

文章编号: 1000-5692(2005)04-0380-05

不同遮荫下多脉青冈和金叶含笑幼苗叶片的气体交换日变化

李晓征^{1,2}, 彭 峰³, 徐迎春², 郝日明²

(1. 广西交通职业技术学院 土木工程系, 广西 南宁 530023; 2. 南京农业大学 园艺学院, 江苏 南京 210095; 3. 江苏省中国科学院植物研究所, 江苏 南京 210014)

摘要: 运用生理生态研究方法, 选取多脉青冈 *Cyclobalanopsis multinervis* 和金叶含笑 *Michelia foveolata* 的幼苗为研究对象, 在全光照、1层遮荫和2层遮荫3种不同遮荫处理下, 对其叶片气体交换日变化进行了测试分析。结果表明: 遮荫处理改变了多脉青冈和金叶含笑的叶片气体交换日变化曲线, 表现为遮荫处理下多脉青冈的净光合速率在1d之内明显降低; 金叶含笑的净光合速率在中午前随遮荫程度的加大而下降, 但11:00时1层遮荫处理下的净光合速率最高, 中午以后全光照和1层遮荫处理下的净光合速率相差不大。遮荫处理同时明显降低了1d之内叶片的蒸腾速率和气孔导度, 细胞间隙CO₂体积分数日变化与净光合速率的日变化基本相反。多脉青冈和金叶含笑的净光合速率在13:00左右出现了明显的降低, 发生了光合“午休”现象。图9参12

关键词: 植物生理学; 遮荫; 多脉青冈; 金叶含笑; 气体交换

中图分类号: Q945.11 **文献标识码:** A

在自然条件下, 植物光合作用的日变化曲线主要有单峰型和双峰型2种^[1,2]。目前有关粮食作物和经济作物的叶片气体交换日变化的研究较多^[3~5], 而有关具观赏价值的木本植物的叶片气体交换日变化的研究只见于少数种类^[6], 对多脉青冈 *Cyclobalanopsis multinervis* 和金叶含笑 *Michelia foveolata* 的叶片气体交换日变化目前尚未见报道。这是2种在园林上有很大应用潜力的常绿阔叶树种。随着我国城镇化进程的加快, 人们对居住环境的要求越来越高, 因此迫切要求增加城市园林绿地面积和丰富园林景观。目前长江流域城市建设应用的绿化树种品种较少, 所以迫切需要引进新的树种。本文通过对多脉青冈和金叶含笑叶片气体交换日变化的研究, 旨在了解其生态适应性, 为其苗期栽培管理措施的制定提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在江苏省南京市中加江苏琵琶园艺公司的试验地进行。选用的2种常绿阔叶树种分别为木兰科Magnoliaceae的金叶含笑 *Michelia foveolata* 和壳斗科Fagaceae的多脉青冈 *Cyclobalanopsis multinervis*。其

收稿日期: 2004-10-08; 修回日期: 2005-01-17

基金项目: 国家林业局“948”项目(2001590)

作者简介: 李晓征, 硕士, 从事植物生理生态研究。E-mail: greenlixiao Zheng@163.com

自然分布的北界为亚热带中部，种子分别从湖南南岳、新宁购得。

本试验所用试材均为 1 年生实生苗，种植于高 25 cm，直径 20 cm 的盆钵内，每盆 1 株。栽培基质为园土：泥炭：沙(4：2：2)。2003 年 4 月 7 日开始在露地条件下用黑色遮阳网进行遮荫处理，采用 1 层遮荫和 2 层遮荫 2 个处理，以全光照处理为对照，每个处理重复 5 次，常规栽培管理。

1.2 研究方法

本试验采用英国 PP-System 公司生产的 CIRAS-1 光合测定系统进行各项光合指标和环境因子的测定。在天空无云少风的条件下，采用 CIRAS-1 光合测定系统，从 7：00 至 19：00，每隔 2 h 定期测定活体成熟叶片(从上至下第 3 或第 4 叶)的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、细胞间隙 CO_2 体积分数(C_i)和叶片温度。气温、光量子通量密度和大气水汽压等环境因子直接由 CIRAS-1 光合测定系统测得。所有测定均 5 次重复，测定时间为 7 月下旬。经 CIRAS-1 光合测定系统测定，3 种遮荫处理的光照强度分别为：100%光照、40%光照和 20%光照。

1.3 数据处理

CIRAS-1 光合测定系统测定的数据由仪器直接连接计算机联机输入，生成 Excel 表格。所有数据均采用 Microsoft Excel 进行处理。

2 结果与分析

2.1 环境因子和叶片温度日变化

经测定，多脉青冈和金叶含笑光合作用的主要外部影响因子光照强度日变化表现为 7：00 以后迅速增大，13：00 左右达最大值，19：00 下降至最低(图 1)，气温、大气水汽压差和叶片温度的日变化与光照强度日变化趋势一致，都表现为中午高，早晚低。

2.2 多脉青冈和金叶含笑净光合速率的日变化

多脉青冈和金叶含笑的净光合速率日变化在不同遮荫处理下表现出相同的趋势，即均呈双峰型，均发生光合“午休”现象，这与在鹅掌楸 *Liriodendron chinensis*^[7] 和杜英 *Elaeocarpus decipiens*^[8] 等植物上的研究相一致。目前有关植物光合“午休”现象有多种解释^[9, 10]，至今没有定论。此外，多脉青冈与金叶含笑的净光合速率峰值出现的时间近乎一致，都是在 11：00 有最高峰，第 2 峰均出现在 15：00 左右。比较而言，多脉青冈全光照处理下第 2 峰值较高，表明其光合恢复好于其他处理，反映其较为适应全光照条件(图 2~3)。就“午休”强度而言，多脉青冈在全光照处理下“午休”最为明显，而金叶含笑在 1 层遮荫处理下“午休”最为明显。值得注意的是，金叶含笑 2 层遮荫处理下的净光合速率在 10：00 至 13：00 时段内具有明显优势(图 3)。就净光合速率的强度而言，在全光照下，多脉青冈明显高于金叶含笑，在 11：00 的最高峰，前者比后者高出 30%左右，这说明多脉青冈的幼苗在强光下的光合能力更强。

2.3 多脉青冈和金叶含笑蒸腾速率的日变化

多脉青冈和金叶含笑的蒸腾速率在遮荫后明显下降。全光照下表现为单峰型，波峰出现在温度最高，湿度最小的 11：00 至 13：00，此时的蒸腾速率是遮荫条件下的 5 倍左右(图 4~5)，这与光合“午休”的时间相一致，有学者^[11] 在银杏 *Ginkgo biloba* 上也观察到相同现象；1 层遮荫和 2 层遮荫处理下蒸腾速率表现为平缓型，在 7：00 至 19：00 无明显变化，且不同的遮荫处理间也没有明显差异。在测定的 12 h 内，除已近日落的 19：00 之外，其余时间段内多脉青冈和金叶含笑的蒸腾速率在全光照下始终明显高于遮荫下，可见遮荫处理对蒸腾速率有较大的影响。

2.4 多脉青冈和金叶含笑气孔导度的日变化

多脉青冈和金叶含笑在不同遮荫处理下气孔导度的日变化并不如净光合速率和蒸腾速率那样具有

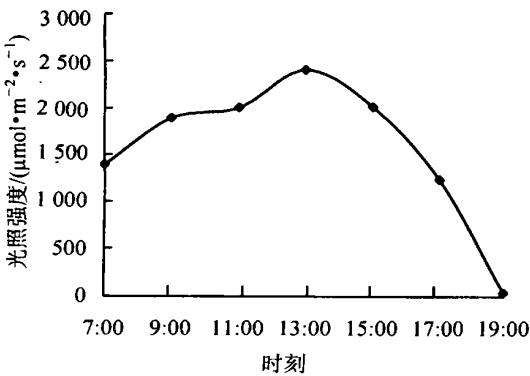


图 1 光照强度日变化
Figure 1 Diurnal variation of photo flux density

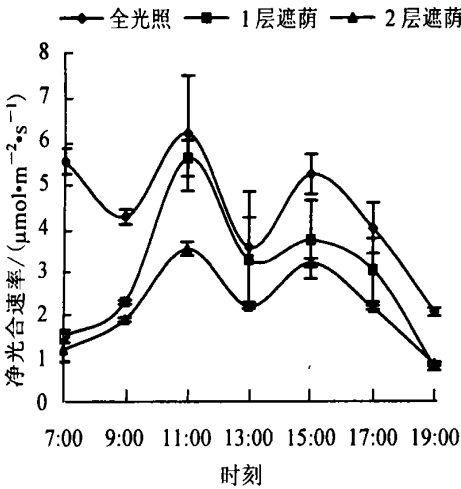


图 2 多脉青冈净光合速率的日变化

Figure 2 Diurnal variation of photosynthetic rate of *Cyclobalanopsis multinervis*

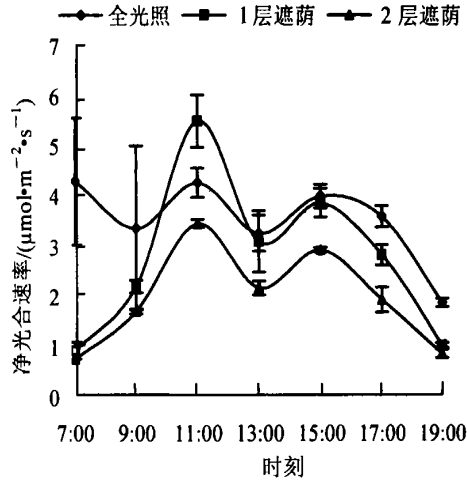


图 3 金叶含笑净光合速率的日变化

Figure 3 Diurnal variation of photosynthetic rate of *Michelia foveolata*

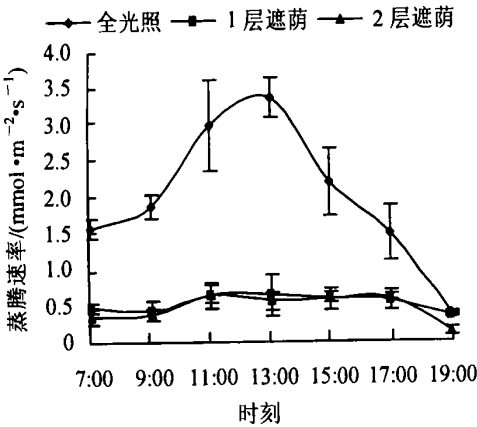


图 4 多脉青冈蒸腾速率日变化

Figure 4 Diurnal variation of transpiration rate of *Cyclobalanopsis multinervis*

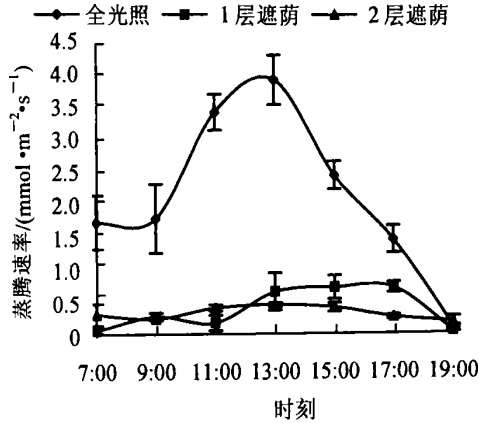


图 5 金叶含笑蒸腾速率日变化

Figure 5 Diurnal variation of transpiration rate of *Michelia foveolata*

明显的规律性 (图 6~7)。但总体来说, 不同光强下多脉青冈和金叶含笑气孔导度的日变化与它们净光合速率的日变化大体相同, 峰值均出现在 11:00 左右, 11:00~13:00 间均有下降趋势, 气孔导度在此时的下降可能是净光合速率下降的原因之一。和全光照下相比, 遮荫后气孔导度明显下降, 且变化较为平稳。此外, 多脉青冈在各处理下的气孔导度在 1 d 之中均略高于金叶含笑的气孔导度。

2.5 多脉青冈和金叶含笑胞间 CO₂ 体积分数的日变化

多脉青冈和金叶含笑胞间 CO₂ 体积分数的日变化趋势与净光合速率的日变化基本相反, 与气孔导度的日变化基本相似 (图 8~9)。从多脉青冈和金叶含笑的胞间 CO₂ 体积分数全天的变化来看, 多脉青冈的胞间 CO₂ 体积分数在 1 d 之内的变化起伏较大, 并且 3 种遮荫处理间在不同时段差别较大。而金叶含笑的胞间 CO₂ 体积分数在 1 d 内的变化较为平稳, 在中午至午后的一段时间内甚至没有什么大的变化, 3 种遮荫处理间的变化也不如多脉青冈那样明显, 胞间 CO₂ 体积分数日变化与净光合速率日变化趋势大体相反的结论前人 also 得到过, 其原因可能是净光合速率较大时固定的 CO₂ 较多, 从而引起了胞间 CO₂ 体积分数的降低。

3 结论与讨论

3.1 2 种植物耐阴性的初步比较

全光照处理下多脉青冈的净光合速率一直高于金叶含笑, 第 1 峰的峰值高出金叶含笑 45%, 第 2

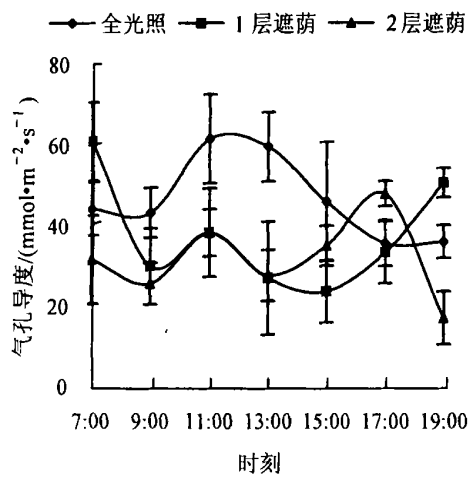


图 6 多脉青冈气孔导度的日变化
Figure 6 Diurnal variation of stomatal conductance of *Cyclobalanopsis multinervis*

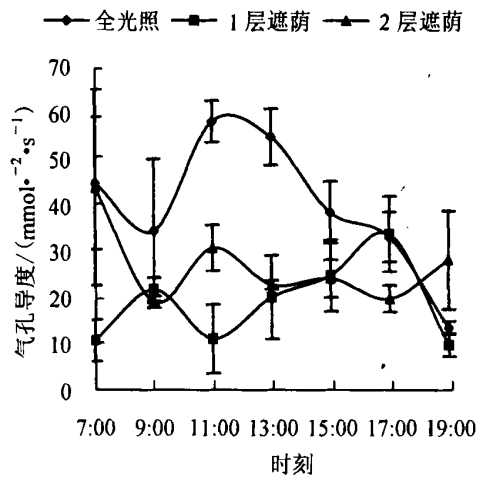


图 7 金叶含笑气孔导度的日变化
Figure 7 Diurnal variation of stomatal conductance of *Michelia foveolata*

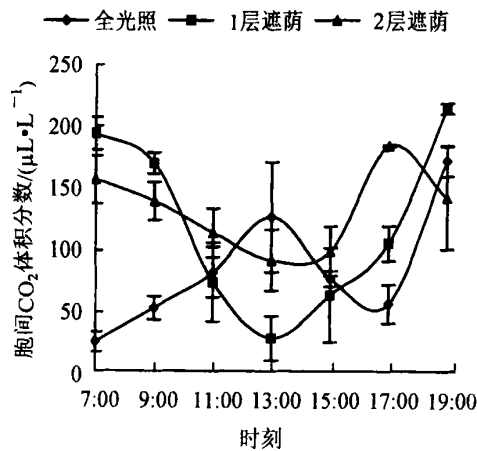


图 8 多脉青冈胞间 CO₂ 体积分数日变化
Figure 8 Diurnal variation of intercellular CO₂ concentration of *Cyclobalanopsis multinervis*

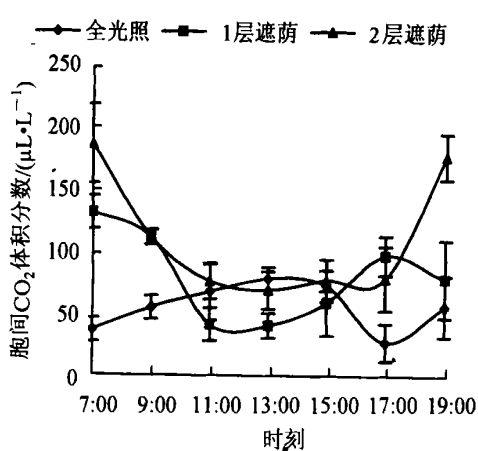


图 9 金叶含笑胞间 CO₂ 体积分数日变化
Figure 9 Diurnal variation of intercellular CO₂ concentration of *Michelia foveolata*

峰高出 30%，说明多脉青冈幼苗在全光照条件下的光合能力更强，偏向喜光。而金叶含笑 11：00 在 1 层遮荫处理下的净光合速率比全光照下高出 30%，并且从全天的情况看，除了 7：00 至 9：00 外，全光照和遮荫处理下的净光合速率相差不大，说明金叶含笑能适应一定的荫蔽条件。

从自然分布来看，多脉青冈生于海拔 1 000 m 地带，常组成小片纯林，为群落中的优势种，在其分布区内为山之上部树种，对强光有一定的适应；而金叶含笑则生于海拔 500 ~ 1 800 m 的阴湿林中，多为群落中的伴生种，对弱光的适应性相对较强。本研究也证明了多脉青冈的幼苗可适应较强的光辐射，推测应为阳性树种。值得注意的是，多脉青冈和金叶含笑的幼苗即使在 2 层遮荫处理的 20% 光照条件下，试验幼苗生长表现正常，并未出现黄化的弱光不适症状。这说明多脉青冈在幼苗期可忍受一定程度的底荫，光适应性较强，在苗圃中可粗放管理。而金叶含笑利用弱光能力相对较强，为中性树种，苗期生长适当遮荫更有利于其生长。

3 2 不同遮荫处理下多脉青冈和金叶含笑叶片气体交换日变化的比较

在 1 d 中，多脉青冈和金叶含笑的净光合速率随光强的减弱而降低(图 2 ~ 3)。金叶含笑在全光照条件下净光合速率的变化曲线比多脉青冈的平缓，全光照和 1 层遮荫处理下的差额幅度也较小。说明遮荫对多脉青冈幼苗光合作用的影响更大。遮荫可以明显地降低多脉青冈和金叶含笑的蒸腾速率(图 4 ~ 5)。多脉青冈全光照条件下的蒸腾速率是遮荫条件下的 3 倍左右，而金叶含笑达到 16 倍，但 2 种

遮荫处理间的差异却不明显。这可能因为遮荫后光强大幅度减弱, 气温相对全光照低, 湿度也较大, 因此叶片蒸腾较低。这在气孔导度的日变化中也可以得到证实(图6~7), 遮荫后叶片气孔导度明显低于全光照条件下, 多脉青冈和金叶含笑全光照下的气孔导度在大多数时间内都是遮荫处理下的2倍左右。遮荫降低了叶片的光合速率、气孔导度的结论前人也曾得到过^[13], 他们利用叶绿体荧光技术测定后认为叶绿体PS II反应中心活性受光强增加的抑制可能与此有关。

参考文献:

- [1] 金爱武, 陶金星. 雷竹光合速率日变化及其影响因子[J]. 浙江林学院学报, 2000, 17(3): 271—275.
- [2] 彭方仁, 黄宝龙. 密植板栗树光合特性研究[J]. 浙江林学院学报, 1997, 14(2): 151—154.
- [3] 徐大全, 丁勇, 沈允钢. C₄植物玉米叶片光合速率的日变化[J]. 植物生理学报, 1993, 19(1): 43—48.
- [4] 齐华, 于贵瑞, 程一松, 等. 钾肥对灌浆期小麦群体内叶片光合特性的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5): 691—694.
- [5] 张大鹏, 黄丛林, 王学臣, 等. 葡萄叶片光合速率与量子效率日变化的研究及利用[J]. 植物学报, 1995, 37(1): 25—33.
- [6] 柯世省, 金则新, 李钧敏. 浙江天台山茶树光合日变化及光响应[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(2): 159—164.
- [7] 郭志华, 张宏达, 李志安, 等. 鹅掌楸 *Liriodendron chinense* 苗期光合特性的研究[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 164—169.
- [8] 岳春雷, 高智慧, 陈顺伟. 湿地松等3种树种光合特性及其与环境因子的关系[J]. 浙江林学院学报, 2002, 19(3): 247—250.
- [9] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. *Ann Rev Plant Physiol*, 1982, 33: 317—345.
- [10] Raschke K, Pesemann A. The midday depression of CO₂ assimilation in leaves of *Arbutus unedo* diurnal change in photosynthetic capacity related to changes in temperature and humidity[J]. *Planta*, 1986, 168: 546—558.
- [11] 郭志华, 王伯荪, 张宏达. 银杏的蒸腾特性及其对遮荫的响应[J]. 植物学报, 1998, 40(6): 567—572.
- [12] 温达志, 叶万辉, 林植芳, 等. 全光和遮荫下2种亚热带木本植物的光合作用对光的响应[J]. 热带亚热带植物学报, 2001, 9(3): 248—255.

Diurnal variation of leaf gas exchange in *Cyclobalanopsis multinervis* and *Michelia foveolata* seedlings under different shadings

LI Xiao-zheng^{1,2}, PENG Feng³, XU Ying-chun², HAO Ri-ming²

(1. Department of Civil Engineering, Guangxi Vocational & Technical College of Communication, Nanning 530023, Guangxi, China; 2. Horticultural College of Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China; 3. Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, Jiangsu, China)

Abstract: Leaf gas exchange of photosynthesis in *Cyclobalanopsis multinervis* and *Michelia foveolata* seedlings were studied by ecophysiological techniques under full light, one-layer shading and two-layer shading. The curves of leaf gas exchange diurnal variation in *C. multinervis* and *M. foveolata* were changed by shading. Photosynthetic rate of *C. multinervis* decreased obviously during daytime. With the increasing of shading, photosynthetic rate of *M. foveolata* decreased before noon, its photosynthetic rate was the highest at 11: 00 am under one layer shading. Moreover there was no significant difference of photosynthetic rates under full light and two-layer shading treatments after noon. Transpiration rate and stomatal conductance were decreased obviously by shading during daytime, but photosynthetic diurnal variation of intercellular CO₂ concentration was contrary to that of photosynthetic rate. Photosynthetic rates of *C. multinervis* and *M. foveolata* decreased obviously at 1: 00 pm, which led to 'midday depression of photosynthetic rate'. This study showed the diurnal variation of leaf gas exchange in *C. multinervis* and *M. foveolata* seedlings under different shadings and provided the scientific foundations for taking measures of scientific planting and management. [Ch, 9 fig. 12 ref.]

Key words: plant physiology; shading; *Cyclobalanopsis multinervis*; *Michelia foveolata*; gas exchange