

# LED 不同光质对观赏海棠组培苗生长及生理特性的影响

张曼曼<sup>1</sup> 赵晓红<sup>1</sup> 魏宗法<sup>2</sup> 柴姗姗<sup>1</sup> 范义昌<sup>1</sup> 高付凤<sup>1</sup> 胡艳丽<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学园艺科学与工程学院/作物生物学国家重点实验室/山东果蔬优质高效生产协同创新中心, 山东 泰安 271018; 2. 蒙阴县国有林场总场, 山东 蒙阴 276200)

**摘要:** 为了探索 LED 不同光质对观赏海棠组培苗生长及生理特性的影响, 寻找最有利于海棠组培苗生长的光质条件, 为其高效生产提供参考, 本研究以海棠组培苗为试材, 以白光为对照, 分别进行红、蓝 LED 光照射, 通过测定组培苗株高、干重、分化量等形态指标及 SOD、POD 活性等生理生化参数, 并对其进行分析, 研究 LED 不同光质对海棠组培苗生长及生理特性的影响。结果表明: (1) 蓝光 LED 下植株生长旺盛, 愈伤组织形成最好, 株高、鲜重、干重与白光处理的差异显著, 分别为白光的 1.28、1.53、1.33 倍; 红光 LED 环境中组培苗增殖系数、鲜重、干重分别为对照的 69.59%、76.04%、88.10%, 与白光下无显著差异。(2) 红、蓝 LED 单色光环境下, 叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量与白光相比都有所降低, 但无显著性差异。(3) 红光对海棠组培苗叶片 SOD、POD、CAT 活性及 MDA 含量有显著影响, 分别为白光的 26.07%、17.36%、200.15% 和 73.55%; 蓝光下 SOD、POD 活性显著降低, 为对照的 37.25% 和 53.38%, CAT 活性与对照比差异不显著, MDA 含量显著高于白光处理, 为白光的 1.42 倍。综合来看, 蓝光处理的海棠组培苗生长健壮、茎秆粗壮, 其株高、干鲜重等显著高于白光处理, 蓝光可以缩短培育周期, 增大繁殖系数, 培育优质壮苗。

**关键词:** 海棠; 组培苗; LED 光质; 生理特性

中图分类号: S685.990.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-4942(2018)10-0043-05

## Effects of Different LED Light Quality on Growth and Physiological Characteristics of Crabapple Tissue Culture Seedlings

Zhang Manman<sup>1</sup>, Zhao Xiaohong<sup>1</sup>, Wei Zongfa<sup>2</sup>,

Chai Shanshan<sup>1</sup>, Fan Yichang<sup>1</sup>, Gao Fufeng<sup>1</sup>, Hu Yanli<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University/State Key Laboratory for Crop Biology/Shandong Collaborative Innovation Center for Fruit and Vegetable Production with High Quality and Efficiency, Taian 271018, China;

2. State Owned Forest Farm of Mengyin, Mengyin 276200, China)

**Abstract** In order to explore the effects of different LED light quality on growth and physiological characteristics of crabapple tissue culture seedlings, and to find the best light quality conditions for their growth so as to provide a reference for their efficient production, the experiment was conducted with the white light as the contrast (CK) and the red and blue LED lights as the test ones. The physiological and biochemical parameters such as plant height, dry weight, differentiation, SOD and POD activities were measured, and the effects of different LED light qualities on the growth and physiological characteristics of the tissue culture seedlings of crabapple were studied. The results showed that the plants grew exuberant under blue LED light and the callus

收稿日期: 2018-05-21

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2014BAD6B102); 山东省现代农业产业技术体系创新团队项目(SDAIT-06-07)

作者简介: 张曼曼(1993—), 女, 硕士, 主要从事果树生理与分子生物学研究。E-mail: 2247502023@qq.com

通讯作者: 胡艳丽(1965—), 女, 高级农艺师, 主要从事果树生理研究。E-mail: 799478950@qq.com

was the best; the plant height, fresh weight and dry weight were significantly different than those of white light treatment, which were 1.28, 1.53 and 1.33 times of those of white light, respectively. Under the red light, the proliferation coefficient, fresh weight and dry weight had no significant difference than those of CK, which were 69.59%, 76.04% and 88.10% of those of CK. Under the red and blue LED monochromatic light, the content of chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid decreased compared with the white light treatment, but there was no significant difference. Red light had a significant effects on the SOD, POD and CAT activities and MDA content in the leaves of crabapple seedlings, which were 26.07%, 17.36%, 200.15% and 73.55% of those of white light, respectively. Under the blue light, the activity of SOD and POD reduced significantly, which were 37.25% and 53.38% of those of the control. The activity of CAT was not significantly different than that of white light, while the content of MDA was significantly higher, which was 1.42 times of that of the white light. This study showed that the crabapple tissue culture seedlings treated with blue light grew stronger and sturdier, and the plant height, dry and fresh weight and so on were significantly higher than those of the white light treatment. Blue light could shorten breeding cycle, increase propagation coefficient and cultivate high-quality and strong seedlings.

**Keywords** Crabapple; Tissue culture seedling; LED light quality; Physiological characteristics

海棠系蔷薇科(Rosaceae)苹果属(*Malus*)植物,代表品种有海棠花、海棠果、西府海棠、垂丝海棠、湖北海棠等,在各地都有栽培,应用范围很广,春可赏妖娆花姿,秋可观累累硕果,对环境有较强的适应性,是现代园林植物造景的常用树种,是我国的传统观赏花木,在世界园林中占有重要地位<sup>[1-2]</sup>。海棠与苹果亲缘关系较近,且成花量大,花粉活力高,花期长,常作为苹果的授粉树栽植<sup>[3]</sup>。组织培养作为海棠快速高效繁育的一种手段,一直是人们研究的重点<sup>[4-5]</sup>。

光在植物生长过程中起着至关重要的作用,它可以通过调节光合色素进而影响植物的生长以及光合作用;光质可以影响植物的生长和形态结构,也能影响植物内含物积累<sup>[6-8]</sup>。植物组织培养所需要的光主要来源于电光源,传统电光源对植物的生物能效极低并且发热量大,是植物组织培养过程中最高的非人力成本之一<sup>[9]</sup>,同时光源设计所选择的波谱范围较宽,无益于量化研究。LED是发光二极管的简称,是半导体二极管的一种,是一种高效、节能、环保、稳定的新型组培光源,具备窄波谱,能发出高纯度的单色光<sup>[10,11]</sup>,波谱范围可灵活选择,可对光质与光强做到精确调控,是用于研究单色光对植物影响的绝佳材料。目前国内外已有LED在果树如火龙果<sup>[12]</sup>、蔬菜如姜<sup>[13]</sup>和花卉如紫皮石斛<sup>[14]</sup>等的应用报道,但有关LED不同光质对海棠组培苗生长及其生理

特性的研究鲜有报道。因此,本研究采用LED光源发射的红、蓝单色光谱与白光进行对比试验,通过对多项形态及生理生化指标的测定及分析,比较不同光质处理下海棠组培苗生长和生理特性方面的差异,以期获得最有利于海棠组培苗生长的光质,为其组培苗的高效繁殖、规模化生产以及培育壮苗、提高移栽成活率、增强幼苗长势等提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试材

供试材料为山东农业大学繁殖的性状良好的海棠组培苗。试验于2017年3月15日至2017年5月1日在山东农业大学组培室进行,湿度60%~70%。在无菌条件下,将1.0~1.5 cm长势一致的芽梢接种于培养瓶内,每瓶接种3株,共45瓶。培养基配方为MS+0.8 μmol/L IBA+0.3 μmol/L NAA+30 g蔗糖+6.5 g琼脂,pH 5.8。

### 1.2 试验处理

将上述植物材料置于LED光质下,红(R)、蓝(B)光质各设为一个处理,以白光(W)为对照,每种光质处理5瓶。调节电流及光源与植株的距离,使光强保持一致,具体光质条件参数见表1。于(27±1)℃、光照16 h(6:00—22:00)条件下培养45 d,观察植株形态,调查分化量、鲜重及干物质等,并测定海棠组培苗叶片的SOD、POD活性

等指标,试验设置 3 次生物学重复。

表 1 不同 LED 光谱能量分布的主要技术参数

处理	峰值波长 (nm)	半峰宽 (nm)	光强 (lx)
W	380 ~ 760	—	2000
R	663	20	2000
B	452	20	2000

### 1.3 测定指标及方法

1.3.1 分化量、株高、干鲜重 从培养瓶中取出植株,统计分化量,以瓶为单位,取每瓶每芽平均值,增殖系数 = 诱导芽数 / 接种芽数;株高测定从植株基部到茎尖的长度,用直尺测量;清除干净植株上的培养基块,称取鲜重;最后,将植株放入 105℃ 烘箱杀青 20 min,然后 80℃ 烘干 24 h 至恒重,称量干重,并计算其含水量。

1.3.2 海棠组培苗生理生化指标测定 叶绿素 a、b 和类胡萝卜素含量的测定采用分光光度计比色法<sup>[15]</sup>;超氧化物歧化酶 (SOD) 活性采用氮蓝四唑 (NBT) 法<sup>[16]</sup>;过氧化物酶 (POD) 活性采用愈创

木酚法<sup>[17]</sup>;过氧化氢酶 (CAT) 活性采用 Acbi 等<sup>[18]</sup>的方法进行测定。丙二醛 (MDA) 含量参照 Madhava 等<sup>[19]</sup>的硫代巴比妥酸 (TBA) 法测定。

### 1.4 数据分析

所有数据用 Microsoft Excel 2003 进行统计并计算,用 DPS v7.05 软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光质对海棠组培苗生长的影响

由图 1 和表 2、表 3 可知,不同 LED 光质对海棠组培苗生长量有显著影响。蓝光 LED 处理植株生长旺盛,愈伤组织形成最好,株高、鲜重、干重显著高于白光处理,分别为白光的 1.28、1.53、1.33 倍;增殖系数为白光处理的 1.24 倍,但差异不显著。红光 LED 处理组培苗增殖系数、鲜重、干重等与白光无显著差异,分别为白光对照的 69.59%、76.04%、88.10%,但叶片厚大,茎干粗壮。各光质处理间植株含水量无显著性差异。



图 1 不同 LED 光质条件下海棠组培苗生长和茎段增殖情况

表 2 不同 LED 光质处理海棠组织培养的表现生长情况

处理	愈伤组织	茎	叶	茎尖
W	较硬,结构致密,表面粗糙,色泽浅褐	茎较细弱	叶缘枯黄	茎尖较绿,生长一般
R	较硬,结构致密,表面粗糙,色泽浅褐	茎粗壮	老叶干枯	茎尖较绿,生长一般
B	硬,结构致密,表面粗糙,色泽浅褐	茎粗壮	叶色绿	茎尖绿,生长旺盛

表 4 不同 LED 光质处理海棠叶绿素和类胡萝卜素含量 (mg/gFW)

处理	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 a + b	类胡萝卜素
W	2.96 ± 0.16a	0.79 ± 0.05a	3.75 ± 0.21a	0.55 ± 0.06a
R	2.72 ± 0.23a	0.70 ± 0.07a	3.42 ± 0.30a	0.51 ± 0.05a
B	2.28 ± 0.22a	0.63 ± 0.05a	2.91 ± 0.27a	0.47 ± 0.05a

表 3 不同 LED 光质处理海棠组培苗的形态指标

处理	株高 (cm)	增殖系数	鲜重 (g)	干重 (g)	含水量
W	3.62 ± 0.31b	8.78 ± 0.78ab	2.17 ± 0.11b	0.42 ± 0.04b	0.83 ± 0.02a
R	3.96 ± 0.28ab	6.11 ± 0.95b	1.65 ± 0.15b	0.37 ± 0.01b	0.81 ± 0.02a
B	4.64 ± 0.23a	10.89 ± 1.44a	3.32 ± 0.30a	0.56 ± 0.03a	0.77 ± 0.01a

注:采用邓肯氏方差分析,同列不同字母表示差异显著 (P < 0.05)。下同。

### 2.2 不同光质对海棠组培苗叶绿素含量的影响

由表 4 可知,红光和蓝光 LED 处理叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量与白光相比都有所降低,但差异不显著。蓝光处理下,叶绿素和类胡萝卜素含量最低,分别为白光处理的 77.60% 和 85.45%。

### 2.3 不同光质对海棠组培苗抗氧化酶活性和 MDA 含量的影响

由表 5 可知,红、蓝 LED 单色光下海棠组培苗叶片 SOD、POD 活性显著低于白光处理,SOD 活性分别为白光处理的 26.07% 和 37.25%,POD 活性分别为白光处理的 17.36% 和 53.38%;红光下 CAT 活性显著提高,为白光的 2.00 倍;在不同光质处理的组培苗中,蓝光处理的 MDA 含量显著高于白光处理,为白光的 1.42 倍,红光下 MDA 含量显著降低,仅为对照的 73.55%。

表 5 不同光质处理海棠组培苗叶片的 MDA 含量及 SOD、POD 和 CAT 活性

处理	SOD 活性 ( $U \cdot mg^{-1}$ )	POD 活性 ( $U \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$ )	CAT 活性 ( $U \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$ )	MDA 含量 ( $\mu mol/g$ )
W	165.11 ± 6.48a	3.11 ± 0.15a	6.71 ± 0.22b	0.0242 ± 0.0017b
R	43.04 ± 3.35c	0.54 ± 0.11c	13.43 ± 2.52a	0.0178 ± 0.0004c
B	61.50 ± 5.57b	1.66 ± 0.07b	4.34 ± 0.34b	0.0344 ± 0.0004a

### 3 讨论与结论

光合色素具有吸收、传递和转换光能的作用,其含量的多少直接影响着光合作用的速率,叶绿素是光合作用中光传导途径和光反应中心的重要结构成分<sup>[20]</sup>。叶绿素 a 主要吸收波长为 640 ~ 660 nm 的红橙光,叶绿素 b 主要吸收波长为 430 ~ 450 nm 的蓝紫光,LED 发射的单色红光和蓝光光谱分别与叶绿素 a 和叶绿素 b 吸收的光波长相匹配<sup>[21]</sup>。杨长娟等<sup>[22]</sup>通过对洋桔梗组培苗增殖系数的研究发现,LED 红蓝光(2:1)处理的组培苗增殖量最高,是对照组日光灯处理的 2.047 倍。刘慧雯<sup>[23]</sup>研究发现,蓝光 LED 对铁皮石斛组培苗拟原球茎的诱导率最高,且混合光中诱导率随着蓝光比例的减小而减小,相反红光比例过大,增殖系数变小,这与本研究结果一致。本研究中红、蓝光质下组培苗株高均高于白光处理,分别为白光的 1.09 倍和 1.28 倍,蓝光下植株较为粗壮,验证了红光有利于茎的伸长,蓝光有利于茎的横向加粗,造成这些差异的原因可能为植株体内光敏色素的生色团和脱辅基蛋白存在多样性,不同的生物体和不同活性状态的光敏色素分子种类差别较大,对光质的吸收利用效率不同,导致植物愈伤组织的再生芽数、株高、茎粗等差别较大<sup>[23]</sup>。同时,红蓝光质还有可能调动了海棠组培苗内源激素分泌变化,这与康孟利等<sup>[24]</sup>关于蓝光、红光效应调动铁皮石斛内源激素的分泌和变化进而对细胞增殖和分化产生影响的结论一致。但光质效应并不能代替激素的作用,而是一种与激素交互作用的补偿/消减效应<sup>[4]</sup>。

光质能调节不同类型叶绿素蛋白复合物的形成,影响电子在光系统之间的传递,而光合色素的含量与组成直接影响叶片光合速率<sup>[25]</sup>。石镇源等<sup>[26]</sup>研究表明,单色红光和单色蓝光处理下虎雪兰组培苗几种色素指标的含量均较低;王亚沉

等<sup>[27]</sup>研究发现,单一红、蓝光处理的碧玉兰组培苗叶片色素含量均较低。本试验也验证了这一点,虽然不同光质下组培苗叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素含量无显著性差异,但红蓝光下色素含量均有不同程度下降,其中蓝光下叶绿素 a + b 和类胡萝卜素含量与白光比分别下降 22.40% 和 14.55%。

SOD、POD 和 CAT 是植物细胞膜酶促防御系统的重要保护酶,对抗氧化酶活性以及 MDA 含量的测定可以用于评价植株受活性氧毒害、膜质遭受伤害的程度<sup>[28]</sup>。本研究中,红光下组培苗 SOD、POD 活性较白光下显著降低,但 CAT 活性显著提高,MDA 含量显著降低,原因可能是在其活性氧生成量不增加的前提下,通过 CAT 活性的显著提高达到增强植株自身活性氧解毒能力的效果,带来 MDA 含量的显著降低,显著减轻膜质受伤害的程度<sup>[29]</sup>。LED 蓝光有利于提高烟草组培苗 SOD 活性,降低 MDA 含量,进而有效地清除细胞中的超氧自由基,缓解对细胞质的伤害<sup>[30]</sup>。而本研究中蓝光下组培苗 SOD、POD 和 CAT 活性均比白光处理降低,MDA 含量上升,与前人研究结果不一致,可能由于不同植株基因的差异,导致植株对光的响应系统存在差异,从而引起植物生长、代谢等过程的差异<sup>[31]</sup>。

综上所述,不同的 LED 光质会对海棠组培苗的生长及生理特性产生明显影响。蓝光处理的海棠组培苗生长健壮、茎秆粗壮,其株高、干鲜重等显著高于白光处理,蓝光对海棠组培苗的生长有明显的促进作用,可以缩短培育周期,增大繁殖系数,培育优质壮苗,从而有利于海棠组培苗的高效生产。

### 参 考 文 献:

- [1] 姜楠南. 中国海棠花文化研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.
- [2] 陈恒新. 山东海棠品种分类与资源利用研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [3] 傅胜胜. 苹果高效授粉树花期生物学性状研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.
- [4] 阙怡, 李厚华, 付婉艺, 等. 西府海棠组织培养体系的建立与优化[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(5): 86-89.
- [5] 刘丽强, 刘军丽, 张杰, 等. <sup>60</sup>Co- $\gamma$  辐射对观赏海棠组培苗的诱变效应[J]. 中国农业科学, 2010, 43(20): 4255-4264.

- [6] 谷艾素,张欢,崔瑾.光调控在植物组织培养中的应用研究进展[J].西北植物学报,2011,31(11):2341-2346.
- [7] 杨其长,徐志刚,陈弘达,等.LED光源在现代农业的应用原理与技术进展[J].中国农业科技导报,2011(5):37-43.
- [8] Maced A F, Leal Costa M V, Tavareses E S, et al. The effect of light quality on leaf production and development of *in vitro* cultured plants of *Alternanthera Kuntze* [J]. Environ. Exp. Bot., 2011, 70: 43-50.
- [9] Dooley J H. Influence of lighting spectra on plant tissue culture [C]. Chicago, Illinois: Presented at an ASAE (American Society of Agricultural Engineers) Meeting, 1991.
- [10] 张玮,杨景发,温翠娇,等.基于单片机LED光源在植物组培中的应用研究[J].农机化研究,2014(5):221-224.
- [11] 肖哲丽,柳金凤.植物组织培养的研究进展及新技术应用[J].宁夏农林科技,2011(1):13-14,47.
- [12] 黄文静,杨光柱,郝丽萍,等.不同光质对火龙果胚培养苗生长发育的影响[J].中国果树,2014(4):46-49.
- [13] 张瑞华,徐坤,董灿兴,等.光质对姜生长及光能利用特性的影响[J].园艺学报,2008(5):673-680.
- [14] 孙启文.LED不同光质对紫皮石斛组培苗光合特性及生长的影响[J].现代农业,2013(7):10-12.
- [15] 张宪政,陈凤玉,王荣富.植物生理学实验技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1994:66-69.
- [16] 陈建勋,王晓峰.植物生理学实验指导[M].广州:华南理工大学出版社,2002:119-120.
- [17] Tan W, Liu J, Dai T, et al. Alterations in photosynthesis and antioxidant enzyme activity in winter wheat subjected to post-anthesis water logging [J]. Photosynthetica, 2008, 46: 21-27.
- [18] Aebi H. Catalase *in vitro* [J]. Methods in Enzymology, 1984, 105: 121-126.
- [19] Madhava Rao K V, Sresty T V S. Antioxidative parameters in the seedlings of pigeon pea [*Cajanus cajan*(L.) Millspaugh] in response to Zn and Ni stresses [J]. Plant Science, 2000, 157(1): 113-128.
- [20] 王智杰.LED光质对金线莲组培苗形态及生理特征的影响[D].福州:福建农林大学,2015.
- [21] 李雯琳,郝继华,张国斌,等.LED光源不同光质对叶用莴苣幼苗叶片气体参数和叶绿素荧光参数的影响[J].甘肃农业大学学报,2010,45(1):47-51,115.
- [22] 杨长娟,凌青,任兴平,等.LED不同光质对洋桔梗组培苗增殖的影响[J].北方园艺,2011(18):154-156.
- [23] 刘慧雯.LED光质对铁皮石斛组培拟原球茎和幼苗生长及主要有效成分的影响[D].泰安:山东农业大学,2017.
- [24] 康孟利,薛旭初,陈惠云,等.光质效应和作物光敏色素的研究进展[J].安徽农学通报,2006,12(4):38-41.
- [25] Patil G G, Oi R, Gissinger A, et al. Plant morphology is affected by light quality selective plastic films and alternating day and night temperature [J]. Gartenbauwissenschaft, 2001, 66(2): 53-60.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 孙翊,张永春,殷丽青,等.LED光质对非洲菊组培苗增殖及生理特性的影响[J].西北植物学报,2017,37(12):2419-2426.
- [29] 孙翊,殷丽青,张永春,等.不同LED光质对非洲菊组培苗生长及生理特性的影响[J].分子植物育种,2017,15(12):5140-5147.
- [30] 苏俊,刘映雯,杨凡,等.不同光质对烟草组培苗生长及生理特性的影响[J].西北植物学报,2014,34(6):1206-1212.
- [31] 王亚丽,王晓东,赵兵,等.光质对玛咖愈伤组织生长、分化的影响[J].过程工程学报,2007,7(4):782-785.