影响

Tab. 4 Effects of different light quality on C and N metabolism of tissue culture seedlings

序号	光质处理	可溶性糖 /%	可溶性蛋白 /mg · g ⁻¹	游离氨基酸 /μg · g ⁻¹
1	CK	1.634 5c	15.754 4bc	122.192 0bc
2	R	1.111 1d	16.336 8bc	90.816 0cd
3	Y	1.213 7d	19.120 9ab	79.065 2d
4	B	1.149 9d	21.531 1a	137.954 6b
5	G	2.236 7b	14.913 1c	178.299 2a
6	RBG	2.158 6b	18.720 5abc	80.903 3d
7	RB	2.825 4a	18.085 8abc	119.715 9bc
8	RBV	1.268 2cd	15.357 4bc	117.312 9bc
9	RBW	1.470 1cd	16.889 6bc	150.102 3ab

3 讨论与结论

3.1 讨论

3.1.1 不同光质对组培苗生长指标的影响

光环境作为植物生长的必要条件,一直是组培研究的重点。随着光环境的改变,植物的生长指标也会有所差异。在多数研究中,红光有利于株高生长,在蝴蝶兰^[17]的研究中也发现单色红光或者红蓝配比光照处理能促进其植株的生长,本试验单色绿光处理下,株高效果最佳,这与上述研究结果不同;但在生菜(*Lactuca sativa*)^[18]生长品质的研究中,补充绿光能促进各指标的生长,本试验株高在绿光(G)下值最大,为9.50 cm,说明绿光是该杂交种苗的有效光,并促进植株生长。LED调控黄瓜(*Cucumis sativus*)幼苗生长的试验中,红光比例为75%,黄瓜植株各项指标显著大于其他处理;当红光比例下降,植株干鲜重呈现先增后减的

趋势^[19]。本试验研究得出，在红蓝白复合光(RBW)下杂交组培苗的叶数最多，为7片，叶长值达到最大，为8.64 cm，并且都与对照组(CK)差异显著。在红光(R)下叶宽值最大，为6.40 cm，地上部分/地下部分的值最大，为0.78 g。综合试验结果发现，红蓝白复合光(RBW)比例为11:4:1时，植株各形态指标较为稳定，生长状态良好；杂交兰的株高、叶片数、叶长值、叶宽值最差的光质处理分别为：RBY、R、Y、RBY；有黄光处理下的各项指标均较差，不利于植株的生长发育。

3.1.2 不同光质对组培苗叶片色素含量的影响

不同植物对光谱吸收有其独特性，各种单色光或复合光形成和植物光合作用形态建成一致的光谱对植物产生影响。国内大多研究LED光质对植物的影响，选择以红、蓝光或是红蓝组合光为主，如：对竹叶兰(*Arundina graminifolia*)组培研究中，以普通荧光作光源，450~480 nm蓝光处理可显著提高总叶绿素、类胡萝卜素和可溶性蛋白含量，但抑制竹叶兰地上部分伸长生长^[19]；李夏媛等^[20]试验得出，LED红蓝白混合光质(RBW)照射后，虎雪兰(*C. tracyanum* var. *huanghua* × *C. mastersii*)组培苗叶片叶绿素a、b、类胡萝卜素含量最高；石镇源等^[21]研究得出在复合光(RBG)处理下叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素都显著高于其他处理。本试验研究结果表明，红蓝绿复合光(RBG)处理下，大花蕙兰‘红酒’×莲瓣兰‘边草素花’组培苗叶片叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素的含量均最大，分别为0.875 8 mg/g、0.784 2 mg/g、0.082 2 mg/g。与对照组CK相比，显著提高5.04%、37.97%、10.93%。说明对于本试验，在红蓝复合光质组合中，适当的添加一定比例的绿光光质，有助于组培苗叶片叶绿素a、b的合成，这与前人研究结果的差异可能是由于所选植物种类或品种不同而造成的。

3.1.3 不同光质对组培苗碳氮代谢影响

测定可溶性蛋白含量和可溶性糖，可以了解植物体代谢的生理生化指标，植物体叶片中所含的可溶性蛋白，反映了植株的氮素代谢水平。唐大为等^[22]在研究中发现，处理20 d后，黄瓜幼苗叶片中可溶性蛋白的含量在蓝光处理下的最高。邸秀茹等^[23]研究得出，蓝光对菊花组培苗可溶性蛋白的合成有较大的促进作用。本研究也是在蓝光(B)处理下可溶性蛋白含量最高，为21.53 mg/g，这

与前人的研究结果基本一致，表明蓝光能够促进植株蛋白质合成，本试验结果相差不大，说明适当增加红光比例或者仅蓝光照射对组培苗蛋白质的合成都是有利的。可溶性糖为植物的生长发育提供能量，LED红蓝复合光有利于该试验组培苗糖分的积累，从而提高种苗的品质。王丹等^[24]以碧玉兰×独占春组培苗为研究对象研究得出红蓝光(RB)处理下的可溶性糖含量较多，本试验结果同样表明在红蓝光(RB)处理下可溶性糖含量显著高于其他处理。

氨基酸是蛋白质的基本单位，对植株的抗逆性有重要的影响。在碧玉兰^[25]的试验中发现单色蓝光有利于其游离氨基酸的积累。本试验研究显示，单色绿光(G)的游离氨基酸值最大，为178.299 2 μg/g，其次为复合光RBW、单色蓝光(B)，含量分别为150.102 3 μg/g、137.954 6 μg/g。前人研究表明，蓝光能够促进植株蛋白质合成，本试验结果与前人研究结果不尽相同，可能是由于不同光质对不同种类植物的生长状态影响效果不一样，以及植物品种的独特性所决定，具体原因有待挖掘。

3.2 结论

通过配比不同光量的红、黄、蓝、绿、白光进行光照组织培养，研究LED不同光质对大花蕙兰‘红酒’×莲瓣兰‘边草素花’组培苗生长及生理特性的影响，选择出本试验兰花品种的最佳光源。研究结果表明，红蓝白组合光质(RBW)培养的大花蕙兰‘红酒’♀×莲瓣兰‘边草素花’♂组培苗各项形态指标综合系数较高，主要得出以下结论：

(1) 试验组培苗的形态指标是衡量植株生长状态的直观表现，不同光照组合处理下各指标系数存在差异性，单色绿光(G)处理下杂交组培苗株高平均为9.50 cm，比对照组提高21.79%；在红蓝白光处理下，叶片数值、叶长值、叶宽值、地上部分/地下部分比值较稳定，分别比对照组提高52.17%、61.80%、9.80%、6.90%；测试根系活力发现在LED红蓝白光照射处理下达到最佳值，较对照组高43.31%，综合比较得出在LED红蓝白光质(RBW)组合下的组培苗各项指标系数较好，根系发达，生长良好。

(2) 叶绿素对光合作用有重要影响，叶绿素含量越低表示光合作用越弱，不同光质处理下叶绿素的指标是衡量光质的重要依据，研究得出叶片叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素在红蓝绿光(RBG)

处理下含量最高,其中叶绿素 b、类胡萝卜素比对照组高 37.97%、10.93%。

(3) 在几种光质处理下,探索光质对碳代谢产生的影响,红蓝光(RB)处理下部分指标不是最佳,但在测试的指标中数据较为稳定,RB光照下的含糖量也为最大值,比对照组高 72%;可溶性蛋白在复合红蓝绿光(RBG)、红蓝光(RB)两者处理下差异不显著,分别为 18.720 5 mg/g、18.085 8 mg/g,但均显著高于 CK。因此,RB处理在几组光质中优势突出,故为碳代谢的最佳光源。

参考文献:

- [1] 陈俊愉,程绪珂. 中国花经[M]. 上海:上海文艺出版社,1990.
- [2] 宋军阳,张显,赵明德. 兰科花卉野生资源调查研究进展[J]. 北方园艺,2009(10):228-231.
- [3] 杨琪. 浅议云南兰科植物种质资源保存和种源基地建设[J]. 林业调查规划,2002(5):16-19.
- [4] 汤丹丹,吴毅,刘文耀,等. 云南哀牢山地区森林附生维管植物多样性及区系特征[J]. 植物科学学报,2018,36(5):658-666.
- [5] 卢思聪. 中国兰与洋兰[M]. 北京:金盾出版社,1994.
- [6] 李建辉. 中国兰花·莲瓣兰栽培技术探讨[J]. 现代园艺,2016(20):39-40.
- [7] 杨云. 大理古今名兰[M]. 昆明:云南科技出版社,2001.
- [8] 陈定谋,陈浩. 云南莲瓣兰生育习性、常见品种及栽培管理[M]. 昆明:云南科技出版社,2010:1-3.
- [9] 冯汉青,焦青松,田武英,等. 不同强度的红光和蓝光下菜豆叶片的荧光特性[J]. 广西植物,2015(3):338-342.
- [10] Kami C, Lorrain S, Hornitschek P, et al. Light-regulated plant growth and development[J]. Curr. Opin. Plant Biol, 2010,91:29-66.
- [11] 毛立彦,慕小倩,董改改,等. 光照强度对曼陀罗和紫花曼陀罗生长发育的影响[J]. 生态学报,2012,36(3):243-252.
- [12] 黄永艺,唐敏,叶广,等. 花期调控技术在莲瓣兰产业化中的应用[J]. 北方园艺,2015(8):186-190.
- [13] 王声学,吴广宁,蒋伟,等. LED 原理及其照明应用[J]. 灯与照明,2006,30(4):32-35.
- [14] 戴艳娇,王琼丽,张欢,等. 不同光谱的 LED 对蝴蝶兰组培苗生长的影响[J]. 江苏农业科学,2010(5):227-231.
- [15] 王丹,杨爱宽,李光宏,等. LED 光质对碧玉兰×独占春组培苗生理生化影响[J]. 北方园艺,2014(16):61-66.
- [16] 叶尚红,陈疏影,张志明,等. 巩固实验教学改革成果更新实验教程[J]. 农业教育研究(西南),2005(3):45.
- [17] 任桂萍,王小菁,朱根发. 不同光质的 LED 对蝴蝶兰组织培养增殖及生根的影响[J]. 植物学报,2016,51(1):81-88.
- [18] 陈晓丽,杨其长,张馨,等. LED 绿光补光模式对生菜生长及品质的影响[J]. 中国农业科学,2017,50(21):4170-4177.
- [19] 郭阿瑾. 不同 LED 光质对竹叶兰组培苗生长和生理特性的影响[A]. 中国园艺学会观赏园艺专业委员会、国家花卉工程技术研究中心. 中国观赏园艺研究进展 2017[C]. 中国园艺学会观赏园艺专业委员会、国家花卉工程技术研究中心,2017.
- [20] 李夏媛,王玉英,苏畅,等. LED 不同光质对兰花‘霞光’组培苗生长及生理特性的影响[J]. 热带农业科学,2016(5):64-69.
- [21] 石镇源,唐敏,杨红飞,等. LED 不同光质对虎雪兰组培苗生理生化特性影响的研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2012,27(6):863-869.
- [22] 唐大为,张国斌,张帆,等. LED 光源不同光质对黄瓜幼苗生长及生理生化特性的影响[J]. 甘肃农业大学,2011,1(46):44-48.
- [23] 邸秀茹,焦学磊,崔瑾,等. 新型光源 LED 辐射的不同光质配比光对菊花组培苗生长的影响[J]. 植物生理学通讯,2008,44(4):661-664.
- [24] 王丹,杨爱宽,李光宏,等. LED 光质对碧玉兰×独占春组培苗生理生化影响[J]. 北方园艺,2014(16):61-66.
- [25] 王亚沉,包崇格,彭少丹,等. 光质对碧玉兰组培苗生长及若干生理指标的影响[J]. 南方农业学报,2013,44(5):740-744.

(编辑:李甜江)