

# 不同光质对葡萄试管苗离体培养生长发育的影响

刘媛<sup>1</sup>, 李胜<sup>1,2\*</sup>, 马绍英<sup>1,2</sup>, 张真<sup>1</sup>, 张青松<sup>1</sup>, 罗丽媛<sup>1</sup>, 薛冲<sup>1</sup>, 裴晓利<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>甘肃农业大学生命科技学院植物细胞工程研究室, 兰州 730070; <sup>2</sup>兰州汇通生物科技有限公司, 兰州 730000)

**摘要:** 以不同葡萄品种 (‘凤凰 51’、‘黑比诺’、‘贝达’和‘巨峰’) 试管苗为材料, 研究其在红、黄、绿、蓝和白 5 种光质条件下的生长发育。结果表明: 白光有利于试管苗的增殖、生物量积累及叶绿素的合成, 且净光合速率最强; 红、黄光促进试管苗根和茎的伸长生长; 蓝光有利于白藜芦醇的积累, 而叶绿素 a/b 的比值最小。

**关键词:** 葡萄; 试管苗; 光质; 增殖; 白藜芦醇

**中图分类号:** S 663.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2009) 08-1105-08

## Effects of Light Quality on the Growth and Development of in Vitro Cultured Grape Plantlets

LIU Yuan<sup>1</sup>, LI Sheng<sup>1,2\*</sup>, MA Shao-ying<sup>1,2</sup>, ZHANG Zhen<sup>1</sup>, ZHANG Qing-song<sup>1</sup>, LUO Li-yuan<sup>1</sup>, XUE Chong<sup>1</sup>, and PEI Xiao-li<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Laboratory of Plant Cell Engineering, College of Life Sciences and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; <sup>2</sup>Lanzhou Huitong Biological Science & Technology Ltd., Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Test-tube plantlets of different grape varieties (Fenghuang 51, Pinot Noir, Beta and Kyoho) were used in the experiment to study their growth and development under 5 different light qualities (red, yellow, green, blue and white light). The results showed that the white light was the best for the proliferation, biomass, chlorophyll synthesis and net photosynthetic rate of grape test-tube plantlets. The shoot and root elongation growth were promoted under red or yellow light. Under blue light resveratrol production was highest, but the chlorophyll a/b ratio was the lowest.

**Key words:** grape; test-tube plantlet; light quality; multiplication; resveratrol

Skene 和 Mullins (1967) 报道了 CCC 对葡萄根系生长的影响, Barlass 和 Skene (1978)、Novák 和 Juvová (1982) 从外植体的来源方面, Pool 和 Powell (1975)、Gray 和 Benton (1991)、Singh 等 (2004) 从培养基组分方面对葡萄组培技术进行了研究。除了上述因素外, 光对葡萄试管苗的生长也起到重要的调节作用 (王曼和王小菁, 2002), 植物体内次生代谢物的合成同样受光的影响 (Caldwell et al., 1989; Denise & David, 2005), 但有关光质的研究大多集中在红光与蓝光上 (Kong et al., 2008)。

作者利用 5 种光质对不同葡萄品种试管苗进行处理, 系统地研究其对试管苗生长发育的作用及其对体内次生代谢物——白藜芦醇的积累作用, 旨在确定葡萄试管苗离体快繁的适宜光质条件, 同时为利用植物组织培养技术生产白藜芦醇提供技术参考。

收稿日期: 2009 - 04 - 28; 修回日期: 2009 - 06 - 26

基金项目: 国家星火计划项目 (2008GA860007); 甘肃省科技支撑计划项目 (0804NKCA081)

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: lish@gsau.edu.cn; Tel: 13893436275)

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与培养条件

以甘肃农业大学生命科学技术学院植物细胞工程研究室继代保存 2 年的 4 个葡萄品种‘凤凰 51’ (Fenghuang 51)、‘黑比诺’ (Pinot Noir)、‘贝达’ (Beta)、‘巨峰’ (Kyoho) 试管苗为试验材料, 以 GS 为基本培养基, 附加  $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  IAA。

2008 年 3 月 10 日进行材料接种, 每种材料接种 100 瓶 (每瓶 3 个双芽茎段), 分别置于白、红、黄、绿和蓝 5 种光质 (李胜等, 2005) 下, 5 种光源均是采用佛山电器照明股份公司生产的 YZ 40WRR25 T8D 型灯管。

每个品种每种光质下培养 20 瓶, 在 40 W, 24 h 全光照, ( $25 \pm 1$ )  $^{\circ}\text{C}$  下培养 30 d。

### 1.2 检测及统计

试管苗培养 30 d 后测定并统计试管苗茎节数、株高、根长、根粗、生物量、叶绿素含量、净光合速率和白藜芦醇含量。

根长采用精度为 0.10 cm 的刻度尺测量每株的全部根长后取平均值。

根粗采用精度为 0.05 mm 游标卡尺测量每株材料每条根的中部后取平均值。

叶绿素的测定按 Lichtenthal 等对 Amon 修正的方法, 即用 80% 的丙酮提取 (邹琦等, 1995), 对于各材料均采用随机取样, 测定试管苗同一部位叶片的叶绿素含量。

净光合速率使用美国斯爱迪公司的 CF310 便携式光合测定仪, 采用闭路系统对生长 30 d 的试管苗进行测定。

采用 HPLC 法 (王劲松, 2003; 刘仁旺等, 2008) 对材料中的白藜芦醇 (Res) 含量进行测定, 即将整株试管苗在 60  $^{\circ}\text{C}$  下烘至恒重, 磨粉后经乙酸乙酯浸提, 再用旋转蒸发仪浓缩, 提取后样液经过低温处理和  $^{18}\text{C}$  柱纯化后进行 HPLC 测定, 每个样重复测 3 次, 取平均值。

所有数据均采用 DPS 软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光质对葡萄试管苗地上部分的影响

#### 2.1.1 不同光质对葡萄试管苗地上部分增殖的影响

不同光质对不同品种葡萄试管苗的地上部分增殖影响明显, 对增殖倍数的影响如图 1, A 所示, 4 个品种的试管苗均在白光下增殖最快, 单色光中, 红光较其他光质更有利于试管苗的增殖; 凤凰 51 的增殖在白光和红光下较其他品种快, 其增殖倍数分别为 6.72 和 5.6, 但在蓝、绿、黄光下的增殖较贝达和巨峰慢。由此可见, 复合光更利于试管苗的增殖。

葡萄试管苗在白光下生长的冠鲜样质量明显高于在单色光下生长的, 单色光中, 绿色光下的冠鲜样质量明显低于其他几种单色光。如图 1, B 所示, 凤凰 51、黑比诺、贝达和巨峰在白光下的鲜样质量分别为 2.28、2.75、2.1 和 2.36  $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ , 分别是其在绿光下的 3.931、5.189、3.387 和 3.933 倍, 由此可见, 复合光较单色光更有利于试管苗地上部分生物量的积累。

葡萄试管苗在不同光质下的株高顺序依次为红、黄光 > 白、绿光 > 蓝光 (图 1, C), 红光下凤凰 51、黑比诺、贝达和巨峰的株高分别为 10.82、9.95、9.11 和 9.57 cm, 而其在蓝光下的株高则分别为 6.61、5.77、5.6 和 6.23 cm, 可见长波光有利于试管苗的伸长生长, 短波光 (蓝光) 则抑制其纵向生长。

#### 2.1.2 不同光质对葡萄试管苗叶绿素含量和净光合速率的影响

如表 1 所示, 总体来看, 白光有利于叶绿素的合成, 而绿光不利, 凤凰 51、黑比诺、贝达和巨

峰在白光下的叶绿素总量分别为 0.692、0.960、0.563 和 0.663  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ，分别为其绿光下的 3.343、3.243、3.312 和 2.492 倍。单色光中，蓝光更有利于叶绿素 b 的累积，因此叶绿素 a/b 的比值在蓝光下最低，且与其他光质差异显著。

葡萄试管苗的净光合速率在白光下最强，蓝光仅次于白光，其次是红光，黄光的光合十分弱，而绿光下为负值，且不同光质对其光合速率的影响差异显著（图 2）。白光下凤凰 51、黑比诺、贝达和巨峰的净光合速率分别为 0.790、0.590、0.504 和 0.562  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，而在绿光下其净光合速率为 -0.141、-0.575、-0.360 和 -0.126  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

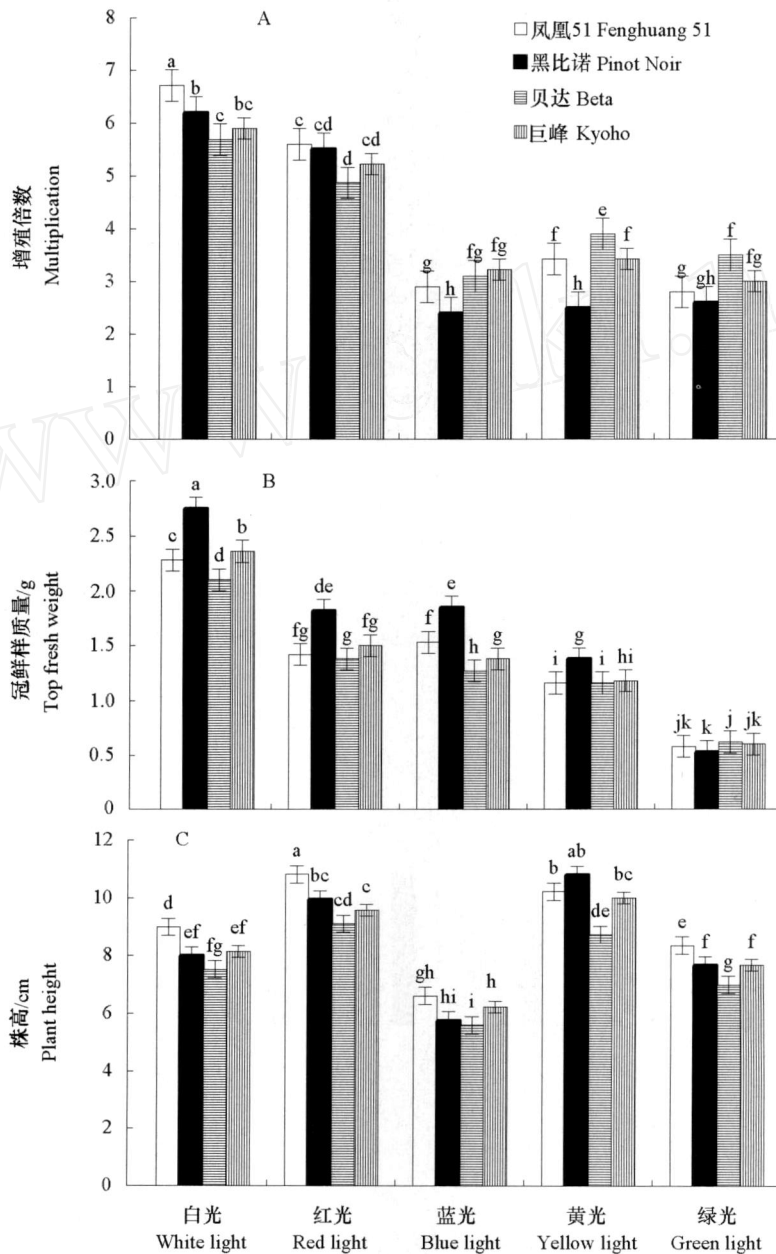


图 1 不同光质对葡萄试管苗地上部分增殖的影响

图中不同小写字母表示差异显著。下同。

Fig 1 Effects of different light quality on top multiplication of grape test-tube plantlet

Different letters within figures indicate significant difference at  $P < 0.05$ . The same below.

表 1 不同光质对叶绿素含量的影响

Table 1 Effects of different light quality on chlorophyll content

| 品种<br>Variety         | 光质<br>Light quality | 叶绿素 a /<br>(mg · g <sup>-1</sup> FW)<br>Chlorophyll a | 叶绿素 b /<br>(mg · g <sup>-1</sup> FW)<br>Chlorophyll b | 叶绿素总量 /<br>(mg · g <sup>-1</sup> FW)<br>Total chlorophyll | 叶绿素 a/b比值<br>Chlorophyll a/b ratio |
|-----------------------|---------------------|---|---|---|------------------------------------|
| 凤凰 51<br>Fenghuang 51 | 白光 White light      | 0.426cC   | 0.266cdC  | 0.692dD   | 1.602abcABCD                       |
|                       | 红光 Red light        | 0.360eEF  | 0.218fgEF   | 0.578fF   | 1.651abAB                          |
|                       | 蓝光 Blue light       | 0.344efFG   | 0.257dCD  | 0.601eEF  | 1.339ghFGH                         |
|                       | 黄光 Yellow light     | 0.239hiI  | 0.145iG   | 0.384iH   | 1.648abAB                          |
|                       | 绿光 Green light      | 0.125lL   | 0.082kI   | 0.207kJ   | 1.524bcdefABCDEF                   |
| 黑比诺<br>Pinot Noir     | 白光 White light      | 0.600aA   | 0.360aA   | 0.960aA   | 1.667abA                           |
|                       | 红光 Red light        | 0.502bB   | 0.309bB   | 0.811cC   | 1.625abABC                         |
|                       | 蓝光 Blue light       | 0.520bB   | 0.354aA   | 0.874bB   | 1.469cdefgBCDEFG                   |
|                       | 黄光 Yellow light     | 0.408cdCD   | 0.238eDE  | 0.646dDE  | 1.714aA                            |
|                       | 绿光 Green light      | 0.184jJ   | 0.112jH   | 0.296jI   | 1.643abAB                          |
| 贝达<br>Beta            | 白光 White light      | 0.344efFG   | 0.219fgEF   | 0.563fF   | 1.571abcdABCDE                     |
|                       | 红光 Red light        | 0.263ghHI   | 0.166hG   | 0.429hH   | 1.584abcdABCDE                     |
|                       | 蓝光 Blue light       | 0.276gH   | 0.213gF   | 0.489gG   | 1.296hiGH                          |
|                       | 黄光 Yellow light     | 0.173jKJ  | 0.111jH   | 0.284jI   | 1.559bcdeABCDE                     |
|                       | 绿光 Green light      | 0.103L  | 0.067kI   | 0.170kJ   | 1.537bcdeABCDE                     |
| 巨峰<br>Kyoho           | 白光 White light      | 0.386dDE  | 0.277cC   | 0.663deD  | 1.394fghEFG                        |
|                       | 红光 Red light        | 0.331fFG  | 0.233efEF   | 0.564fF   | 1.421efghDEFG                      |
|                       | 蓝光 Bue light        | 0.320fG   | 0.270cdC  | 0.590eEF  | 1.185iH                            |
|                       | 黄光 Yellow light     | 0.229iI   | 0.158hiG  | 0.387iH   | 1.449defgCDEFG                     |
|                       | 绿光 Green light      | 0.156kJK  | 0.110jH   | 0.266jI   | 1.418efghDEFG                      |

注：表中同列数据后的不同小写字母表示差异显著（ $P < 0.05$ ），不同大写字母表示差异极显著（ $P < 0.01$ ），下同。  
Note: The different small and capital letters in the same column indicate significant difference at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ . The same below.

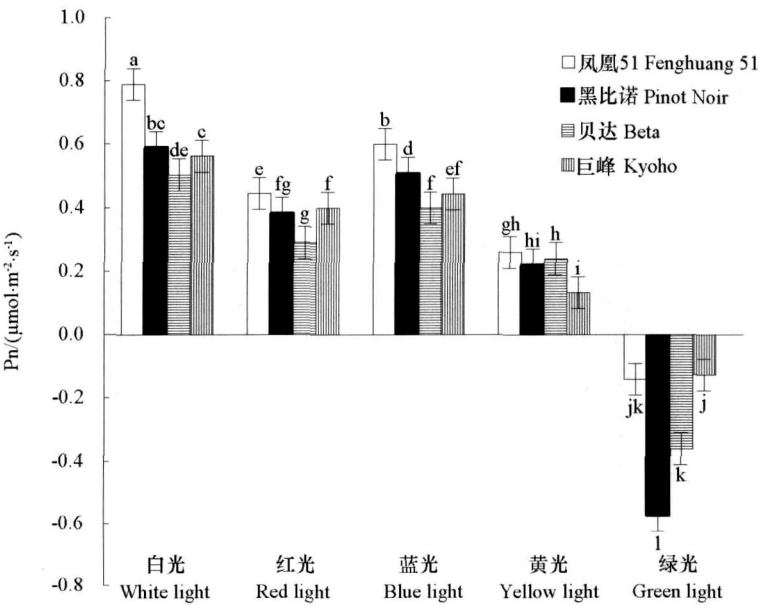


图 2 不同光质对净光合速率的影响

Fig 2 Effects of different light quality on net photosynthesis rate

2.2 不同光质对葡萄试管苗根系的影响

2.2.1 根长和根粗

不同光质对根长的影响如表 2 所示，红光与黄光下的根长均长于对照（白光），而蓝光则抑制根的伸长生长；在 4 个品种中，黑比诺的根较其他品种的长，贝达的根最短，黑比诺在红光下的根长可达 12.70 cm，是其蓝光下（6.91 cm）的 1.8 倍，是品种贝达在蓝光下根长（6.40 cm）的 2 倍。

在不同光质下培养的试管苗根粗依次为蓝光 > 绿光和白光 > 红光和黄光，差异显著，品种凤凰 51 的根较其他品种粗，在蓝光下最粗，达 1.24 mm。

由此看出，长波光（红光和黄光）有利于根的伸长生长，不利于横向生长，蓝光则抑制其纵向生长，有利于根的横向加粗。

表 2 不同光质对根长和根粗的影响  
Table 2 Effects of different light quality on root length and diameter

| 品种<br>Variety | 光质<br>Light quality | 根长 /cm<br>Root length | 根粗 /mm<br>Root diameter | 品种<br>Variety | 光质<br>Light quality | 根长 /cm<br>Root length | 根粗 /mm<br>Root diameter |
|---------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|
| 凤凰 51         | 白光 White light      | 8.95 fghFGH           | 0.989 cdCDEF            | 贝达 Beta       | 白光 White light      | 8.20 hiGH             | 0.98 cdCDEF             |
| Fenghuang 51  | 红光 Red light        | 12.18 abcABC          | 0.750 ghH I             |               | 红光 Red light        | 11.00 deCD            | 0.80 fgGH I             |
|               | 蓝光 Blue light       | 6.73 jI               | 1.240 aA                |               | 蓝光 Blue light       | 6.40 jI               | 1.16 abA                |
|               | 黄光 Yellow light     | 11.71 bcdABCD         | 0.868 efFGH             |               | 黄光 Yellow light     | 10.70 eDE             | 0.75 ghH I              |
|               | 绿光 Green light      | 8.55 ghiGH            | 1.037 bcC               |               | 绿光 Green light      | 7.90 iH I             | 1.03 cdCD               |
| 黑比诺           | 白光 White light      | 9.80 iEF              | 0.930 deCDEF            | 巨峰            | 白光 White light      | 8.50 hiGH             | 0.88 efEFG              |
| Pinot Noir    | 红光 Red light        | 12.70 aA              | 0.760 ghH I             | Kyoho         | 红光 Red light        | 11.60 bcdABCD         | 0.65 iK                 |
|               | 蓝光 Blue light       | 6.91 jI               | 1.137 abB               |               | 蓝光 Blue light       | 6.50 jI               | 1.00 cdCDE              |
|               | 黄光 Yellow light     | 12.32 abAB            | 0.710 ghiI              |               | 黄光 Yellow light     | 11.31 cdeBCD          | 0.68 hiI                |
|               | 绿光 Green light      | 9.40 fgFG             | 0.920 deCDEFG           |               | 绿光 Green light      | 8.08 hiH              | 0.91 deJ                |

2.2.2 不同光质对葡萄试管苗根鲜样质量的影响

不同光质对根鲜样质量的影响如图 3 所示，4 个品种在红光和黄光下的根鲜样质量较大，在绿光下最小，蓝光下的根鲜样质量与白光相似。黑比诺的根鲜样质量在黄光下为 1.41 g·株<sup>-1</sup>，在红光下为 1.21 g·株<sup>-1</sup>，分别为白光下（0.99 g·株<sup>-1</sup>）的 1.424 和 1.222 倍，绿光下（0.42 g·株<sup>-1</sup>）的 3.357 和 2.881 倍，表明长波光有利于根部生物量的积累，绿光却明显起抑制作用。

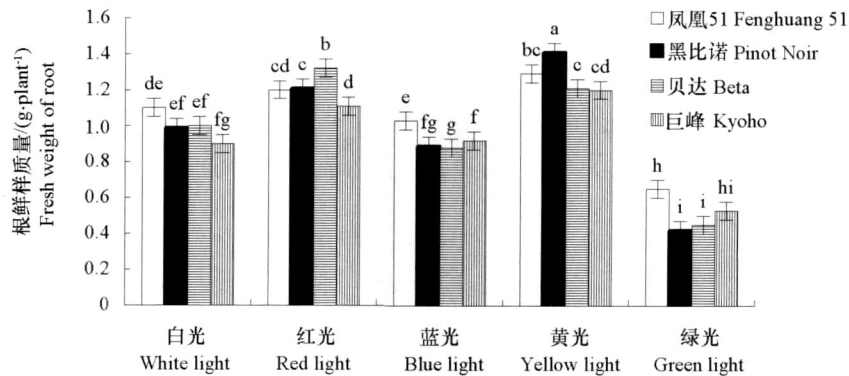


图 3 不同光质对根鲜样质量的影响

Fig 3 Effects of different light quality on fresh weight of root

2.3 不同光质对葡萄试管苗白藜芦醇含量的影响

不同光质对不同品种葡萄试管苗白藜芦醇含量的影响差异显著。如图 4 所示，蓝光均能促进白藜

芦醇的合成,而红光、黄光和绿光则表现出抑制作用。品种黑比诺在蓝光下的白藜芦醇含量最高 ( $7\,410.8\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ ),是其在白光下含量 ( $3\,481.6\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ ) 的 2.13 倍,绿光下含量 ( $1\,650\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ ) 的 4.49 倍,是蓝光下品种巨峰白藜芦醇含量 ( $1\,460\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ ) 的 5.076 倍,差异显著。由此可见,葡萄品种间白藜芦醇含量存在差异,而蓝光促进品种黑比诺中白藜芦醇积累的效应较其它品种强。

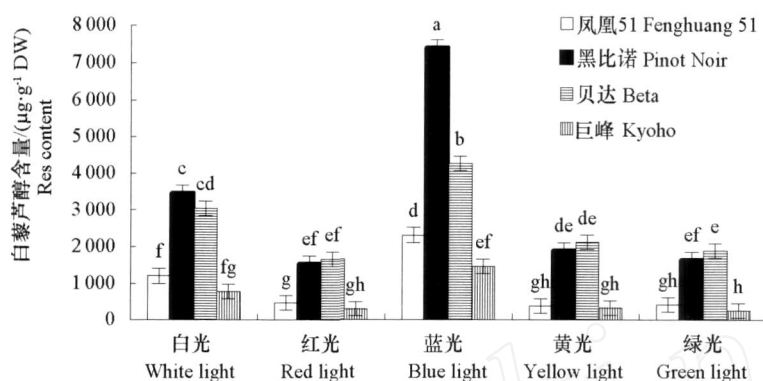


图 4 不同光质对白藜芦醇 (Res) 含量的影响

Fig. 4 Effects of different light quality on Res content

## 2.4 不同光质对葡萄试管苗白藜芦醇产量的影响

如图 5 所示,不同光质下白藜芦醇的产量依次为蓝光 > 白光 > 红光、黄光 > 绿光,其中又以品种黑比诺在蓝光下的产量最高 ( $685.5\ \mu\text{g}\cdot\text{瓶}^{-1}$ ),是其在白光下产量 ( $478.7\ \mu\text{g}\cdot\text{瓶}^{-1}$ ) 的 1.43 倍,绿光下 ( $43.7\ \mu\text{g}\cdot\text{瓶}^{-1}$ ) 的 15.68 倍,差异显著;白藜芦醇的产量由其含量与试管苗生物量两个因素决定,虽然品种贝达的白藜芦醇含量在蓝光下最高 ( $4\,270\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ ),但其生物量的积累在蓝光下却受到抑制,因此其产量 ( $271.1\ \mu\text{g}\cdot\text{瓶}^{-1}$ ) 低于在白光下的 ( $319.2\ \mu\text{g}\cdot\text{瓶}^{-1}$ ) 产量。

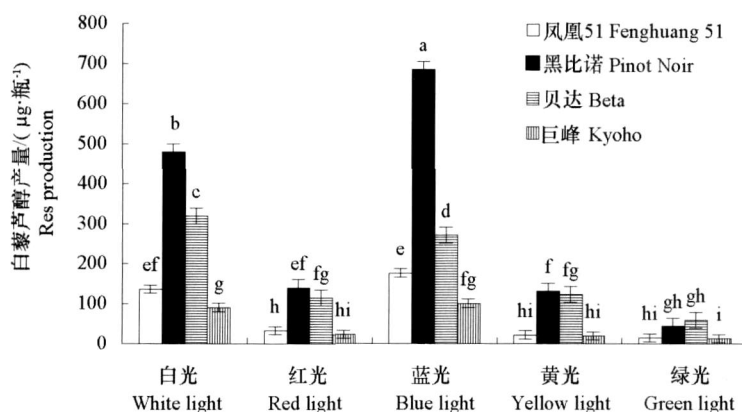


图 5 不同光质对白藜芦醇 (Res) 产量的影响

Fig. 5 Effects of different light quality on Res production

## 3 讨论

光质被认为是影响植物形态建成的重要因子。Aksenova 等 (1994)、Kim 等 (2004)、Yanagi 等 (1996) 研究认为红光更利于根和茎间的伸长生长,本试验中,长波光 (红光和黄光) 促进试管苗的伸长生长,短波光 (蓝光) 则抑制植物的纵向生长,其作用机理可能是蓝光提高 IAA 氧化酶的活性,

降低了植物体内的 IAA 水平,从而抑制了植物的伸长生长。

研究认为叶绿素总量在红、蓝光并存的条件下最高,其次为蓝光,再次为红光 (Kong et al., 2008),绿光下最低 (蒲高斌等, 2005),而叶绿素 a/b 的比值蓝光下最低 (Kong et al., 2008)。本结果与其一致,这可能是在一种色素蛋白复合体上进行从原叶绿素酸酯到叶绿素酸的转变过程需要光,红光、蓝光能更好地被其利用,而白光中包含这两种光质,因此白光下的总叶绿素含量最大。但储钟稀等 (1999) 认为黄瓜叶片中叶绿素 a/b 的比值在红光下最低,其原因可能是由于品种差异所致。

本试验表明葡萄试管苗的净光合速率在白光下值最大,其次为蓝光、红光,在绿光下的净光合速率最小,为负值,这与徐凯等 (2005) 报道的草莓在绿膜下其净光合速率显著降低相一致,因在 PSII 与 PSI 中均具有一系列与类囊体膜紧密相连的光合色素,叶绿素含量的改变,将直接影响其光合作用的能力,当光波长在叶绿素的吸收峰值范围内时,光质能被叶绿素吸收,提高“活性态”光敏色素的量,从而引起酶活性、激素水平的变化,进一步影响植物形态建成 (梁学芬等, 2001),而绿光则被认为是无效光。与许莉等 (2007) 的叶用莴苣净光合速率在蓝光下显著降低,红光处理显著提高的研究结果不同,这可能是由于品种和培养条件的差异所致。本次试验的 4 个葡萄品种在绿光下的净光合速率出现了负值,因对于组培的试管苗来说,其能量的主要来源是培养基中的糖类,而不是利用光合作用生产的糖类,因而对于光合作用效应较差的绿光下的试管苗,其光合速率要低于呼吸速率或仅有呼吸无光合,导致出现了净光合速率为负值的现象。并且净光合速率为负值并不代表试管苗不进行生物量的累积,而是通过异养作用进行生物量的积累。徐茂军等 (2003) 研究表明紫外光、蓝光对发芽大豆中异黄酮的积累起促进作用,而红光起抑制作用, Caldwell 等 (1983) 研究也表明一定的紫外处理也有助于次生代谢物的积累,本研究同样发现蓝光也有利于葡萄试管苗中白藜芦醇的积累,而红、黄、绿光则不同程度地产生抑制作用。

## References

- Aksenova N P, Konstantinova T N, Sergeeva L I, Macháková I, Golyanovskaya S A. 1994. Morphogenesis of potato plants *in vitro* I Effect of light quality and hormones J Plant Growth Reg, 13: 143 - 146.
- Barlass M, Skene K G M. 1978. *In vitro* propagation of grapevine (*Vitis vinifera* L.) from fragmented shoot apices Vitis, 17: 335 - 340.
- Caldwell M M, Robberecht R, Flint S D. 1983. Internal filters prospects for uv-acclimation in higher plants Physiol Plant, 58: 445 - 451.
- Caldwell M M, Terramora A H, Tevini M. 1989. The changing solar ultraviolet climate and the ecological consequences for higher plants Trends Ecol Evol, 4: 363 - 367.
- Chu Zhong-xi, Tong Zhe, Feng Li-jie, Zhang Qun, Wen Xiao-gang, Song Sen-tian, Zhu Xiao-feng. 1999. Effect of different light quality on photosynthetic characteristics of cucumber leaves Acta Botanica Sinica, 41 (8): 867 - 870. (in Chinese)
- 储钟稀, 童哲, 冯丽洁, 张群, 温晓刚, 宋森田, 朱孝凤. 1999. 不同光质对黄瓜叶片光合特性的影响. 植物学报, 41 (8): 867 - 870.
- Denise C H, David J B. 2005. Light quality influences the polyamine content of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cotyledon explants during shoot production *in vitro* Plant Growth Regulation, 45: 53 - 61.
- Gray D J, Benton C M. 1991. *In vitro* micropropagation and plant establishment of muscadine grape cultivars (*Vitis rotundifolia*). Plant Cell Tissue Org Cult, 21: 7 - 14.
- Kim S, Hahn E J, Heo J W, Paek K Y. 2004. Effect of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets *in vitro* Sci Hort, 101: 143 - 151.
- Kong S S, Hosakatte N M, Jeong W H, Eun H H, Kee Y P. 2008. The effect of light quality on the growth and development of *in vitro* cultured *Doritaenopsis* plants Acta Physiol Plant, 30: 339 - 343.
- Liang Xue-fen, Yi Wei-nan, Gu Zi-xing, Xiao An-yu, Huang Jian-bo. 2001. Effect of different light quality of light assisted on banana test-tube plantlet South China Fruits, 30 (4): 34. (in Chinese)
- 梁学芬, 蚁伟南, 顾梓兴, 肖安裕, 黄剑波. 2001. 不同光质的辅助光对香蕉组培苗的影响. 中国南方果树, 30 (4): 34.
- Li Sheng, Li Wei, Yang De-long, Wu Ji-ling, Yang Ning, Cao Zi-yi. 2005. Effects of different light qualities on root growth and development of

- test-tube plantlets of *Vitis vinifera* L. *Acta Horticulturae Sinica*, 32 (5): 872 - 874. (in Chinese)
- 李 胜, 李 唯, 杨德龙, 武季玲, 杨 宁, 曹孜义. 2005. 不同光质对葡萄试管苗根系生长的影响. *园艺学报*, 32 (5): 872 - 874.
- Liu Ren-wang, Teng Zeng-hui, Zhang Bang-le, Huan Meng-lei, Yang Xi, Zhou Si-yuan. 2008. Extraction of resveratrol and polydatin from giant knotweed rhizome and its determination. *Journal of the Fourth Military Medical University*, 29 (3): 197 - 199. (in Chinese)
- 刘仁旺, 滕增辉, 张邦乐, 宦梦蕾, 杨 茜, 周四元. 2008. 虎杖中白藜芦醇和白藜芦醇苷的提取及含量测定. *第四军医大学学报*, 29 (3): 197 - 199.
- Novák F J, Juvová Z. 1982. Clonal propagation of grapevine through *in vitro* axillary bud culture. *Sci Hort*, 18: 231 - 240.
- Pool R M, Powell L E. 1975. The influence of cytokinins on *in vitro* shoot development of Concord grape. *J Amer Soc Hort Sci*, 100 (2): 200 - 202.
- Pu Gao-bin, Liu Shi-qi, Liu Lei, Ren Li-hua. 2005. Effects of different light qualities on growth and physiological characteristics of tomato seedlings. *Acta Horticulturae Sinica*, 32 (3): 420 - 425. (in Chinese)
- 蒲高斌, 刘世琦, 刘 磊, 任丽华. 2005. 不同光质对番茄幼苗生长和生理特性的影响. *园艺学报*, 32 (3): 420 - 425.
- Singh S K, Khavale R N, Singh S P. 2004. Techniques for rapid *in vitro* propagation of *Vitis vinifera* L. cultivars. *J Hort Sci Biotech*, 79 (2): 267 - 272.
- Skene K G M, Mullins M G. 1967. Effect of CCC on the growth of roots of *Vitis vinifera* L. *Planta (Berl)*, 77: 157 - 163.
- Wang Man, Wang Xiao-jing. 2002. Photoreceptors of ultraviolet light and blue light and induction of CHS expression. *Chinese Bulletin of Botany*, 19 (3): 265 - 271. (in Chinese)
- 王 曼, 王小菁. 2002. 蓝光、紫外光的受体及其对 CHS 表达诱导的研究. *植物学通报*, 19 (3): 265 - 271.
- Wang Jin-song. 2003. Determination of resveratrol in grapevine and wine. *Ningxia Journal Agriculture and Forestry Science and Technology*, (5): 39 - 40. (in Chinese)
- 王劲松. 2003. 葡萄和葡萄酒中白藜芦醇的测定方法. *宁夏农林科技*, (5): 39 - 40.
- Xu Kai, Guo Yan-ping, Zhang Shang-long. 2005. Effect of light quality on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in strawberry leaves. *Scientia Agricultura Sinica*, 38 (2): 369 - 375. (in Chinese)
- 徐 凯, 郭延平, 张上隆. 2005. 不同光质对草莓叶片光合作用和叶绿素荧光的影响. *中国农业科学*, 38 (2): 369 - 375.
- Xu Li, Liu Shi-qi, Qi Lian-dong, Liang Qing-ling, Yu Wen-yan. 2007. Effect of light on leaf lettuce photosynthesis and chlorophyll fluorescence. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 23 (1): 96 - 100. (in Chinese)
- 许 莉, 刘世琦, 齐连东, 梁庆玲, 于文艳. 2007. 不同光质对叶用莴苣光合作用及叶绿素荧光的影响. *中国农学通报*, 23 (1): 96 - 100.
- Xu Mao-jun, Zhu Mu-yuan, Gu Qing. 2003. Light-induced accumulation of isoflavone in soybean sprouts. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 18 (1): 74 - 77. (in Chinese)
- 徐茂军, 朱睦元, 顾 青. 2003. 发芽大豆中异黄酮积累的光诱导作用研究. *中国粮油学报*, 18 (1): 74 - 77.
- Yanagi T, Okamoto K, Takita S. 1996. Effect of blue, red and blue/red lights on two different PPF levels on growth and morphogenesis of lettuce plants. *Acta Hort*, 440: 117 - 122.
- Zou Qi. 1995. The plant physiology biochemistry experiment instructs. Beijing: Chinese Agriculture Press: 36 - 38. (in Chinese)
- 邹 琦. 1995. 植物生理生化实验指导. 北京: 中国农业出版社: 36 - 38.

## 期刊征订

## 欢迎订阅 《河北果树》

《河北果树》是河北省果树学会主办的果树专业技术期刊, 主要刊登落叶果树的品种资源、栽培管理、病虫害防治、储藏加工等方面的新成果、新技术、新知识和新信息。开设栏目有: 专题论述、试验研究、经验交流、百花园、工作历、广告与信息。本刊通俗易懂、科学实用、技术先进、内容丰富、信息量大、可读性强、发行面广。读者对象为果树科研和推广人员、农林院校师生、各级涉农领导和广大果农。国内外公开发行, 双月刊, 单月 15 日出版, 国际标准大 16 开 64 页, 每期定价 5.00 元, 全年 30.00 元。读者可到当地邮局 (所) 订阅, 邮发代号 18 - 247, 也可直接汇款至编辑部订阅, 免费邮寄。编辑部尚有 2002 ~ 2008 年合订本可邮购。同时欢迎投稿和发布广告。

地址: 河北省昌黎果树研究所《河北果树》编辑部, 邮编: 066600, 联系电话: (0335) 2987632 (兼传真)