

紫花含笑和苦梓含笑光合生理特性的研究

马小英 焦根林

(深圳市仙湖植物园 深圳 518004)

摘要 采用 Li-6400 便携式光合测定系统(Li-Cor Inc., USA) 对常绿灌木紫花含笑和常绿乔木苦梓含笑的光合生理特性进行了测定。结果表明:(1) 两种含笑叶片的光响应曲线符合非直角双曲线模型, 表观光量子效率接近, 但灌木紫花含笑的光饱和点、光补偿点、最大净光合速率、暗呼吸速率均比乔木苦梓含笑低。(2) 光照强度对两种含笑的气孔行为、蒸腾速率和水分利用率的影响效果近似, 光照强度诱导气孔导度变大, 蒸腾速率加强。当达到光饱和后, 随着光强的增强, 净光合速率增加缓慢, 气孔导度和蒸腾速率持续增大, 水分利用率下降。

关键词 光响应曲线 气孔导度 蒸腾速率 水分利用率

中图分类号: S718.43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-4427(2008)02-0010-04

Study on Photosynthetic Characteristics of *Michelia crassipes* and *Michelia balansae*

Ma Xiaoying Jiao Genlin

(Shenzhen Fairy Lake Botanical Garden, Shenzhen, 518004)

Abstract The photosynthetic characteristics of a shrub, *Michelia crassipes*, and a tree, *Michelia balansae*, were measured in the field with Li-6400 Portable Photosynthesis System. The results were: (1) The response of photosynthesis to photon flux density fitted well with the non-rectangular hyperbola model. The apparent quantum yield of two species were close, but the light saturation point and compensation point, the maximum net photosynthetic rate, the dark respiration rate of *M. crassipes* were lower than those of *M. balansae*. (2) The response of stomatal conductance, transpiration rates and water use efficiency of the two species were similar. The photon flux density induced the increament of stomatal conductance and transpiration rate. When reaching to the light saturation point, the net photosynthetic rate leveled off, but the stomatal conductance and the transpiration rate kept increasing, resulting in the decrease of water use efficiency.

Key words light response curve, stomatal conductance, transpiration rate, water use efficiency

紫花含笑(*Michelia crassipes* Y. W. Law)和苦梓含笑(*Michelia balansae* (A. DC.) Dandy)是木兰科中庭园绿化的优良树种,紫花含笑为常绿灌木或小乔木,苦梓含笑为常绿乔木,这两个树种均具有树形美观、枝繁叶茂、花芳香美丽的特性,深受群众喜爱。前人对这两种含笑的研究多集中于扦插育苗和园林应用^[1-3],光合生理特性的研究尚未见报道。笔者利用便携式光合测定系统 Li-6400(Li-Cor Inc. USA)首次对这两种含笑的光合生理特性进行了研究,为其植物配置、开发利用及基础研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试紫花含笑原产于湖南南岳山,1999 年从湖南省森林植物园引种,栽培于深圳仙湖植物园木兰园。供试苦梓含笑原产于云南麻栗坡,1999 年从云南昆明林科院引种至深圳仙湖植物园木兰园,栽培于毗邻紫

花含笑处。于2007年9月中下旬的晴朗天气,随机选取健康植株冠层外部充分展开的第3~4叶位上的成熟功能叶进行测定,重复3次,取平均值。

1.2 试验方法

1.2.1 测定项目与方法 光合作用参数的测定采用 Li-6400 便携式光合测定系统进行,采用内置红蓝光源控制光合有效辐射强度,CO₂ 钢瓶提供碳源并由内置控制系统调节 CO₂ 浓度。测定指标有:净光合速率(P_n),气孔导度($Cond$),胞间 CO₂ 浓度(C_i),蒸腾速率(Tr),气温(T_{air}),叶温(T_{leaf}),样品室相对湿度($RH-S$),参比室相对湿度($RH-R$)和光合有效辐射强度(PAR)等。设定叶温 28℃,CO₂ 浓度 370 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$,光强梯度为:2 000,1 500,1 200,1 000,800,600,400,200,100,50,25,0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。测定光响应曲线之前,依陈根云等^[4]方法,对被测叶片进行 1 000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光诱导 60 min,之后用 Li-6400 光合仪光响应曲线的自动测量程序进行测量,设置最小等待时间为 120 s,最长等待时间为 240 s,测量过程中及时对仪器进行自动匹配操作。

1.2.2 数据分析与处理 Li-6400 光合仪记录的数据导入计算机后,用 Excel 读取分析。光响应曲线采用非直角双曲线模型^[5]用 Origin 软件进行拟合分析,非直角双曲线模型方程如下:

$$A = \frac{\Phi \cdot Q + A_{\max} - \sqrt{(\Phi \cdot Q + A_{\max})^2 - 4k \cdot \Phi \cdot Q \cdot A_{\max}}}{2k} - R_d$$

式中 A 为净光合速率, Q 为光合有效辐射, Φ 为表观量子效率, $A_{\max}$ 为最大光合速率, k 为曲角, R_d 为暗呼吸速率。

光饱和点($LSP = A_{\max}/\Phi$)、最大净光合速率、表观光合量子效率、暗呼吸速率均由非直角双曲线模型拟合得到。

2 结果与分析

2.1 光照强度对光合速率的影响

图1是紫花含笑、苦梓含笑叶片光响应的观测数据和利用非直角双曲线模型进行拟合得到的曲线,两条拟合曲线的相关系数 R^2 分别高达 0.999 4 和 0.996 0,表明经过充分光诱导的两种含笑叶片光合作用的光响应曲线符合非直角双曲线模型,适合用非直角双曲线模型对其光饱和点、最大净光合速率、表观光合量子效率和暗呼吸速率进行拟合。本实验的拟合结果表明:紫花含笑、苦梓含笑表观光量子效率 Φ 分别为 0.054 ± 0.009 和 $0.054 \pm 0.011 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$,暗呼吸速率 R_d 分别为 0.66 ± 0.23 和 $1.43 \pm 0.22 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,最大净光合速率分别为 8.51 ± 0.37 和 $9.86 \pm 0.35 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,据非直角双曲线模型计算,紫花含笑的光饱和点(LSP)为 $158.7 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光补偿点(LCP)为 $13.0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,苦梓含笑的光饱和点为 $184.0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光补偿点为 $31.0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。两种含笑的表观光量子效率近乎相同,但紫花含笑光饱和点、光补偿点、暗呼吸速率均比苦梓含笑低,其暗呼吸速率只有苦梓含笑的 1/2 左右,表明表观光量子效率相近的情况下,光饱和点和光补偿点、暗呼吸速率存在对应关系,高光饱和点对应的暗呼吸速率也较高。

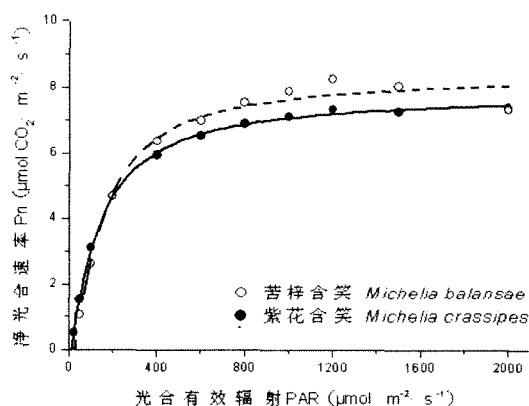


图1 光强对紫花含笑、苦梓含笑叶片净光合速率的影响

2.2 气孔导度与胞间 CO_2 浓度的变化

图 2 是两种含笑叶片的气孔导度和胞间 CO_2 浓度随光强增加的变化趋势,从图可知两含笑种间差异不明显。紫花含笑的气孔导度随着光强的增加不断增加,而苦梓含笑的气孔导度在光照强度 $0 \sim 1500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内随着光强的增加而增加,但当光强达 $2000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,气孔导度略有下降。而胞间 CO_2 浓度 (C_i) 在光强小于饱和光强之前呈明显下降趋势,光强大于饱和光强后,胞间 CO_2 浓度的变化幅度小,呈小幅上升趋势。推测在低光强区域,光照强度的增加诱导了叶片内 Rubisco 酶的活性,使进入叶片内的 CO_2 及时被同化利用,胞间 CO_2 浓度明显下降,光强达饱和后,胞间 CO_2 浓度呈小幅上升趋势可能与光抑制有关,结合气孔导度可知,光强增加诱导气孔导度增大,进入叶内的 CO_2 浓度上升,而高光强对光合作用的相关酶活性的抑制使 CO_2 的同化利用率降低,胞间 CO_2 浓度呈小幅上升趋势。

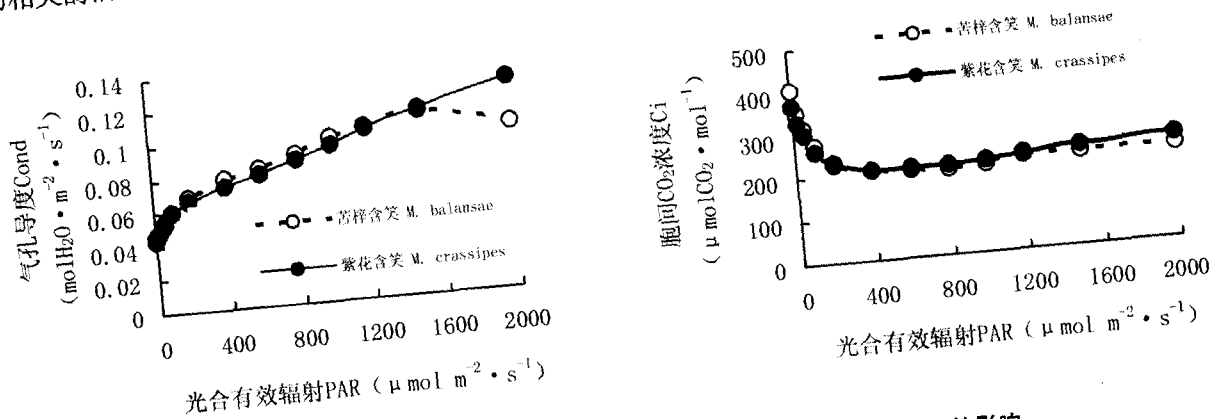


图 2 光强对紫花含笑、苦梓含笑叶片气孔导度和胞间 CO_2 浓度的影响

2.3 蒸腾速率与水分利用率的变化

图 3 是两种含笑蒸腾速率、水分利用率与光照强度的关系。随着光强的增加,蒸腾速率持续上升,和图 2 中气孔导度的变化趋势非常一致,由此推断,光照强度的增加刺激了气孔开张,同时气孔开张导致了大量水分通过蒸腾作用散失到环境中。当光强小于饱和光强时,两种含笑的水分利用率呈线性上升趋势,光强大于饱和光强后水分利用率呈缓慢下降趋势。比较光强变化对净光合速率、胞间 CO_2 浓度和水分利用率的影响(图 1-3)可知,净光合速率接近最大净光合速率之前,两种含笑能有效利用 CO_2 和 H_2O 进行光合作用,使细胞内胞间 CO_2 浓度迅速降低,水分利用率线性上升,当净光合速率接近最大净光合速率之后,光合速率增长不明显而气孔导度持续增长,水分通过气孔蒸腾大量散失,水分利用率下降。

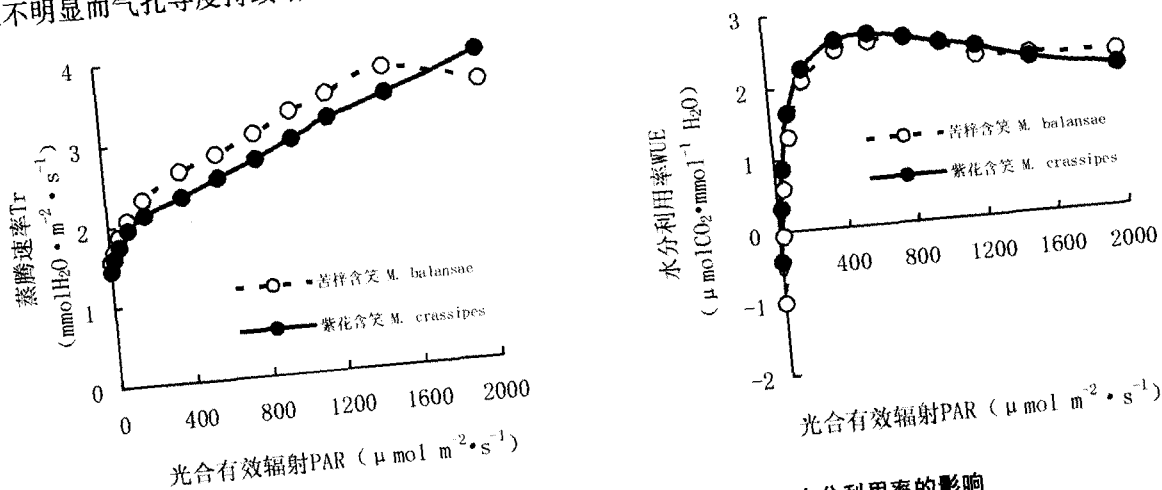


图 3 光强对紫花含笑、苦梓含笑蒸腾速率和水分利用率的影响

3 讨论

3.1 紫花含笑和苦梓含笑的表观光量子效率 Φ 高,分别为 0.054 ± 0.009 和 $0.054 \pm 0.011 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$,表明两种含笑利用低光强的能力强。两种含笑的表观光量子效率比木兰科其他属植物如木莲属、观光木属、焕镛木属^[6]的表观光量子效率高,值得关注。

3.2 紫花含笑和苦梓含笑的光响应曲线符合非直角双曲线模型,拟合效果好,但据模型拟合得到的光饱和点和实际观测值存在较大差异,这与陈根云等^[4]的研究结果一致。本研究中紫花含笑和苦梓含笑拟合得到的光饱和点分别为 158.7 和 $184.0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,远低于木兰科其他物种的光饱和点,如华木莲^[6]、鹅掌楸^[7]、厚叶木莲^[8]、白玉兰^[9]、红花木莲^[10]等的光饱和点均在 $1\ 000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上,这与光饱和点的计算方法不同有关。木兰科其他几种植物的光饱和点是根据实测数据估算得到的一个大概值,本研究中两种含笑的光响应曲线经过常用的经验方程^[5]非直角双曲线模型拟合后,拟合效果好,使光饱和点、暗呼吸速率等光合参数均得到一个确定值,增强了不同物种间光合参数的可比性。

3.3 比较两种含笑对光照强度的不同生理反应发现:二者表观光量子效率接近,但具有较高光饱和点的苦梓含笑同时具有较高的光补偿点与暗呼吸速率,显示出光饱和点与光补偿点、暗呼吸速率之间存在一定的对应关系,尚需进一步研究。

3.4 光照强度对两种含笑的气孔行为、蒸腾速率和水分利用率的影响效果近似,当净光合速率接近最大净光合速率之后,光合速率增长不明显而气孔导度持续增长,水分散失量大,水分利用率下降,灌木紫花含笑的光饱和点和最大净光合速率比乔木苦梓含笑低,表明紫花含笑适于布置在光线较弱的林下或疏林中,有利于光合产物的积累和减少光抑制,使其在保持良好生长态势的同时保持较高的水分利用率水平,能在节水的同时减少相应的园林维护成本。苦梓含笑最大净光合速率高,积累有机物的能力强,生长速度较快,同时光饱和点和点较高,应配置在阳光充裕,有较大发展空间的地方。

参考文献

- [1] 杨成华,陈劲松,方小平,等. 优良的园林树种紫花含笑[J]. 贵州林业科技, 2003(2):16-18.
- [2] 刘大椿,曾广腾,欧阳少林. 紫花含笑的扦插繁殖[J]. 植物杂志, 2002(5):23.
- [3] 江彩华,罗万周,林春兰. 紫花含笑的扦插育苗技术[J]. 林业实用技术, 2007(10):46.
- [4] 陈根云,俞冠路,陈悦,等. 光合作用对光和二氧化碳响应的观测方法探讨[J]. 植物生理与分子生物学报, 2006, 32(6): 691-696.
- [5] Walker. Automated measurement of leaf photosynthetic O_2 evolution as a function of photon flux density[J]. Phil Trans RSoc Lond B Biol Sci. 1989, 323: 313-326.
- [6] 郭起荣,俞志雄,施建敏. 华木莲与木莲属两树种光合生理生态研究[J]. 江西农业大学学报, 2003(5):645-651.
- [7] 郭志华,张宏达,李志安,等. 鹅掌楸苗期光合特性的研究[J]. 生态学报, 1999(2):22-27.
- [8] 孙谷畴,赵平,曾小平,等. 不同光强下生长的厚叶木莲光合作用光响应的变化[J]. 应用与环境生物学报, 2001(3):213-218.
- [9] 张苏峻,阮宏华,胡海波,等. 绿化树种白玉兰的光合特性[J]. 南京林业大学学报, 2002(5):64-66.
- [10] 黎明,马焕成,李福秀. 红花木莲苗期光合特性研究[J]. 西部林业科学, 2004(2):42-45.