

文献著录格式: 陈志, 汪一婷, 吕永平, 等. 不同色温 LED 白光对铁皮石斛组培苗生长的影响 [J]. 浙江农业科学, 2018, 59 (11): 2013-2016.

DOI: 10.16178/j.issn.0528-9017.20181119

## 不同色温 LED 白光对铁皮石斛组培苗生长的影响

陈志, 汪一婷, 吕永平, 牟豪杰

(浙江省农业科学院 病毒学与生物技术研究所, 浙江 杭州 310021)

**摘要:** 研究不同色温白光 LED 光照处理对铁皮石斛组培苗生长的影响, 结果表明, 色温 3 000 K 光照 12 h 处理下的铁皮石斛组培苗株高显著高于色温 5 000 K 和 5 700 K 处理, 在色温 5 700 K 光照 16 h 处理下的铁皮石斛组培苗株高显著高于色温 3 000 K 和 5 000 K 处理, 但与色温 3 000 K 光照 12 h 处理无显著差异, 二者均显著优于荧光灯下培养材料。色温 3 000 K 处理的最大茎粗出现在光照 16 h 培养环境下; 色温 5 000 K 处理的最大茎粗出现在光照 14 h 培养环境下; 色温 5 700 K、不同光照时间处理间茎粗的差异不显著, 但色温 3 000 K 光照 12 h、色温 5 000 K 光照 14 h、色温 5 700 K 光照 16 h 处理的铁皮石斛组培苗茎粗与荧光灯 12 h 下培养材料的茎粗无显著差异。不同光照环境下的铁皮石斛组培苗最低生根数量也在 5 条, 达到铁皮石斛优质苗对根数的要求标准。研究结果表明, 色温 3 000 K LED 白光完全可替代荧光灯应用于铁皮石斛组培苗培养, 光照时间以 12 h 为宜。

**关键词:** 光环境; 铁皮石斛; 组织培养; 白光 LED; 色温

**中图分类号:** S567 **文献标志码:** A **文章编号:** 0528-9017(2018)11-2013-04

随着铁皮石斛 (*Dendrobium officinale* Kimura et Migo) 消费市场的不断扩大和种苗组培技术的日益成熟, 越来越多的企业参与到铁皮石斛种苗产业化生产中, 据互联网资料, 目前国内进行铁皮石斛种苗产业化生产的企业约有 80 家, 组培苗年总生产规模超过 50 亿株, 组培室规模超过 10 万 m<sup>2</sup>。目前种苗企业在植物培养过程中普遍使用荧光灯照明, 但荧光灯发热量大、能耗高的缺点在能源紧缺的现阶段也越来越突出, 已有研究表明, 用于照明消耗的能源费用约占植物组织培养工厂运行全部费用的 20% ~ 40%<sup>[1]</sup>。

LED 灯具在节能方面具有巨大优势, 已有很多关于 LED 灯具代替荧光灯应用在植物组培方面的报道, 不少研究者也对 LED 灯具应用于铁皮石斛种苗培养的可行性进行了研究, 如周鹏等<sup>[2]</sup>筛选了适用于铁皮石斛组培苗移栽的 LED 光质 (R7B3); 尚文倩等<sup>[3]</sup>研究认为 LED (R1B1) 较荧光灯更利于铁皮石斛组织培养; 徐忠传等<sup>[4]</sup>研究表明 LED 红光较白光更有利于铁皮石斛原球茎增殖; 侯甲男等<sup>[5]</sup>研究结果显示 LED (R6B4) 较荧光灯更有利于铁皮石斛试管苗光合作用以及干物质

和糖的积累; 尹翠翠等<sup>[6]</sup>研究认为, 红光有利于植株伸长生长, 蓝光则有利于茎的横向加粗, 红蓝组合对于铁皮石斛生长最为重要, 既可以促进伸长生长, 又可以促进横向加粗。多数研究报道都集中于红、蓝单色光或红蓝光配比的使用, 而且多数研究测试指标与生产实际脱节较大, 研究成果难以迅速得到应用。另外, 实际应用过程中发现, 利用红、蓝单色光源及红蓝光配比光源都存在对人眼存在严重的刺激, 不利于人在光源下进行作业, 同时培养室污染情况也难以及时发现, 两方面原因极大限制了 LED 灯具在植物组培中的应用推广。

本研究首次以 3 种不同色温 LED 白光为光源, 对铁皮石斛组培苗的生长情况进行研究, 一方面希望寻找能够替代荧光灯的 LED 光源, 另一方面希望能提高在 LED 环境中工作人员的人体舒适度, 为白光 LED 灯具在组培中应用推广奠定基础。

### 1 材料与方法

#### 1.1 植物材料

供试材料为本实验室培育并保存的雁荡山铁皮石斛种子萌发苗。

收稿日期: 2018-09-12

基金项目: 国外花卉组织培养新品种新技术引进、创新及产业化 (2016-X23)

作者简介: 陈志 (1978—) 男, 湖北恩施人, 助理研究员, 硕士, 研究方向为植物种苗产业化技术, E-mail: czdmh@163.com。

## 1.2 灯具

荧光灯: Philips, TLD 36 W/840 cool white。

LED 白光: 3 种不同色温 LED 白光, 色温值分别为 3 000、5 000、5 700 K, 所有 LED 灯具均为 T8 管状灯具。

## 1.3 培养环境

光照强度 ( $40 \pm 2$ )  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 不同色温白光 LED 光周期分别为 12、14 和 16 h, 荧光灯为 12 h, 培养温度 ( $25 \pm 2$ )  $^{\circ}\text{C}$ 。

## 1.4 方法

选取苗高 2 cm 左右的铁皮石斛组培苗, 每瓶接入 10 株, 每种光环境下放置 10 瓶植物材料。培养 3 个月, 对不同处理下的组培苗的株高、茎粗、根数及叶片数量指标进行记录。随机选取 30 株组培苗, 分别测量并记录组培苗的株高、茎粗、根数及叶片数量, 3 次重复。光质及光照时间处理设置详见表 1。

表 1 光质及光照时间试验设置

处理编号	光源	光照时间/h
T1	荧光灯 (FL)	12
T2	3 000 K	12
T3	3 000 K	14
T4	3 000 K	16
T5	5 000 K	12
T6	5 000 K	14
T7	5 000 K	16
T8	5 700 K	12
T9	5 700 K	14
T10	5 700 K	16

## 1.5 数据处理

用 Excel 2007 进行平均值、标准差计算及图表绘制, 利用 DPS 7.05 进行 Duncan's 多重比较 ( $P=0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 光照环境对铁皮石斛组培苗株高的影响

如表 2 所示, 当光质处理条件相同时, 在色温 3 000 K 处理下, 光照 14 h 处理下培养材料的株高显著低于荧光灯 12 h 下的培养材料, 光照 12 h 和 16 h 处理下培养材料的株高均显著高于荧光灯 12 h 下的培养材料; 在色温 5 000 K 处理下, 组培苗株高变化的基本趋势与 3 000 K 处理下的基本一致, 光照 12 h 和 16 h 处理下培养材料的株高均显著高于荧光灯 12 h 以及光照 14 h 处理下的培养材料; 色温 5 700 K 处理下不同培养时间组培苗的株高变

化趋势与 3 000 K 和 5 000 K 处理有所不同, 在光照 16 h 处理下培养材料的株高显著高于荧光灯 12 h 下的培养材料, 而光照 12 h、14 h 处理下和荧光灯 12 h 下培养材料的株高差异不显著。综上, 不同色温白光 LED 12 h 光照处理下铁皮石斛组培苗的株高与荧光灯下培养 12 h 的相近, 在色温 3 000 K 和 5 000 K 处理下培养材料的株高优于荧光灯 12 h 下的培养材料。

表 2 光质及光照时间对铁皮石斛组培苗株高和茎粗的影响

处理编号	株高/cm	茎粗/mm	叶片数	根数
T1	4.6 $\pm$ 0.9 d	3.6 $\pm$ 0.5 cd	6.4 $\pm$ 1.0 c	8.1 $\pm$ 3.4 a
T2	6.5 $\pm$ 1.2 a	3.7 $\pm$ 0.7 bcd	7.1 $\pm$ 1.1 a	7.9 $\pm$ 2.9 ab
T3	3.5 $\pm$ 0.6 e	3.6 $\pm$ 0.6 cd	5.2 $\pm$ 0.9 e	5.2 $\pm$ 1.8 e
T4	5.5 $\pm$ 0.8 c	4.2 $\pm$ 0.6 a	6.9 $\pm$ 0.9 ab	6.9 $\pm$ 2.6 bc
T5	6.0 $\pm$ 0.9 b	3.6 $\pm$ 0.5 cd	6.9 $\pm$ 0.9 ab	7.8 $\pm$ 2.3 ab
T6	4.6 $\pm$ 1.0 d	3.8 $\pm$ 0.8 bc	5.8 $\pm$ 1.0 d	6.5 $\pm$ 2.5 cd
T7	5.5 $\pm$ 0.8 c	3.5 $\pm$ 0.5 d	6.9 $\pm$ 0.8 ab	7.4 $\pm$ 2.7 abc
T8	4.9 $\pm$ 1.0 d	3.9 $\pm$ 0.5 b	6.6 $\pm$ 0.9 bc	7.6 $\pm$ 2.6 abc
T9	4.7 $\pm$ 0.8 d	3.7 $\pm$ 0.8 bcd	5.6 $\pm$ 0.9 d	5.6 $\pm$ 2.1 de
T10	6.3 $\pm$ 1.1 ab	3.6 $\pm$ 0.6 bcd	6.7 $\pm$ 1.2 abc	6.7 $\pm$ 2.3 c

注: 表中同一列数据后没有相同字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

在光照时间一致的前提下, 如光照 12 h 时, 色温 3 000 K 处理下的培养材料株高显著高于色温 5 000 K、5 700 K 及荧光灯下的培养材料, 同样, 色温 5 000 K 处理下培养材料株高显著高于色温 5 700 K 及荧光灯下的培养材料, 色温 5 700 K 处理下培养材料株高与荧光灯下培养材料间差异不显著。光照 14 h 的结果表明, 色温 3 000 K 处理下培养材料的株高显著低于色温 5 000 K、5 700 K 及荧光灯下的培养材料, 其他光质处理间差异不显著。光照 16 h 时, 色温 5 700 K 处理下培养材料的株高显著高于其他处理, 色温 3 000 K 与 5 000 K 处理下培养材料的株高无显著差异, 但均显著高于荧光灯下的培养材料。

从各处理中筛选出组培苗株高最高的 3 种处理条件, 即色温 3 000 K 光照 12 h、色温 5 000 K 光照 12 h 及色温 5 700 K 光照 16 h 3 种组合处理, 上述 3 种处理下培养材料的株高均显著优于荧光灯下培养材料, 而其中色温 3 000 K 光照 12 h 处理下培养材料的株高显著高于色温 5 000 K 光照 12 h 处理, 但与色温 5 700 K 光照 16 h 处理下的株高无显著差异。

### 2.2 光照环境对铁皮石斛组培苗茎粗的影响

由表 2 可以看出, 当光质条件相同时, 如色温

3 000 K 处理下, 光照 12 h 和 14 h 下培养材料的茎粗与荧光灯 12 h 下的培养材料差异不显著, 而光照 16 h 处理下培养材料茎粗显著高于其他处理。色温 5 000 K 处理下, 3 种光照时间下的铁皮石斛组培苗茎粗与荧光灯下培养材料均无显著差异, 而光照 14 h 处理下培养材料的茎粗显著高于光照 16 h 处理下的培养材料。色温 5 700 K 处理下, 光照 12 h 下培养材料的茎粗显著高于荧光灯下培养材料, 光照 14 h 和 16 h 下培养材料均与荧光灯 12 h 下培养材料差异不显著。

当光照时间相同时, 如光照 12 h 处理下, 色温 5 700 K 处理下培养材料的茎粗显著高于色温 5 000 K 处理及荧光灯下的培养材料, 而色温 3 000 K 与 5 700 K 处理下培养材料的茎粗差异不显著, 同样, 色温 3 000 K、5 700 K 处理与荧光灯下培养材料的茎粗差异不显著。光照 14 h 处理下, 各处理培养材料的茎粗差异不显著, 与荧光灯下培养材料差异也不显著。光照 16 h 处理下, 色温 3 000 K 处理下培养材料的茎粗显著高于其他处理下的培养材料, 其他 3 种处理下铁皮石斛组培苗的茎粗差异不显著。综上, 色温 3 000 K 光照 12 h、色温 5 000 K 光照 14 h 与色温 5 700 K 光照 16 h 处理下的培养材料茎粗均无显著差异, 且优于荧光灯下培养材料。

### 2.3 光照环境对铁皮石斛组培苗根数的影响

不同光照环境下铁皮石斛组培苗生根数量如表 2 所示, 不同色温光照 12 h 和 16 h 处理下培养材料的生根数量差异不显著, 但均显著高于相同色温光照 14 h 处理下的培养材料。当光照时间为 12 h 时, 3 种色温处理下培养材料的生根数量与荧光灯下差异不显著。

### 2.4 光照环境对铁皮石斛组培苗叶数的影响

如表 2 所示, 与根数比较结果相似, 不同色温光照 12 h 和 16 h 处理下培养材料的叶片数量差异不显著, 但均高于光照 14 h 处理下的培养材料。当光照时间为 12 h 时, 色温 3 000 K 和 5 000 K 处理下铁皮石斛组培苗的叶片数量显著高于荧光灯下的培养材料。

图 1 为色温 3 000 K 光照 12 h 和荧光灯 12 h 两种光照环境中铁皮石斛的生长状况, 可明显看出色温 3 000 K 光照 12 h 处理下铁皮石斛组培苗的生长状况要优于荧光灯 12 h 处理下的培养材料, 主要表现为节间更长, 不定根数量差异不显著, 符合组培苗移栽要求。

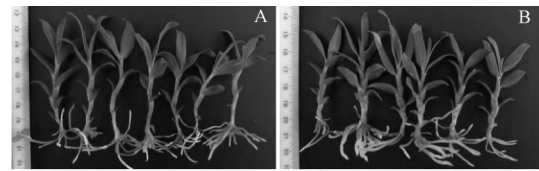


图 1 LED (A) 和荧光 (B) 环境下铁皮石斛组培苗情况

## 3 讨论

### 3.1 光环境对铁皮石斛组培苗株高的影响

本研究中, 在光照 12 h 条件下, 色温 3 000 K 处理下的铁皮石斛组培苗株高显著高于色温 5 000 K 和 5 700 K 处理, 仅在光照 16 h 条件下, 色温 5 700 K 处理下的铁皮石斛组培苗株高显著高于色温 3 000 K 和 5 000 K 处理。对不同色温 LED 光质不同培养时间处理下株高最佳表现的组合进行比较, 结果显示, 色温 3 000 K 光照 12 h 和色温 5 700 K 光照 16 h 处理下铁皮石斛组培苗的株高无显著差异, 均显著优于荧光灯下的培养材料, 基于节省生产成本的考虑, 本研究认为色温 3 000 K 光照 12 h 是铁皮石斛组织培养的最佳光照环境。

姜钰纹<sup>[7]</sup>研究报告中指出, LED 白光 (720 nm) 较红蓝混合光更有利促进铁皮石斛组培苗生长; 刘慧雯<sup>[8]</sup>研究报告认为, LED 白光 (300 ~ 700 nm) 下培养铁皮石斛组培苗株高要稍差于 LED 红蓝混合光下培养材料, 但茎粗反而更好; 李夏媛等<sup>[9]</sup>研究报道表明, LED 白光 (720 nm) 下培养兰花组培苗苗高与 LED 红蓝混合光和荧光灯下培养材料无显著差异; 任桂萍等<sup>[10]</sup>研究也显示, LED 白光下蝴蝶兰组培苗苗高与荧光灯下培养材料差异不显著。本研究结果表明, 在不同色温 LED 光环境中, 铁皮石斛组培苗的高均显著优于荧光灯下培养材料, 也表明 LED 代替荧光灯应用于铁皮石斛组织培养是切实可行的。

### 3.2 光环境对铁皮石斛组培苗茎粗的影响

刘慧雯<sup>[8]</sup>研究报告认为, LED 白光 (300 ~ 700 nm) 下培养铁皮石斛组培苗茎粗显著优于 LED 红蓝混合光下培养材料; 闻永慧等<sup>[11]</sup>研究报道表明, LED 白光 (720 nm) 下培养白芨四倍体在茎粗方面与荧光灯及 LED 红蓝混合光下培养材料差异不显著, 而二倍体则是显著优于 LED 红蓝混合光下培养材料, 但与荧光灯下材料差异不显著; 闻倩等<sup>[12]</sup>研究显示, 茎粗方面, 荧光灯培养铁皮石斛与 LED 红蓝混合光下差异不显著。本研

究结果表明,色温3 000 K处理下铁皮石斛组培苗的最大茎粗出现在光照16 h处理下,色温5 000 K处理下最大茎粗出现在光照14 h处理下,色温5 700 K处理下各光照时间间培养材料的茎粗差异不显著,但各处理条件下铁皮石斛组培苗的茎粗与荧光灯下无显著差异。因此,白光LED可替代LED红、蓝混合光用于铁皮石斛组织培养。

### 3.3 光环境对铁皮石斛组培苗生根数量的影响

光质对于铁皮石斛生根数量方面报道较少。刘慧雯<sup>[8]</sup>报道,铁皮石斛组培苗在LED RB 3:1环境下生根数量显著高于RB 7:1、RB 2:1和荧光灯下培养材料,而RB 7:1、RB 2:1和荧光灯下培养材料生根数量无显著差异(光照时间为12 h)。李夏媛等<sup>[13]</sup>研究报道表明,LED白光(720 nm)下培养兰花组培苗生根数量与LED红蓝混合光和荧光灯下培养材料无显著差异。任桂萍等<sup>[10]</sup>研究也显示,LED白光下蝴蝶兰组培苗生根数量与荧光灯下培养材料差异不显著。本研究中,不同光环境处理下铁皮石斛组培苗的最低生根数量均大于5条,达到《无公害铁皮石斛 第2部分:种子种苗》(DB 33/635.2—2007)中对优质苗的根数标准,且色温3 000 K光照12 h处理下组培苗的生根数量与荧光灯下无显著差异。在光照12 h和16 h处理下,铁皮石斛组培苗生根数量未见显著差异,仅在色温5 000 K光照14 h处理下培养材料的根数显著高于色温3 000 K处理,与刘慧雯<sup>[8]</sup>的研究结果略有出入,可能与光质差异有关。

#### 参考文献:

- [1] 杨其长,张成波.植物工厂系列谈(十):高新技术在植物工厂中的应用[J].农业工程技术(温室园艺),2006(2):20-23.
- [2] 周鹏,张敏,吴双竹,等.不同红蓝光质比LED光源处理对铁皮石斛试管苗移栽的影响[J].江苏林业科技,2017,44(3):19-22.
- [3] 尚文倩,王政,侯甲男,等.不同红蓝光质比LED光源对铁皮石斛试管苗生长的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,5(41):155-159.
- [4] 徐忠传,倪歆晨,蔡国超,等.不同光质条件下磁处理水对铁皮石斛原球茎生长的影响[J].江苏农业科学,2013,41(8):226-228.
- [5] 侯甲男,王政,尚文倩,等.CCFL光源不同光质比对铁皮石斛原球茎增殖及试管苗生长的影响[J].河南农业科学,2013,42(1):86-89+101.
- [6] 尹翠翠,卜崇兴,张艳琴,等.LED辐射的不同光质对铁皮石斛生长的影响[J].现代园艺,2013(10):5-6.
- [7] 姜钰纹.光质对铁皮石斛生长及次生代谢产物的积累调控[D].成都:四川农业大学,2016.
- [8] 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.
- [9] 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,2016,36(5):64-69.
- [10] 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.
- [11] 闻永慧,孟英,李慧敏,等.LED不同光质对白及组培苗生长及可溶性糖含量的影响[J].北方园艺,2014(15):58-62.
- [12] 闻婧,李倩中,李淑顺,等.不同LED光源对铁皮石斛生长和叶绿素荧光参数的影响[J].江苏农业学报,2016,32(4):910-916.
- [13] 李玲,贾书华,金青,等.光对霍山石斛试管苗光合特性、生长及有效成分积累的影响[J].植物生理学报,2014,50(7):989-994.

(责任编辑:张韵)