

# 红背桂光合特性日变化研究

廖友媛

(湖南工业大学, 湖南 株洲 412008)

**摘要:** 采用 LI-6400 便携式光合测定系统, 在 10 月份对红背桂成熟叶片的光合作用日进程主要生理生态指标进行测定, 研究其日变化。结果表明: 红背桂的净光合速率日变化呈明显的“双峰型”曲线, 峰值分别出现在 8:00 时和 15:00 时; 存在光合午休现象, 且光合午休的主要原因是气孔限制。

**关键词:** 红背桂; 光合速率; 日变化; 气孔导度

中图分类号: Q945

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2008)06-0036-03

## Research on Diurnal Variation of Photosynthetic Characteristics for *Excoecaria Cochinchinensis* Lour.

Liao Youyuan

(Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

**Abstract:** In order to research the diurnal variation of *excoecaria cochinchinensis* Lour., the main physiological and ecological index under photosynthesis for its mature leaves were measured with LI-6400 portable photosynthesis determination system in October. The result showed that the diurnal process of photosynthetic rate was an obvious double-peak curve, the peak values were at 8:00 am and 15:00 pm. The photosynthesis had a significant midday depression phenomenon, and the main reason for this depression was the restrictions on stomata.

**Key words:** *Excoecaria cochinchinensis* Lour.; photosynthetic rate; diurnal variation; stomatal conductance

## 0 引言

红背桂 (*Excoecaria cochinchinensis* Lour.), 又名红背、紫背桂、红紫木、东洋桂花等, 属大戟科土沉香属。红背桂是生性健壮, 极少病虫害的常绿小灌木, 其株形矮小, 株态秀美, 叶面绿色, 叶背紫红色, 是一种实用价值较高的观叶、观花植物<sup>[1]</sup>。原产于印度半岛, 我国北方各地实行温室栽培, 南方露地栽培时可植为阴处绿篱。红背桂是天然的除尘器, 且有一定的药用价值。<sup>[2]</sup>

目前, 红背桂的化学成分、栽培种植、组织培养及植株再生等方面, 已有相关报道<sup>[1-3]</sup>。但光合作用生理生态特性, 如光合作用日变化研究的报道很少。植物光合作用能力的强弱是其生长快慢的主要影响因素, 也是植物重要的生物学特性之一<sup>[4]</sup>。影响植物光合作用的主要生理生态因子有光照、温度、水分、空气、蒸

腾速率、气孔导度等<sup>[5]</sup>。本文对红背桂的主要光合生理指标进行了测定, 以期找出其光合作用与环境变化的关系, 从而为人工栽培红背桂提供一些理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料与仪器

取栽培了 5~6 年的红背桂健壮植株, 选择其长势良好、形态色泽基本一致的成熟叶子作为测试材料, 且测试前晚浇透土壤。

便携式 LI-6400 系列光合测定仪, 由美国 LI-COR 公司生产。

### 1.2 实验方法

采用便携式 LI-6400 系列光合测定仪, 选择秋季晴朗的天气, 测定实验材料的净光合速率 ( $P_n$ ) 以及蒸腾速率 ( $T_r$ )、气孔导度 ( $C_{\text{ond}}$ )、光合有效辐射 ( $P_{\text{ar}}$ )、

收稿日期: 2008-08-10

作者简介: 廖友媛 (1974-), 女, 湖南隆回人, 湖南工业大学讲师, 中南林业科技大学硕士生, 主要研究方向为园林植物。

温度 ( $T_a$ )、胞间  $\text{CO}_2$  浓度 ( $C_i$ )、 $\text{CO}_2$  浓度 ( $C_a$ )、相对湿度 ( $R_H$ ) 和水含量 ( $H_a$ ) 等生理生态因子日变化指标, 每项指标测试 5 个样叶, 记录数据取其平均值, 每隔 1 h 测定 1 次, 测定时间为 6:00~18:00。

## 2 实验结果分析与讨论

### 2.1 红背桂净光合速率日变化

红背桂叶片净光合速率 ( $P_n$ ) 日变化如图 1 所示。由图 1 可知, 在秋季晴朗天气里, 红背桂叶片  $P_n$  日变化呈双峰型曲线。 $P_n$  从 6:00 开始不断上升, 到上午 8:00 时达到首峰, 峰值为  $6.896 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 随后开始下降, 呈现出“光合午休”现象。到 13:00 时降低到最低值, 为  $2.770 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 紧接着  $P_n$  又开始上升, 15:00 时达次峰, 峰值为  $5.412 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 其后一直下降。

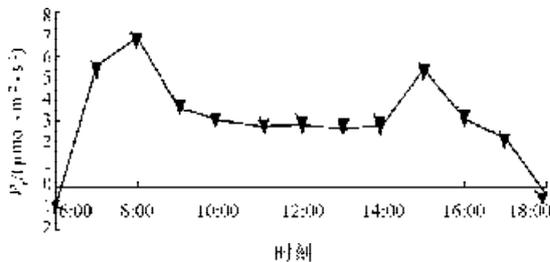


图 1 光合速率日变化

Fig. 1 Diurnal variation of Photosynthesis

### 2.2 相关生理生态因子日变化

#### 2.2.1 蒸腾速率与气孔导度

蒸腾速率  $T_r$  与气孔导度  $C_{\text{ond}}$  是两个重要的光合生理参数<sup>[6,7]</sup>, 它们的日变化情况见图 2。

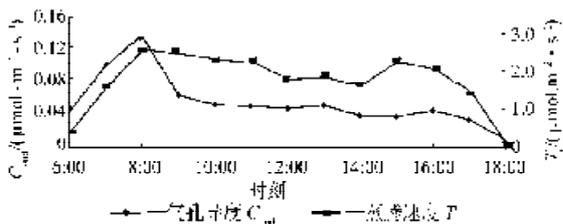


图 2 蒸腾速率与气孔导度日变化

Fig. 2 Diurnal variation of the pneumothodium meatus and the transpiration ratio

由图 2 可知,  $T_r$  总体上有 2 个峰值, 也出现在 8:00 与 15:00, 与  $P_n$  两峰值出现时间相同, 且曲线的总体趋势与  $P_n$  非常相似。而  $C_{\text{ond}}$  日变化为单峰曲线, 与  $P_n$  出现第一高峰的时间相同, 都为 8:00。从 6:00 到 8:00,  $C_{\text{ond}}$  一直上升, 并且升幅较大, 8:00 时升到最大值  $0.1324 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 8:00~9:00 时, 下降幅度较大; 其后下降趋势较小, 18:00 下降到最低点。相关性分析表明,  $T_r$  和  $C_{\text{ond}}$  与  $P_n$  的相关系数分别为 0.74 和 0.71, 均远大于 0.01, 这说明  $T_r$  和  $C_{\text{ond}}$  与  $P_n$  具有很明显的相关性。红背桂净光合速率在 8:00 达到顶峰后开始下降, 同时气孔导度基本上呈现降低的趋势, 但中间段略有变化, 这

说明午间光合速率降低主要是由于气孔限制引起的<sup>[8]</sup>。因为 8:00~10:00 这段时间,  $T_r$  虽稍变小了, 但对于植株来说, 蒸腾能力还是过大了, 为保证不因过度蒸腾造成对植株的伤害, 叶片通过气孔的关闭来减小  $T_r$ , 因此  $C_{\text{ond}}$  在这段时间内, 特别是 8:00~9:00, 迅速减小, 导致  $P_n$  下降。图 2 表明, 10 月份红背桂的蒸腾速率受气孔因素的限制比较大, 从而使蒸腾作用在红背桂生理活动中起重要作用。

#### 2.2.2 光合有效辐射与空气温度

光合有效辐射  $P_{\text{ar}}$  和空气温度  $T_a$  的日变化情况见图 3。一般来说, 光合有效辐射是决定光合作用的最有效因子, 光照是影响叶片光合速率的重要因素, 且光强越强光合速率越高。从图 3 可看出, 本研究中  $P_{\text{ar}}$  的日变化为单峰曲线。6:00 后不断上升, 到 12:00 时达最大, 为  $1915.000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 随后一直下降。在 8:00~15:00 间,  $P_{\text{ar}}$  均超过  $1000.000$ , 远超过红背桂光饱和点 ( $367.9 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ <sup>[9]</sup>), 这使得光合有效辐射不成为本研究中最直接的光合限制因子, 且与  $P_n$  的相关程度没其他因子高, 与  $P_n$  的相关系数为 0.48。可理解为在 6:00~8:00 时  $P_n$  随着  $P_{\text{ar}}$  增加逐渐上升, 8:00 之后可能由于  $P_{\text{ar}}$  过强引起叶片其它相关生理生态因子发生变化, 从而导致  $P_n$  开始下降, 在 13:00~15:00 之间,  $P_n$  随着  $P_{\text{ar}}$  的下降而上升; 15:00 过后,  $P_n$  随着  $P_{\text{ar}}$  的下降而下降。

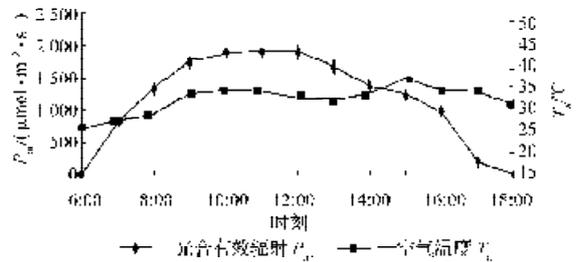


图 3 光合有效辐射和温度日变化

Fig. 3 Diurnal variation of the photosynthetic effective radiation and temperature

$T_a$  在 6:00~11:00 呈上升趋势; 11:00~13:00 趋于下降; 13:00 以后,  $T_a$  又开始回升, 到 15:00 时达到最高值, 为  $37.830^\circ\text{C}$ ; 15:00 后  $T_a$  一直下降。 $T_a$  最高值出现时  $P_n$  正处于次峰值, 说明  $T_a$  对  $P_n$  有一定的影响, 二者的相关系数为 0.17。

从图 3 可看出, 在 9:00~14:00 之间,  $P_{\text{ar}}$  与  $T_a$  均保持在较高水平, 此时正是各生理生态因子与  $P_n$  之间相互协调以适应周边环境影响的过程, 而  $P_{\text{ar}}$  与  $T_a$  均保持较高水平, 且相对稳定, 这对植株的自身调节非常有利, 植株经过这段时间的调节后, 逐渐适应了强光高温的环境。

#### 2.2.3 $C_a$ 和 $C_i$

二氧化碳  $C_a$  和胞间二氧化碳  $C_i$  日变化见图 4。

图 4 说明,  $C_i$  受空气  $\text{CO}_2$  浓度影响较大, 早晨 6:00

时  $C_i$  和  $C_a$  均很高, 分别为  $490.600$ 、 $446.126 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 随后基本上呈下降趋势, 到 15:00 时达最低值; 随后又开始上升, 到 18:00 升到一个相对较高的数值。

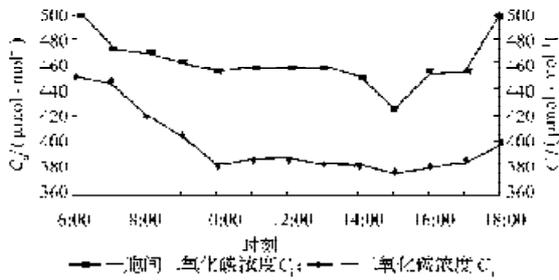


图 4  $C_a$  和  $C_i$  日变化

Fig. 4 Diurnal variation of  $C_a$  and  $C_i$

结合图 1 与图 4 可看出 6:00~8:00,  $P_n$  迅速上升, 而随着  $P_n$  的迅速上升, 需要固定较多的光合作用原料  $\text{CO}_2$ , 这就引起  $C_a$  与  $C_i$  的明显下降。8:00~10:00,  $P_n$  下降, 但虽有所下降, 还是处于相对较高的水平上, 加上  $C_{\text{ond}}$  的减小, 导致了  $C_a$  与  $C_i$  继续下降。14:00~15:00 之间, 植株因经过 10:00~14:00 的调节后, 已经适应了强光高温的环境, 此时各生理生态因子都非常有利于光合作用的进行, 所以  $P_n$  急剧上升; 而  $P_n$  的急剧上升就导致了  $C_a$  与  $C_i$  的下降。15:00 时,  $P_n$  达到次峰,  $C_a$  与  $C_i$  则跌至一天中的最低值。15:00 以后, 随着  $P_n$  的降低,  $C_a$  与  $C_i$  又开始上升。

#### 2.2.4 相对湿度与水含量

空气中的相对湿度与水分含量变化情况见图 5。图 5 表明,  $R_H$  总体趋势是先降后升, 是一条“W”型的曲线。6:00 时  $H_a$  值相对较小, 为  $22.942 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 而  $R_H$  的值相对较大, 高达  $68.964\%$ , 6:00~8:00 这段时间,  $R_H$  一直在减小, 而随着蒸腾需求的增加, 聚集在叶片外周的  $H_a$  增加, 兼此时的  $C_a$  浓度较高,  $P_n$  迅速上升; 8:00 时,  $H_a$  达到一天中的最高值。8:00~10:00,  $R_H$  和  $H_a$  均减小,  $P_n$  下降; 10:00 时,  $R_H$  到达第一个低谷。14:00~15:00 之间,  $R_H$  急剧下降,  $H_a$  也下降,  $P_n$  急剧上升; 15:00 时,  $P_n$  达到次峰,  $R_H$  则跌至一天中的最低值。15:00 以后,  $P_n$  呈降低趋势, 而  $H_a$  和  $R_H$  则升高。

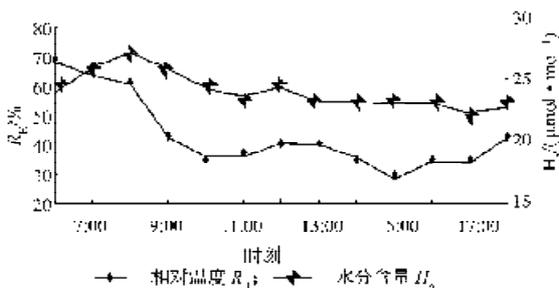


图 5 相对湿度与水含量

Fig. 5 Diurnal variation of the relative humidity and the water content

### 3 结论

光合作用是植物复杂的生理过程, 对各种生理生态因子的影响相当敏感。光合作用的限制因素是多方面的, 生态因子之间可以相互影响, 生理因子之间亦可, 且生态因子的变化又可引起生理因子的变化, 从以上的实验结果分析中, 我们可得到如下结论:

1) 在秋季的温度高、阳光充足且较干旱的晴天里, 红背桂的光合速率日变化是一条双峰曲线, 上下午各有一个高峰, 中午有一个低谷, 在 8:00 到 15:00 之间出现了明显的光合午休现象。

2) 红背桂的午间光合速率降低即产生光合午休现象的主要原因, 是由于气孔限制引起的, 同时也存在非气孔限制因素, 如光抑制是植物光合作用非气孔限制因素的主要形式, 是产生光合午休现象的一个非气孔因素。

3) 在强光高温干旱环境下, 与红背桂光合速率真实联系最密切的因子是蒸腾速率, 最直接的限制因子是空气  $\text{H}_2\text{O}$  浓度。因此在强光高温干旱环境下, 可适当给红背桂遮荫和喷水, 以降低叶片温度和增加水分, 从而提高净光合速率, 促进植株生长。

#### 参考文献:

- [1] 杨延明, 芦翠乔, 蒋武生, 等. 红背桂花的组织培养及植株再生[J]. 河南农业科学, 1990(8): 25.
- [2] 李子燕, 杨靖华, 汪云松, 等. 红背桂花化学成分研究[J]. 中草药, 2006(6): 826-829.
- [3] 赵琛, 曾乐佳, 刘楷, 克线磷和益舒宝对红背桂根结线虫活力和发育的影响[J]. 广东园林, 2003(S1): 63-65.
- [4] 罗勇. 湖南省主要树种光合特性及其对环境因子的响应研究[D]. 长沙: 中南林学院, 2004.
- [5] 周碧容. 番石榴光合特性的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2005.
- [6] 金洁, 骆耀平, 任明兴, 等. 嫁接茶树光合特性研究[J]. 茶叶, 2003(2): 86-88.
- [7] 陈桂芳, 蔡孔瑜, 娄利华, 等. 中华蚊母树光合作用日变化初步研究[J]. 西南林学院学报, 2008, 28(3): 1-3.
- [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, 1997(4): 241-244.
- [9] 曾小平, 赵平, 蔡锡安, 等. 25种南亚热带植物耐阴性的初步研究[J]. 北京林业大学学报, 2006(4): 88-95.
- [10] 周赛玲, 陆文妹. 丹桂夏季的光合蒸腾特性[J]. 生物学通报, 2008, 43(3): 58-60.

(责任编辑: 张亦静)