

# 日光温室牡丹花石榴光合特性研究

王彪<sup>1</sup>, 郭修武<sup>1</sup>, 蒋锦标<sup>2</sup>, 王国栋<sup>2</sup>, 那颖<sup>1</sup>

(1. 沈阳农业大学园艺学院, 110164; 2. 辽宁农业职业技术学院, 熊岳 115009)

**摘要:**以 LI-6400 光合作用测定系统对日光温室牡丹花石榴的光合特性进行测定。结果表明, 在晴天条件下, 牡丹花石榴光合速率日变化呈双峰曲线, 最高峰在 8 时, 次峰在 15 时, 中午有明显的“午休”现象。光合作用的光补偿点和饱和点分别为  $32\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  和  $1200\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ,  $\text{CO}_2$  补偿点和饱和点分别为  $16\mu\text{mol}/\text{mol}$  和  $850\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

**关键词:**日光温室; 牡丹花石榴; 光合特性

**中图分类号:** S 655.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2007)06-0096-03

光合作用对果树产量和品质起着决定性的作用, 尤其在果树开花坐果期, 碳水化合物水平的高低对坐果率和果实发育至关重要。牡丹花石榴是一个珍贵的变异品种, 既可生产果品, 又可赏花<sup>[1]</sup>。果树光合特性的研究已有许多报道<sup>[2~4]</sup>, 但是目前对牡丹花石榴光合特性的研究未见报道。试验通过对设施条件下牡丹花石榴光合特性的研究, 试图探明设施内牡丹花石榴的光合变化规律, 为设施栽培管理提供科学依据, 具有重要的理论和实践意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与地点

试验在辽宁熊岳辽宁农业职业技术学院实训基地第二代 IV 型节能日光温室内进行。该温室为钢筋骨

架, 东西走向。温室跨度 8m, 矢高 3.7m, 后墙高 2.2m, 墙体厚 0.6m, 内置 10cm 苯板。

试材选用 5 年生牡丹花石榴, 栽植密度为株行距  $2\text{m}\times 2\text{m}$ 。试验期间土、肥、水管理正常, 环境条件基本一致。

### 1.2 测定方法

采用 LI-6400 便携式光合仪测定: 选择 4 月中旬的一个晴天进行测定, 选生长发育良好的植株外围中上部向阳的功能叶片(每株固定两片叶)进行测定。试验设 3 次重复, 每重复测定 2 株。

光合速率日变化测定: 自然光强, 从 7:00~18:00 每 1h 测定 1 次。

叶片  $P_n$  对 PAR 的响应曲线测定: 用全自动叶室光源调节光照强度, 光合系统能够自动控制  $\text{CO}_2$  浓度, 同时保持稳定的 RH 和 TL。

$P_n$  对 Ca 的响应曲线的测定: 用  $\text{CO}_2$  钢瓶供气, 用叶室光源控制 PAR, 同时控制 TL 和 RH。

## Study on the Photosynthesis Character of *Catharanthus roseus* and *Catharanthus roseus* cv. Albus in Glasshouse

WANG Fei<sup>1</sup>, LI Lei-hong<sup>2</sup>, LEI Sheng-wu<sup>3</sup>

(1. Landscape Architecture College, Northeast Forestry University, Harbin 150040; 2. Adult Education College, Northeast Forestry University, Harbin 150040; 3. Tianjin Municipal Landscape Design CO. LTD 300381)

**Abstract:** Daily change of net light-photosynthetic rate, chlorophyll content, and light-photosynthetic rate curves of *Catharanthus roseus* and *Catharanthus roseus* cv. Albus in glasshouse, were studied and photosynthesis character were analyzed and compared in this study. The results showed that chlorophyll content of *Catharanthus roseus* was higher than that of *Catharanthus roseus* cv. Albus; photosynthetic rate of *Catharanthus roseus* was higher than that of *Catharanthus roseus* cv. Albus; *Catharanthus roseus* belongs to photophilous plant; the trend of daily change of photosynthetic rate were same between *Catharanthus roseus* and *Catharanthus roseus* cv. Albus were both single peak.

**Key words:** *Catharanthus roseus*; *Catharanthus roseus* cv. Albus; Photosynthesis character

2 结果与分析

2.1 石榴叶片光合速率的日变化

日光温室牡丹花石榴 Pn 的日变化呈明显的双峰曲线(图 1)。上午 7:00 净光合速率上升,8:00 出现第一高峰,净光合速率达一天中最大值,为  $7.85\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ;8:00 以后净光合速率开始下降,中午 12:00 达到谷底,净光合速率为  $4.79\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ;12:00 后出现缓慢回升,

15:00 达到二次高峰,净光合速率为  $6.47\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ;15:00 后 Pn 迅速下降至最低点。可见,上午石榴树叶片光合能力较强,而下午较弱。Pn 的变化在 7:00~8:00 时和 15:00~18:00 时与光强的变化规律一致;9:00~14:00 时变化趋势呈相反方向,说明其光合作用存在“午休”现象,可能是“光抑制”的结果。

2.2 石榴叶片光合相关生理因子日变化

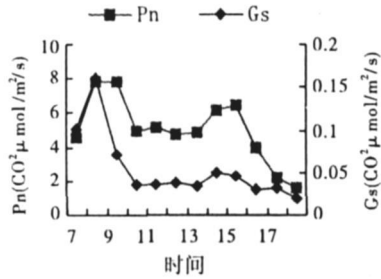


图1 石榴叶片 Pn, Gs 的日变化

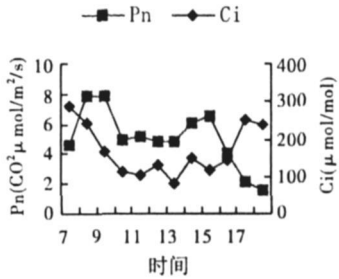


图2 石榴叶片 Pn, Ci 的日变化

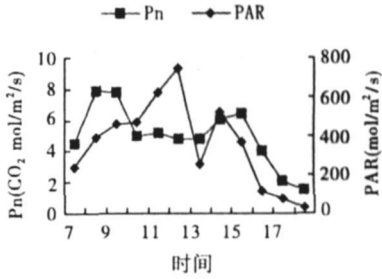


图3 石榴叶片 Pn, PAR 的日变化

2.2.1 气孔导度和光合速率的日变化关系 气孔导度在一天中与光合速率呈同步的规律性变化,两者之间呈极显著相关<sup>[5]</sup>。如图 1 所示,牡丹花石榴气孔导度与净光合速率也呈同步的规律性变化,但是,在变化幅度上,7:00~10:00 气孔导度明显大于净光合速率,之后,二者出现了相反的变化幅度。

2.2.2 细胞间隙 CO<sub>2</sub> 浓度和光合速率日变化的关系

如图 2 所示,清晨设施内 CO<sub>2</sub> 浓度较高,随着光照的增强,光合速率开始呈直线增长,CO<sub>2</sub> 同化加快,致使 Ci 下降,7:00~13:00 Ci 呈下降趋势,而 Pn 则先上升后下降。

8:00~10:00 时 Gs 和 Ci 迅速降低,光合速率也开始急剧下降;而后随着 Gs, Ci 的平稳走势开始走向平缓。光合速率于 15 时出现一个小高峰, Pn 与 Gs 和 Ci 的升高有关系。15 时以后由于 Gs 的下降,光合速率降低,CO<sub>2</sub> 利用下降,加之呼吸作用所释放 CO<sub>2</sub> 积聚在细胞间隙,使 Ci 上升。根据 Farquhar<sup>[6]</sup> 等提出的气孔限制理论和目前国内外学者常用的分析光合速率方法<sup>[7,8]</sup>, Ci 随 Pn 降低而降低,则推测光合作用主要受气孔因素限制; Pn 降低但 Ci 升高,则表明光合作用主要受非气孔因素限制。

2.3 影响石榴叶片光合作用日变化的主导环境因子

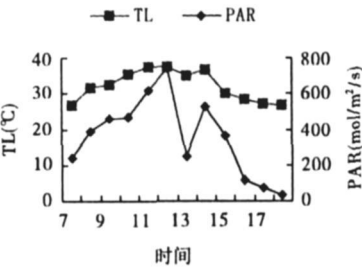


图4 石榴叶片 TL, PAR 的日变化

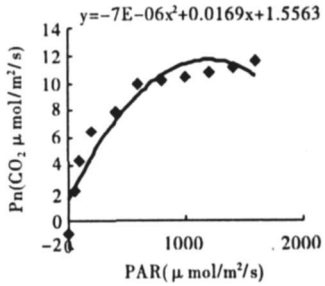


图5 牡丹花石榴光合—光反应曲线

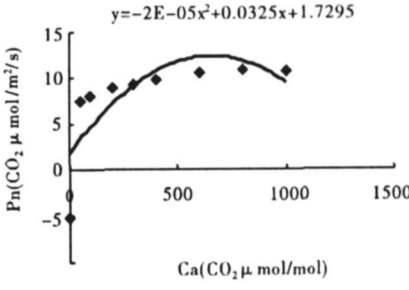


图6 牡丹花石榴光合—CO<sub>2</sub> 反应曲线

2.3.1 光照强度对光合速率的影响 从图 3 可看出,上午 7:00~9:00 石榴净光合速率随光照的增强而提高,10:00 后受不利的环境因子抑制,而产生“午休”现象;下午 13:00 光合速率开始回升;15:00 后又随着光强的减弱降低。9:00~13:00 时出现光合午休现象,光照强度变化不是很大。因此,光强可能不是导致光合作用“午休”现象的直接原因。但可能是引起一天中气温、湿度和气孔导度等因子变化的主要原因。在晴天中午采取一定的遮光降温措施,增加空气相对湿度,有利于提高

石榴叶片的光合水平。

2.3.2 气温对光合速率的影响 图 4 表明,从 7:00 开始,气温随着光照的增强而上升,“午休”时最低温度 35℃,最高温度 37.7℃。Salvucci 曾指出:光合作用关键酶-Rubisco 的最适活化温度为 25℃~30℃,其活性的高低直接影响光合速率的大小<sup>[9]</sup>。中午高于 37℃的过高温影响了叶片叶肉细胞中与光合作用有关的酶活性,叶温过高还可能灼伤叶片,影响叶片的光合机能<sup>[10]</sup>。因此,气温偏高可能是中午光合速率下降的原因之一。中

午进行遮荫或增加土壤湿度及空气湿度,可降低气温,提高净光合速率,缓解“午休”现象。

## 2.4 叶片 $P_n$ 对 PAR 的响应曲线

TL(29±1)℃, RH(90%), Ca 400 $\mu$ mol/mol(高于大气)条件下,不同光合有效辐射下净光合速率的变化如图5所示。当光合有效辐射低于32 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s时, $P_n$ 为负值;当光合有效辐射为32 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s时,光合与呼吸平衡, $P_n$ 为0,说明其光补偿点为32 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s;随着光强的增加, $P_n$ 逐渐增大,当光强增至1200 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s时, $P_n$ 最大,以后随光强的增加 $P_n$ 维持一定水平,说明其光饱和点约为1200 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s。光强-净光合速率反应曲线方程为 $y=-0.000007x^2+0.0169x+1.5563$ ( $R^2=0.9142$ )。

## 2.5 $P_n$ 对 Ca 的响应曲线

在TL(29±1)℃,RH(90%),PAR为1200 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s条件下, $P_n$ 对Ca的响应曲线如图6所示。随着CO<sub>2</sub>浓度(低于400 $\mu$ mol/mol)的增加, $P_n$ 迅速提高,Ca与 $P_n$ 呈线性相关。随着Ca的增加, $P_n$ 逐渐提高,最终趋于饱和。这与CO<sub>2</sub>浓度升高对光合作用有促进效应的结论相一致<sup>[11]</sup>。石榴叶片的CO<sub>2</sub>饱和点为850 $\mu$ mol/mol左右。对响应曲线的初始部分(Ca低于300 $\mu$ mol/mol)作线性回归,由回归方程计算得出石榴CO<sub>2</sub>补偿点为16 $\mu$ mol/mol。CO<sub>2</sub>-净光合速率反应曲线为 $y=-0.00002x^2+0.0325x+1.7295$ ( $R^2=0.5774$ )。

## 3 讨论

植物光合“午休”对生产造成的损失可达光合生产的30%~50%,甚至更多<sup>[12]</sup>。“午休”现象在果树上相当普遍<sup>[13~16]</sup>,牡丹花石榴的日光合速率也具有明显的“午休”现象,呈双峰曲线。

“午休”现象产生的原因,是由于强光使气温、蒸腾速率剧增,而大气湿度剧减,造成气孔导度降低,叶面温度过高,抑制了参与光合过程酶的活性,导致羧化率降低,使净光合速率降低,表现出“午休”现象。因此,加强夏季中午遮荫与水分管理,适时灌溉,叶面喷水或者喷洒磷、钾肥溶液可以缓解光合“午休”效应<sup>[17]</sup>。

牡丹花石榴的光补偿点和光饱和点都较高,除选择

高透光率的塑料膜之外,整形修剪增加树体透光率也非常重要。

牡丹花石榴的CO<sub>2</sub>补偿点较低,说明牡丹花石榴利用低浓度CO<sub>2</sub>的能力较强。但其饱和点远高于大气中CO<sub>2</sub>浓度,因此在温室内增施CO<sub>2</sub>浓度,对提高光合速率,增加果树产量具有积极意义。

## 参考文献

- [1] 王焕兴.牡丹花石榴品种特性及其栽培技术[J].中国南方果树,2003,32(1):49-50.
- [2] 杨建民,王中英.短枝型与普通型苹果叶片光合特性比较研究[J].中国农业科学,1994,27(4):31-36.
- [3] 王春清,祖容,张贤泽.葡萄幼树若干光合特性的研究[J].园艺学报,1989,6(4):279-284.
- [4] 张志华,高仪,王文江,等.核桃光合特性的研究[J].园艺学报,1993,20(4):319-323.
- [5] 杨模华,李志辉,黄丽群,等.银杏光合特性的日变化[J].经济林研究,2004,22(4):15-18.
- [6] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1982, (33):491-543.
- [7] 关义新,戴俊英,林艳.水分胁迫下植物叶片光合的气孔和非气孔限制[J].植物生理学通讯,1995,31(4):293-295.
- [8] 许大全.光合作用气孔限制分析中的一些问题[J].植物生理学通讯,1995,33(4):317-345.
- [9] Salvucci M E, Porits A R, Ogren W L. Light and CO<sub>2</sub> response of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activation in Arabidopsis leaves[J]. Plant physiol, 1986, 80: 655-659.
- [10] 潘伟明,李华军,许凤英,等.银杏夏季生长光温条件的初步研究[J].农业与技术,2004,24(1):67-70.
- [11] 张其德,卢从明,匡廷云.大气CO<sub>2</sub>浓度升高对光合作用的影响[J].植物学通报,1992,9(4):18-23.
- [12] 许大全.光合速率、光合效率与作物产量[J].生物学通报,1999,34(8):8-9.
- [13] 路丙社,白志英,董源,等.阿月浑子光合特性及其影响因子的研究[J].园艺学报,1999,26(5):287-290.
- [14] 郭宝林,杨俊霞,闫海霞,等.黑莓幼树叶片光合特性的研究[J].河北农业大学学报,2004,27(2):42-44.
- [15] 刘廷松,李桂芬.设施栽培条件下葡萄盛花期的光合特性[J].园艺学报,2003,30(5):568-570.
- [16] 苏培玺,杜明武,张立新,等.日光温室草莓光合特性及对CO<sub>2</sub>浓度升高的响应[J].园艺学报,2002,29(25):423-426.
- [17] 邓仲箴.水稻光合日变化与内生节律的关系[J].水稻科学,1994,8(1):9-14.

## Studies on Photosynthetic Characteristics of *Punica granatum* L. “Mudanhua” in Heliogreenhouse

WANG Biao<sup>1</sup>, GUO Xiuwu<sup>1</sup>, JIANG Jin-biao<sup>2</sup>, WANG Guo-dong<sup>2</sup>, NA Ying<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, 110161; 2. Liaoning Agriculture Vocation-technical College Xiongyue 115009)

**Abstract:** The LI-6400 Portable Photosynthesis System was used to study the photosynthetic characteristics of *Punica granatum* L. “Mudanhua” in heliogreenhouse. The results showed that the daily variation of net photosynthetic rate in leaves presented a bimodal curve and an obvious “midday depression” phenomenon occurred on clear weather day. The first peak value was the highest, which occurred at about 8:00 am, the second peak value occurred at 15:00 pm. The light saturation point was 1200 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s and light compensation point was 32 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s. The CO<sub>2</sub> saturation point was 850 $\mu$ mol/mol and CO<sub>2</sub> compensation point was 16 $\mu$ mol/mol.

**Key words:** Heliogreenhouse; *Punica granatum* L. “Mudanhua”; Photosynthetic characteristics