

# 赤霉素与细胞分裂素对葡萄果实邻近叶光合特性及果实品质的影响\*

辛守鹏<sup>1</sup> 刘帅<sup>1</sup> 余阳<sup>1</sup> 聂松青<sup>2</sup> 高志红<sup>1</sup> 陶建敏<sup>1\*\*</sup>

(<sup>1</sup>南京农业大学园艺学院, 南京 210095; <sup>2</sup>湖南农业大学园艺园林学院, 长沙 410128)

**摘要** 以‘阳光玫瑰’葡萄为材料,在连栋避雨大棚栽培条件下,研究了花后两周同一浓度赤霉素(GA<sub>3</sub>)与不同浓度细胞分裂素(CPPU)组合对葡萄果穗邻近叶片的光合特性及果实品质的影响.结果表明:非直角双曲线模型较为适合果穗邻近叶光响应曲线拟合.在25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>分别与5、10、15、20 mg·L<sup>-1</sup> CPPU组合处理下,葡萄果穗邻近叶的净光合速率和气孔导度均随着光合有效辐射的增加而增加,胞间CO<sub>2</sub>浓度降低.25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>分别与5、10、15 mg·L<sup>-1</sup> CPPU组合处理下,果实品质随着CPPU浓度的增加而提高.25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>+20 mg·L<sup>-1</sup> CPPU处理下,虽然果穗邻近叶的光合能力高于其他浓度处理,但果实品质相关指标较25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>+15 mg·L<sup>-1</sup> CPPU处理时低,表明适宜的CPPU浓度可以提高果实邻近叶的光合能力及果实品质,浓度过高反而使果实品质下降.花后两周较为合理的组合为25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>+15 mg·L<sup>-1</sup> CPPU.

**关键词** 葡萄; 光响应曲线; 果实品质

文章编号 1001-9332(2015)06-1814-07 中图分类号 S663.1 文献标识码 A

**Effects of GA<sub>3</sub> and CPPU on grape fruit adjacent leaf photosynthesis and fruit quality.** XIN Shou-peng<sup>1</sup>, LIU Shuai<sup>1</sup>, YU Yang<sup>1</sup>, NIE Song-qing<sup>2</sup>, GAO Zhi-hong<sup>1</sup>, TAO Jian-min<sup>1</sup> (<sup>1</sup>College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; <sup>2</sup>College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2015, 26(6): 1814-1820.

**Abstract:** Taken the grape cultivar ‘Shine Muscat’ as the material, the effect of the combination of GA<sub>3</sub> and CPPU on the light-response curves in the fruit adjacent leaves and fruit quality were investigated two weeks after blossoming. The results showed that non-rectangular hyperbolic model was more suitable for grape fruit adjacent leaf light response curve fitting.  $P_n$  and  $g_s$  of fruit adjacent leaves among all treatments increased with the increasing light intensity under the combination treatments of 25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and 5, 10, 15, 20 mg·L<sup>-1</sup> CPPU, respectively, but  $C_i$  decreased. Fruit quality increased with the increasing CPPU concentration under the combination treatments of 25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> and 5, 10, 15 mg·L<sup>-1</sup> CPPU, respectively. Grape fruit adjacent leaf photosynthesis under the 25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>+20 mg·L<sup>-1</sup> CPPU treatment was higher than the other treatments. The fruit quality under the 25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>+20 mg·L<sup>-1</sup> CPPU treatment was lower than the 25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>+15 mg·L<sup>-1</sup> CPPU treatment. It indicated that reasonable CPPU treatment concentration could improve fruit adjacent leaf photosynthetic ability and fruit quality. Too high concentration made the fruit quality lower instead. The 25 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>+15 mg·L<sup>-1</sup> CPPU treatment was most appropriate in two weeks after blossoming.

**Key words:** grape; light-response curve; fruit quality.

\* 国家现代农业葡萄产业技术体系项目(CARS-30)、国家科技支撑计划项目(2013BAD20B05)、江苏省三新工程项目[SXGC(2014)004]和江苏省科技厅项目(SBE2014030811)资助。

\*\* 通讯作者. E-mail: tjm266@sina.com

2014-08-19 收稿, 2015-03-08 接受。

‘阳光玫瑰’葡萄 (*Vitis labruscana* Bailey × *V. vinifera* L.) 引自日本,果实成熟后呈绿黄色,肉质硬脆,有玫瑰香味,可溶性固形物 20% 左右,鲜食品质优良,成熟期与巨峰相近或较晚.由于其品质优,栽培较易,近年来该品种得到大面积推广.

在葡萄生产中,使用生产调节剂对提高果实品质和产量的效果显著<sup>[1-3]</sup>,其中,赤霉素 ( $GA_3$ ) 和细胞分裂素 (CPPU) 是葡萄生产中最广泛使用的植物生长调节剂.‘阳光玫瑰’在自然生长情况下,果面容易有锈斑,果粒较小,但用  $GA_3$  与 CPPU 处理可以增大果粒,有效减少锈斑,提高果实品质.光合作用是植物生长发育的基础和生产力的决定性因素<sup>[4]</sup>,较高的光合能力是葡萄果实高产的前提.植物净光合速率光响应曲线描述的是光量子通量密度与植物净光合速率之间的关系,即净光合速率随光照度的变化特征<sup>[5-6]</sup>.因此,光响应曲线是衡量叶片光合能力的重要指标,选择适合的光响应曲线拟合模型对于准确衡量叶片的光合能力十分重要.目前,有关  $GA_3$  和 CPPU 处理果实后提高果实品质的报道较多<sup>[2-3]</sup>,但有关外源生长调节剂对葡萄果实邻近叶片光合作用影响的报道较少.本文采用同一浓度  $GA_3$  和不同浓度 CPPU 组合处理葡萄花穗和幼果,研究其对果实邻近叶片光合特性、果实调运光合产物能力及果实品质的影响,以期为实际生产提供重要参考.

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验于 2013 年 4—10 月在南京农业大学汤山葡萄试验基地进行.平棚架“H”型整形,避雨栽培,南北走向,行株距为 6.0 m×3.0 m.试验品种为 5 年生‘阳光玫瑰’葡萄.选择长势相近的植株,每处理 3 棵,将东侧枝条基本一致的花穗挂牌标记,以常规方法进行田间土肥水管理及病虫害防治.处理前对花穗进行修剪,除去穗肩小穗,留穗尖长约 4 cm,盛花期花穗用 25 mg·L<sup>-1</sup>  $GA_3$  处理 5 s,2 周后用 25 mg·L<sup>-1</sup>  $GA_3$  与 5、10、15、20 mg·L<sup>-1</sup> CPPU 分别组合再次处理 5 s,清水处理作为对照 (CK).

### 1.2 测定项目与方法

在 2013 年 7 月 19—21 日 (转色期之前)、8 月 8—10 日 (转色期)、9 月 1—3 日 (转色期过后) 3 个不同时期,选择晴天 9:00—11:30,从标记的果实邻近叶片 (果实上部 1~2 片叶) 中选取长势一致无其他叶遮挡的叶片,用美国 LI-COR 公司生产的 LI-

6400 便携式光合测定仪进行测定,重复 3 次,取平均值.流速设定为 500  $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ ,在 0~2000  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  光照范围内设置 11 个光照强度,即 0、50、100、200、400、600、800、1000、1200、1600、2000  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,测定各处理选取的标记叶片的净光合速率 ( $P_n$ )、气孔导度 ( $g_s$ )、胞间  $\text{CO}_2$  浓度 ( $C_i$ ) 等相关指标的光响应曲线.从光合测定开始,每隔 7~10 d 采样一次,测定纵横径、单果质量、糖酸等果实品质指标.

### 1.3 光响应曲线拟合

分别采用二项式回归、直角双曲线模型、非直角双曲线模型、直角双曲线修正模型和指数函数模型对叶片光响应曲线进行非线性拟合.

1) 二项式回归模型<sup>[7]</sup>:二项式回归法是以净光合速率 ( $P_n$ ) 和光合有效辐射 (PAR) 的成对值进行二元回归, $P_n$  最大时为最大净光合速率  $P_{n \max}$  ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),此时的 PAR 为光饱和点 LSP ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),PAR 为 0 时的  $P_n$  为暗呼吸  $R_d$  ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

2) 直角双曲线模型<sup>[8]</sup>:

$$P_n(I) = \frac{\alpha I P_{n \max}}{\alpha I + P_{n \max}} - R_d \quad (1)$$

式中: $I$  为光合有效辐射; $P_n(I)$  为光强为  $I$  时的净光合速率; $\alpha$  为表观量子效率; $R_d$  为暗呼吸速率.

3) 非直角双曲线模型<sup>[9]</sup>:

$$P_n(I) = \frac{\alpha I + P_{n \max} - \sqrt{(\alpha I + P_{n \max})^2 - 4\alpha I k P_{n \max}}}{2k} - R_d \quad (2)$$

式中: $k$  为非直角双曲线的曲角.

4) 直角双曲线修正模型<sup>[10]</sup>:

$$P_n(I) = \alpha \frac{1 - \beta I}{1 + \gamma I} I - R_d \quad (3)$$

式中: $\beta$  为修正系数; $\gamma$  是与光强无关的系数.

5) 指数函数模型<sup>[11]</sup>:

$$P_n(I) = P_{n \max} (1 - e^{-\alpha I / P_{n \max}}) - R_d \quad (4)$$

### 1.4 数据处理

采用 SPSS 16.0 和 Excel 2007 软件对数据进行统计分析.

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理葡萄果实邻近叶片 $P_n$ 光响应曲线拟合模型

由图 1 可以看出,非直角双曲线拟合模型对实测值的拟合效果优良.5 种拟合方法分别对实测值

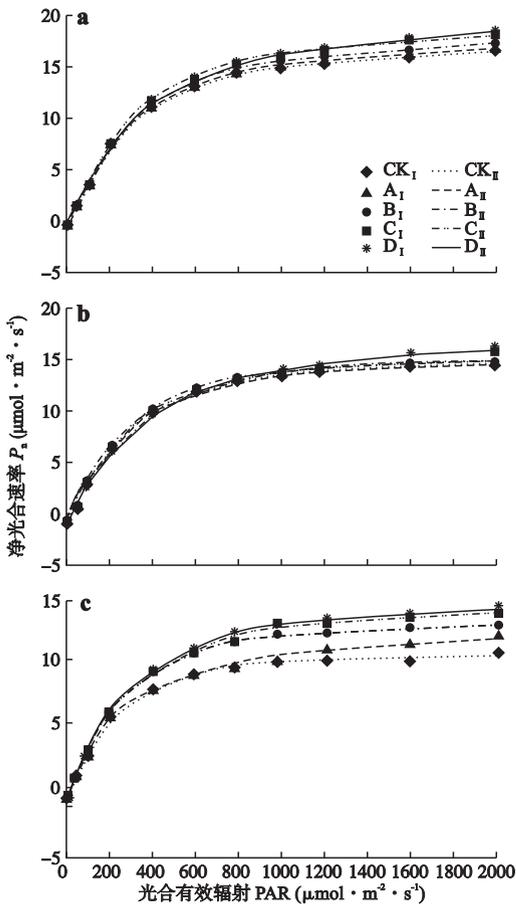


图1 葡萄果实邻近叶的光响应曲线

Fig.1 Light response curves in adjacent leaves of grape fruits.

a) 转色期前 Before color-changed period; b) 转色期 Color-changed period; c) 转色期后 After color-changed period. CK: 对照 Control; A: 25 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 5 mg · L<sup>-1</sup> CPPU; B: 25 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 10 mg · L<sup>-1</sup> CPPU; C: 25 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 15 mg · L<sup>-1</sup> CPPU; D: 25 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 20 mg · L<sup>-1</sup> CPPU. I: 实测值 Measured value; II: 拟合值 Fitted value. 下同 The same below.

表1 利用非直角双曲线模型拟合光响应曲线的相关参数

Table 1 Parameters of light response curve with non-rectangular hyperbolic model

| 时期<br>Period                            | 处理<br>Treatment | 表观量子效率<br>α<br>(μmol · μmol <sup>-1</sup> ) | 最大净光合率<br>P <sub>n max</sub><br>(μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> ) | 暗呼吸速率<br>R <sub>d</sub><br>(μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> ) | 光补偿点<br>LCP<br>(μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> ) | 光饱和点<br>LSP<br>(μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> ) | R <sup>2</sup> |
|---|-----------------|---|---|--|--|--|----------------|
| 转色期前<br>Before color-<br>changed period | CK              | 0.046                                       | 18.57   | 0.97   | 21.24  | 508.91   | 0.999          |
|   | A               | 0.048                                       | 18.61   | 0.68   | 14.34  | 478.54   | 0.999          |
|   | B               | 0.048                                       | 19.68   | 0.70   | 14.86  | 531.11   | 0.999          |
|   | C               | 0.049                                       | 20.32   | 0.78   | 16.19  | 523.82   | 0.998          |
|   | D               | 0.047                                       | 21.00   | 0.68   | 14.74  | 565.92   | 0.999          |
| 转色期<br>Color-changed<br>period          | CK              | 0.041                                       | 16.88   | 1.15   | 28.92  | 498.66   | 0.998          |
|   | A               | 0.042                                       | 16.64   | 0.49   | 11.79  | 472.09   | 0.998          |
|   | B               | 0.044                                       | 16.54   | 0.45   | 10.19  | 478.89   | 0.999          |
|   | C               | 0.042                                       | 16.86   | 0.49   | 11.74  | 490.91   | 0.996          |
|   | D               | 0.046                                       | 19.41   | 1.20   | 27.00  | 568.04   | 0.997          |
| 转色期后<br>After color-<br>changed period  | CK              | 0.039                                       | 11.62   | 0.53   | 13.84  | 398.09   | 0.999          |
|   | A               | 0.041                                       | 13.95   | 0.14   | 3.41   | 422.16   | 0.999          |
|   | B               | 0.044                                       | 14.24   | 0.37   | 8.54   | 481.02   | 0.996          |
|   | C               | 0.039                                       | 16.17   | 0.60   | 15.66  | 520.22   | 0.998          |
|   | D               | 0.044                                       | 16.46   | 1.08   | 25.50  | 510.08   | 0.999          |

CK: 对照 Control; A: 25 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 5 mg · L<sup>-1</sup> CPPU; B: 25 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 10 mg · L<sup>-1</sup> CPPU; C: 25 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 15 mg · L<sup>-1</sup> CPPU; D: 25 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 20 mg · L<sup>-1</sup> CPPU. 由于非直线双曲线模型拟合程度较好,所以表中光补偿点 LCP 在 P<sub>n</sub> = 0 时由拟合模型表达式直接得出,光饱和点 LSP 为直线 y = P<sub>n max</sub> 与弱光 (PAR ≤ 200 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>) 下线性方程的交点对应 x 轴数值 Due to the good fitting degree of non linear hyperbolic model, the light compensation point in the LCP table in the P<sub>n</sub> = 0 expression was directly obtained by fitting model, light saturation point LSP as a straight line = P<sub>n max</sub> and weak light (PAR ≤ 200 μ · mol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>) under the linear equations corresponding to the value of x axis intersection number.

进行拟合得出:二项式回归的 R<sup>2</sup>为 0.909~0.964,非直角双曲线模型的 R<sup>2</sup>为 0.996~0.999,直角双曲线模型的 R<sup>2</sup>为 0.991~0.997,直角双曲线修正模型的 R<sup>2</sup>为 0.772~0.997,指数函数模型的 R<sup>2</sup>为 0.992~0.998.将 5 种模型拟合的光响应曲线得到的光响应参数光饱和点(LSP)、光补偿点(LCP)、暗呼吸速率(R<sub>d</sub>)、最大光合速率(P<sub>n max</sub>)等指标与实测值光响应曲线进行对比,同时综合拟合优度决定系数 R<sup>2</sup>,得出最适合阳光玫瑰葡萄果实邻近叶片光响应曲线的拟合模型是非直角双曲线模型,其模拟值与实测值之间没有显著差异.

由图 1 和表 1 可以看出,在 0~20 mg · L<sup>-1</sup> CPPU 下,随着 CPPU 浓度和光合有效辐射的增加,果实邻近叶的净光合速率逐渐升高.因此,GA<sub>3</sub> 与 CPPU 处理能提高果实邻近叶对光合有效辐射的响应,有利于 P<sub>n</sub> 的增加.随着时间的推移,不同处理邻近叶 P<sub>n max</sub> 逐渐降低,表明叶片光合能力下降.这可能是由于叶片衰老造成的.在较弱光强下 (PAR ≤ 200 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>),不同时期各处理在果实不同时间叶片的 P<sub>n</sub> 响应曲线相似度很高,差异不明显,随着光强的不断增大,相同处理不同时期之间和同一时期不同处理之间的光响应曲线的变化趋势明显不同.转色期之前测定结果表明,在较强光强 (PAR ≥ 600 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>) 下,各处理间 P<sub>n</sub> 表现出较大差异,P<sub>n max</sub> 差异显著,A、B、C、D 处理的 P<sub>n max</sub> 分别比 CK 高 2.2%、6.0%、9.5%、13.1%,饱和点 LSP 表现出随着 CPPU 的增加而增大的趋势,表明 GA<sub>3</sub> 与 CPPU

处理能提高叶片光合潜力,在光照强度不断增加的条件下能保持较高的净光合速率;转色期,较强光合有效辐射条件下 ( $PAR \geq 600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),除了 D 处理有较高的  $P_{n \max}$  和 LSP 外,其他处理的  $P_{n \max}$  和 LSP 差异较小;转色期过后,在较强光强 ( $PAR \geq 600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 下, A、B、C、D 处理的  $P_{n \max}$  分别比 CK 高 20.1%、22.6%、39.2%、41.7%,饱和点 LSP 表现出随着 CPPU 浓度的增加而增大,对强光的利用能力最大的趋势.光合作用的表观量子效率是反映植物对光能的利用效率的重要指标,同时也作为判断是否发生光合作用光抑制的标准<sup>[12]</sup>.在适宜生长条件下测定的植物表观量子效率一般为 0.03~0.05<sup>[13]</sup>,表中数据符合该区间.

## 2.2 不同浓度处理对葡萄果实邻近叶 $g_s$ 光响应曲线的影响

气孔导度大小反映出叶片与外界进行气体交换能力.由图 2 可以看出,不同时间测定  $g_s$  随着测定时间的推移呈先增大后减小的趋势, $g_s$  随着光合有效辐射的增加逐渐增大,且各处理的变化趋势基本

一致,都呈直线增加趋势,表明各处理  $g_s$  随着光合有效辐射的增加还有继续增大的潜力.转色期之前和转色期的结果基本一致,都是 A、B、CK 处理的气孔导度差异不显著,而 C 和 D 处理的  $g_s$  明显高于前面三者,转色期过后,各处理  $g_s$  差异明显,随着处理的 CPPU 浓度增加而增大,表明  $GA_3$  与 CPPU 处理有利于果实邻近叶气体交换能力增加.

## 2.3 不同处理对葡萄果实邻近叶 $C_i$ 光响应曲线的影响

从图 3 可以看出,叶片  $C_i$  随着光合有效辐射的增加而逐渐减少,当光合有效辐射  $> 800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  时,  $C_i$  趋于平缓.  $C_i$  下降越快,表明叶片对  $CO_2$  的利用速率越快;  $C_i$  越低,表明叶片对  $CO_2$  的利用率越高.从 3 次不同时间的测定结果可以看出,随着 CPPU 浓度的增大,叶片  $C_i$  下降越快,浓度也越低,叶片对  $CO_2$  的吸收速率和利用率越高,表明  $GA_3$  与 CPPU 处理有利于果实邻近叶片光合效率提高.

## 2.4 不同处理对葡萄果实品质的影响

果实纵横径、单果质量、糖酸比等是衡量果实品

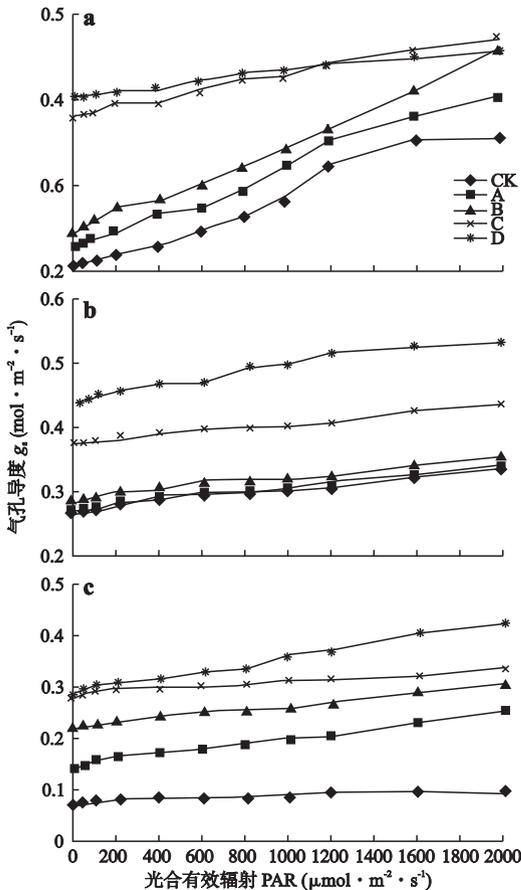


图 2 葡萄果实邻近叶气孔导度的光响应曲线

Fig.2 Response curves of  $g_s$  to light in adjacent leaves of grape fruits.

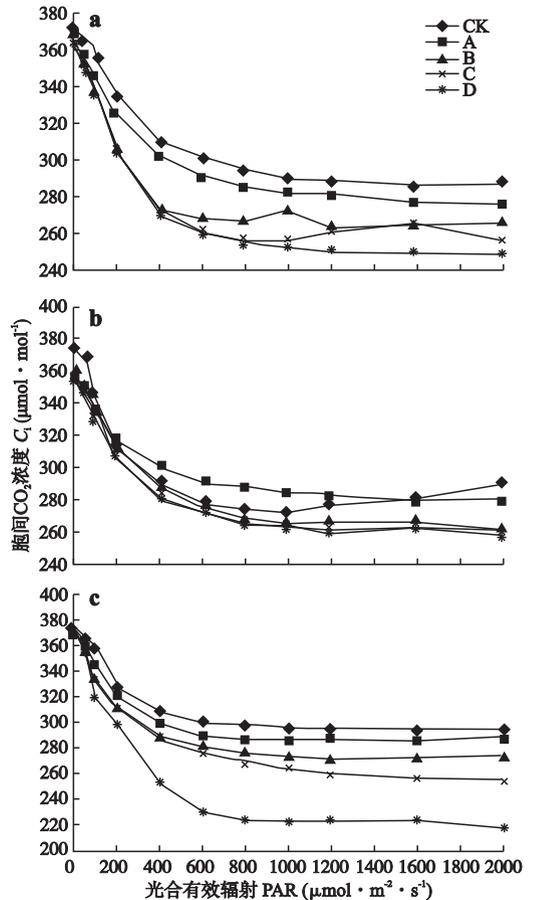


图 3 葡萄果实邻近叶胞间  $CO_2$  浓度的光响应曲线

Fig.3 Response curves of  $C_i$  to light in adjacent leaves of grape fruits.

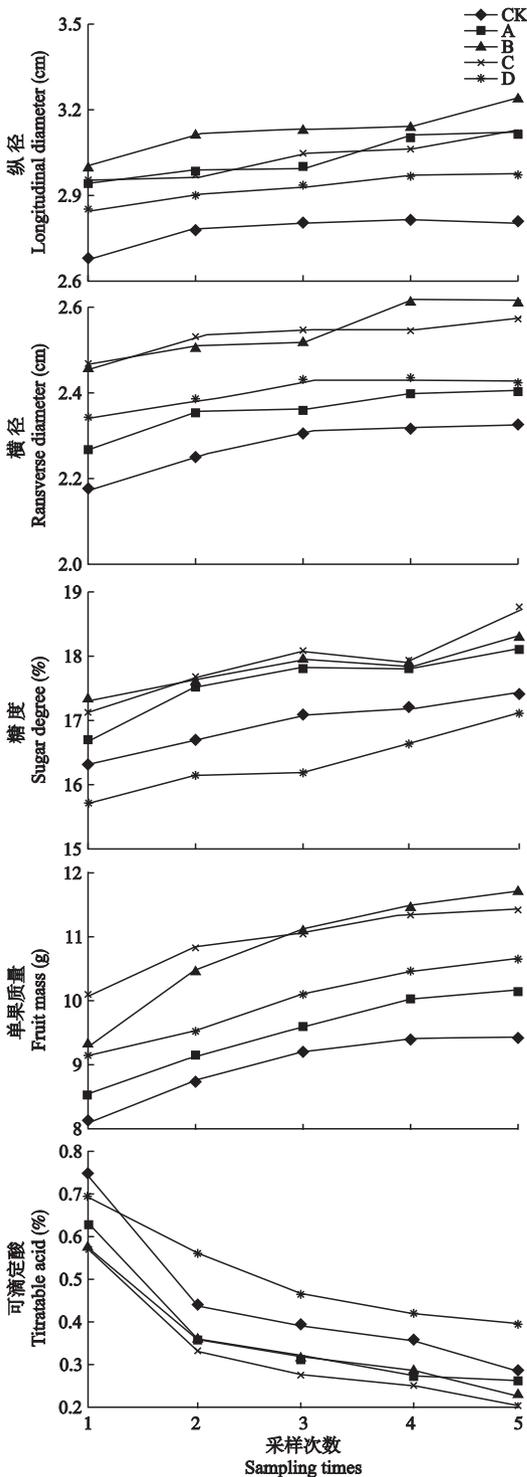


图4 不同GA<sub>3</sub>和CPPU处理对葡萄果实品质的影响

Fig.4 Effects of different GA<sub>3</sub> and CPPU treatments on the quality of grape fruits.

质优劣的重要指标.从图4可以看出,GA<sub>3</sub>和CPPU对葡萄果实的处理均不同程度增大了果实的纵横径和单果质量,但增幅程度不同;B、C>D>A>CK,各处理对果实的糖酸也有不同影响,酸度为D>CK>A、B>C,糖度为B、C>A>CK>D,酸度和糖度呈相反的趋

势,且A、B、C处理果实糖酸差异不显著,但这3个处理糖酸与CK和D处理有显著差异.以上结果表明,A、B、C处理可以显著提高果实品质,D处理不如低浓度GA<sub>3</sub>与CPPU的处理,表明合理浓度CPPU处理可以提高果实纵横径、单果质量、糖酸比等果实品质指标,但当CPPU浓度过高反而会使果实纵横径、单果质量、糖酸比等果实品质指标降低.

### 3 讨论

利用植物生长调节剂处理是提高葡萄果实商品价值的关键技术.CPPU可以强力促进细胞分裂和扩大,促进叶绿素合成,提高光合效率,促使光合营养物质向其施用部位转移,控制衰老,增强抗逆性,从而对葡萄果实的增大有明显作用,能大幅度提高粒质量及产量<sup>[14]</sup>.Woolley等<sup>[15]</sup>用CPPU处理猕猴桃果实发现,果实邻近叶 $P_n$ 增大.欧毅等<sup>[3]</sup>用GA<sub>3</sub>与CPPU处理青脆李幼果,营养枝第3片叶的叶绿素含量提高, $P_n$ 值明显高于对照.本研究表明,随着光照强度的增加,各处理果实邻近叶的净光合速率、气孔导度明显增加,胞间CO<sub>2</sub>浓度降低.净光合速率的增加有利于CO<sub>2</sub>的固定,从而产生更多的有机物.在一定浓度GA<sub>3</sub>与CPPU处理后,果实邻近叶净光合速率随CPPU浓度的提高而增加,表明GA<sub>3</sub>与CPPU处理果实有利于更多光合作用合成有机物的积累,这与方金豹等<sup>[16]</sup>用CPPU对猕猴桃处理后果实邻近叶 $P_n$ 没有显著差异的研究结果不一致.处理后果实质量或果实中调运光合产物能力的显著差异是较长时期累积的结果,而便携式光合测定仪测定的是一个瞬间作用结果,如果处理后对 $P_n$ 有影响但不大的,则各重复间的差异容易遮盖处理间的差异.可能是由于试验方法的原因,果实对叶片 $P_n$ 的影响不易被检测到<sup>[16]</sup>.随着CPPU处理浓度的增加,叶片的气孔导度不断增加,表明GA<sub>3</sub>与不同浓度CPPU组合使用可以增加果实邻近叶片气孔气体交换能力.胞间CO<sub>2</sub>浓度随着CPPU处理浓度的增加而降低,表明GA<sub>3</sub>与CPPU可以提高叶片胞间CO<sub>2</sub>的利用率.

很多研究表明,GA<sub>3</sub>与CPPU具有促进果实膨大,提高果实品质,且两者有加成效应<sup>[17-18]</sup>;GA<sub>3</sub>与CPPU处理有使果实可溶性固形物下降、酸度略高、着色缓慢的负作用<sup>[19-20]</sup>.费学谦等<sup>[19]</sup>认为,低浓度CPPU处理能增加中华猕猴桃单果质量的同时,也提高它的营养品质;高浓度CPPU虽然增加了中华猕猴桃果质量,但降低了果实的营养品质.王世平

等<sup>[14]</sup>研究发现, CPPU 过度应用会降低藤稔葡萄果实品质. 研究表明, CPPU 浓度较低时( CPPU  $\leq 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), 随着 CPPU 浓度的增加, 果实纵横径、单果质量、糖酸比等果实品质指标不断提高; 但当浓度过高时( CPPU =  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), 果实纵横径、单果质量、糖酸比等果实品质指标反而降低. 这表明  $\text{GA}_3$  与 CPPU 处理浓度是果实处理效果的决定因素, 适宜的浓度可改善果实品质, 过高的处理浓度会降低果实品质, 这可能是由于过高的处理浓度推迟了果实生长期, 造成同期差异. 综合各处理果实纵横径、单果质量、糖、酸等果实品质指标, 最适合‘阳光玫瑰’葡萄的处理浓度组合为  $25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{GA}_3 + 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{CPPU}$ .

有研究表明,  $\text{GA}_3$  与 CPPU 处理后果实邻近叶  $P_n$  增大的原因是:  $\text{GA}_3$  与 CPPU 通过增强果实对光合产物的竞争能力起作用, 促进光合产物从源(叶片)到库(果实)的转移, 从而提高叶片的  $P_n$ <sup>[3-15]</sup>. 王若青等<sup>[21]</sup>对黄瓜果实邻近叶饲喂<sup>14</sup>C 来探究叶位与果实库源的关系, 研究表明, 果实对其邻近叶片光合产物的截获能力很强, 使下部叶片的同化产物向上端输送量减少, 叶片主要将同化产物输入其邻近果实内. 李英等<sup>[22]</sup>研究 CPPU 处理瓠瓜子房对叶片<sup>14</sup>C 同化物分配的影响, 结果表明, CPPU 处理后果实的库强增加, 从而促使了同化物由源叶向果实的输送. 方金豹等<sup>[16]</sup>应用<sup>14</sup>C 放射性标记的方法研究发现, 经 CPPU 处理后猴桃果实调运光合产物的能力显著增强. 研究表明, 果实库强对其邻近叶  $P_n$  有较大影响, 果实库强随 CPPU 浓度增加而增大,  $\text{GA}_3$  与 CPPU 组合处理增强果实对邻近叶光合产物的竞争能力, 而果实库力的加强可加速叶片光合产物的输出, 调运营养物质向果实运输, 利于叶片  $P_n$  的增大. 选择合适的  $\text{GA}_3$  与 CPPU 浓度组合对‘阳光玫瑰’葡萄实际生产有着重要意义.

#### 参考文献

- [1] Huo S-S (霍珊珊), Hui Z-M (惠竹梅), Ma L-N (马立娜), et al. Effects of plant growth regulator on the quality of Cabernet Sauvignon grape. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science)* (西北农林科技大学学报: 自然科学版), 2012, **40** (1): 183-189 (in Chinese)
- [2] Wang Y-J (王央杰), Li S-Y (李三玉), Wang X-Y (王向阳). Effect of CPPU on fruit growth and endogenous hormones in Kyoho grape. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 1997, **24**(1): 84-86 (in Chinese)
- [3] Ou Y (欧毅), Wang J (王进), Xie Y-H (谢永

- 红), et al. The effects of growth regulators on photosynthesis and trees grand fruiting of plum. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences* (西南农业学报), 2006, **19**(4): 659-662 (in Chinese)
- [4] Zhong Q-C (仲启铨), Wang J-T (王江涛), Zhou J-H (周剑虹), et al. Effects of water table manipulation on leaf photosynthesis, morphology and growth of *Phragmites australis* and *Imperata cylindrica* in the reclaimed tidal wetland at Dongtan of Chongming Island, China. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2014, **25**(2): 408-418 (in Chinese)
- [5] Tao J-M (陶建敏), Zhuang Z-M (庄智敏), Zhang Z (章镇), et al. Effects of auxins and cytokinins on seed trace development of stenospermic grape cultivar Mars. *Journal of Fruit Science* (果树学报), 2006, **23** (4): 534-537 (in Chinese)
- [6] Wang X-W (王秀伟), Mao Z-J (毛子军). Practicality of 7 light responsive curve models to different plant species. *Bulletin of Botanical Research* (植物研究), 2009, **29**(1): 43-48 (in Chinese)
- [7] Guo S-L (郭水良), Fang F (方芳), Huang H (黄华), et al. Studies on the reproduction and photosynthetic ecophysiology of the exotic invasive plant, *Plantago virginica*. *Acta Phytoecologica Sinica* (植物生态学报), 2004, **28**(6): 787-793 (in Chinese)
- [8] Lewis JD, Olszyk D, Tingey DT. Seasonal patterns of photosynthetic light response in Douglas fir seedlings subjected to elevated atmospheric  $\text{CO}_2$  and temperature. *Tree Physiology*, 1999, **19**: 243-252
- [9] Zhao D, Reddy KR, Kakani VG, et al. Leaf and canopy photosynthetic characteristics of cotton (*Gossypium hirsutum*) under elevated  $\text{CO}_2$  concentration and UVB radiation. *Journal of Plant Physiology*, 2004, **161**: 581-590
- [10] Ye ZP. A new model for relationship between light intensity and the rate of photosynthesis in *Oryza sativa*. *Photosynthetica*, 2007, **45**: 637-640
- [11] Kupp M, Schulze ED. An empirical model of net photosynthesis and leaf conductance for the diurnal courses of  $\text{O}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$  exchange. *Journal of Plant Physiology*, **985**: 513-526
- [12] Leng H-B (冷寒冰), Qin J (秦俊), Ye K (叶康), et al. Comparison of light response models of photosynthesis in *Nelumbo nucifera* leaves under different light conditions. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2014, **25**(10): 2855-2860 (in Chinese)
- [13] Li H-S (李合生), Meng Q-W (孟庆伟), Xia K (夏凯), ed. *Modern Plant Physiology*. Beijing: Higher Education Press, 2002 (in Chinese)
- [14] Wang S-P (王世平), Dong Q-H (董洪秋), Yang T-Y (杨天仪), et al. Effect of growth regulator on berry size and quality in Fujiminori grapevine. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science)* (上海交通大学学报: 农业科学版), 2004, **22**(1): 37-42 (in Chinese)
- [15] Woolley DJ, Lawes GS, Cruz C, et al. The growth and

- competitive ability of *Actinidia deliciosa* 'Hayward' fruit: Carbohydrate availability and response to the cytokinin-active compound CPPU. *Acta Horticulturae*, 1991, **297**: 467-473
- [16] Fang J-B (方金豹), Tian L-L (田莉莉), Li S-H (李绍华), *et al.* Influence of CPPU on the sink and source of Kiwifruit. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 2000, **27**(6): 444-446 (in Chinese)
- [17] Sheng B-L (盛宝龙), Chang Y-H (常有宏), Yu M-Y (于沐彦). Effect of CPPU+GA<sub>3</sub> on apple and pear fruit quality. *Jiangsu Agricultural Sciences* (江苏农业科学), 1998(4): 51-53 (in Chinese)
- [18] Nie L (聂磊), Chen L-G (陈柳光). Effect of CPPU on the growth and quality of *Shatian pummelo* fruit. *Fujian Science & Technology of Tropical Crops* (福建热作科技), 1999, **24**(2): 1-3 (in Chinese)
- [19] Fei X-Q (费学谦), Fang X-Z (方学智), Ding M (丁明), *et al.* Effect of different concentrations of CPPU on growth and nutritional quality of *Actinidia chinensis* Planch. *Journal of Agro-Environment Science* (农业环境科学学报) 2005, **24**(5): 30-33 (in Chinese)
- [20] Xie Z-B (谢志兵), Lu X-D (鲁旭东). Effect of CPPU on growth of Kiwifruit fruit. *Agriculture & Technology* (农业与技术), 2003, **23**(3): 63-65 (in Chinese)
- [21] Wang R-Q (王若青), Lin W-S (林维申). Source sink relationship of function leaves at different position and fruit after full bloom. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), 1991, **18**(8): 239-244 (in Chinese)
- [22] Li Y (李英), Yu J-Q (喻景权). Photosynthesis and <sup>14</sup>C-assimilate distribution as influenced by CPPU treatment on ovary in *Lagenaria leucantha*. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica* (核农学报), 2001, **15**(6): 35-39 (in Chinese)

---

作者简介 辛守鹏,男,1988年生,硕士研究生.主要从事果树生理生态研究. E-mail: 270615170@qq.com

责任编辑 孙菊

---