

岩溶植物青冈和九龙藤叶片光学特性日变化研究*

Study on the Daily Course of Photosynthesis of Plant in Southwest Karst Area

莫凌, 黄玉清, 覃家科, 王晓英, 袁维园

MO Ling, HUANG Yu-qing, QIN Jia-ke, WANG Xiao-ying, YUAN Wei-yuan

(广西植物研究所, 广西桂林 541006)

(Guangxi Institute of Botany, Guilin, Guangxi, 541006, China)

摘要: 采用 LI-6400 便携式光合测定系统测定分析喀斯特生态系统重要乔木植物青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*) 和藤本植物九龙藤 (*Bauhinia championii*) 的净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (T_r)、气孔导度 (G_s)、水分利用效率 (WUE) 等生理特性指标。结果表明: 净光合速率日变化在青冈为双峰型, 九龙藤则为单峰型, 其中日均 P_n 、 T_r 值 九龙藤 ($3.58 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $2.06 \text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > 青冈 ($2.13 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $1.08 \text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), WUE 值青冈 ($2.40 \text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$) > 九龙藤 ($1.83 \text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$)。比较而言, 乔木树种青冈为低 P_n 、弱 T_r 、高 WUE 的树种, 而九龙藤则属高 P_n 、高 T_r 树种。

关键词: 喀斯特地区 青冈 九龙藤 光合速率 蒸腾速率 气孔导度 水分利用效率

中图分类号: Q945.79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9164(2008)02-0189-06

Abstract Photosynthetic rate (P_n), transpiration rate (T_r), stomatal conductance (G_s) and water use efficiency (WUE) of *Cyclobalanopsis glauca* and *Bauhinia championii* in Southwest karst area were measured with LI-6400 portable photosynthesis system. The results showed that the diurnal variation of the P_n for the *C. glauca* and *B. championii* were double peak curve and 'single peak curve' respectively. P_n and T_r of the two species were $3.58 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $2.06 \text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ for *B. championii* and $2.13 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $1.08 \text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ for *C. glauca*, respectively. The WUE of the two species were *C. glauca* ($2.40 \text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$) > *B. championii* ($1.83 \text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$). Comparatively, *C. glauca* is an arbor species with low P_n , T_r and high WUE , while *B. championii* with high P_n and T_r .

Key words karst area, *C. glauca*, *B. championii*, photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance, water use efficiency

喀斯特系统是地球表层系统的组成部分, 全球喀斯特分布面积近 $2.20 \times 10^7 \text{km}^2$, 约占陆地面积的 15%, 主要集中在低纬度地区, 包括中国西南、东南亚、中亚、地中海、南欧、北美东海岸、加勒比、南美西海岸和澳大利亚的边缘地区等, 集中连片的喀斯特主要分布在欧洲中南部、北美东部和中国西南地区^[1]。我国西南的岩溶石山, 也作为整个岩溶生态脆弱带的一部分被视为一种同沙漠边缘一样的脆弱环境, 其碳

酸盐类岩石出露面积为 $54 \times 10^4 \text{km}^2$, 主要集中在黔、桂、滇三省区; 广西喀斯特总面积 9.7万 km^2 , 占全区面积的 4%, 占南方喀斯特面积的 17%^[2,3]。广西的岩溶区遍布全区 4 个地市和 33 个县。在越来越趋严重的石漠化进程中, 如何防止其进一步扩大化和进行恢复重建的工作, 成为许多专家学者的研究热点^[4,5]。筛选适合的石漠化生态环境治理的先锋植物品种是一个急待研究解决的课题, 对其适生植物的研究尤为重要。石山植被体系的形成是一个相当漫长的自然植物群落演替的过程, 石山植物群落的形成和存在对局部区域环境水热状况的缓冲和维持都起着重要作用。由于喀斯特地区生境条件特殊, 许多学者针对该地区进行了植被、植物种类及种子库等多方面的研

收稿日期: 2007-11-12

作者简介: 莫凌 (1974-), 女, 助理研究员, 主要从事植物生理生态学研究工作。

* 中国科学院西部之光人才培养项目 (2005), 广西自然科学基金项目 (桂科回 0575009, 桂科自 0640137) 资助。

研究^[6-8]。但是,目前对喀斯特地区适生植物的光合生理生态特性方面的研究还很少。适生植物是喀斯特生态系统的重要组成部分,研究其生理生态学特性是了解喀斯特生态系统的基础,叶片气体交换生理参数的获得可以了解不同植物不同叶片在不同环境条件下的光合蒸腾的特定信息及其限制因素,在农学、林学和环境胁迫生理生态学研究起着重要作用^[9]。本文研究对象乔木青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*) 和木质藤本九龙藤 (*Bauhinia championii*) 是喀斯特地区常见的植物种类,青冈是构成我国亚热带森林的主要成分之一,具有较强的适应性,是岩溶区生态系统顶级群落的建群种,是森林生态系统恢复到一定程度才出现的物种^[10]。我们测定分析青冈和九龙藤的光合蒸腾、水分利用效率特征日变化及所处环境条件的日变化等因素,探讨植物对喀斯特地区的适应性,为生态恢复建设中选择植物种类提供一定依据。

1 材料与方法

1.1 试验地的地理概况

研究区位于桂林市雁山镇雁山公园方竹山,为典型岩溶地貌类型,地理位置 110°18'E, 25°04'N 该地区属中亚热带季风气候区,年降雨量 1900mm,年平均日照约 1550h,年平均气温为 19℃。山顶处的海拔为 184m,山体高差小于 50m,总体岩石裸露度山体上部大于 80%,下部约 40%。土壤为黑色(山上部)棕色石灰土(山下部)。本研究选取山顶部的青冈和九龙藤进行测定。青冈生长在石缝中,岩石裸露 95%,青冈根系穿过石缝 1m 到达下面的山洞,洞中可见根系沿岩石表面抵达土层;地上周围有土壤地方的土层平均厚度为 6~9cm,乔木层主要有圆叶乌桕 (*Sapium rotundifolium*)、水冬瓜 (*Sinoadina racemosa*)、青檀 (*Pteroceltis tatarinowii*) 等种类,其根部均插于岩石的石缝中,高度 4~6m,盖度约 45%;灌木层主要以九龙藤、粗糠柴 (*Mallotus philippensis* var. *philippensis*)、雀梅藤 (*Sageretia thea*) 等石山特性较强的植物种类为代表,攀爬于裸岩上,盖度约 5%。九龙藤生长在青冈树体西南面。

1.2 研究方法

采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 便携式光合测定系统,于 2006 年 5 月 3 日对两种植物依次进行测定,时间约相差半小时。桂林地区 5 月份天气阴晴不定,多阵雨,少有晴好天气,测定日天气情况为上午阴,中午以后多云转晴,下午 18:00 时转多云。试验选取位于枝条上端健康无损的壮年活体同龄叶片为测量对象,从 8:00 开始,每 2h 测定 1 次,中午

13:00 点追加 1 次。测量指标有净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (T_r)、光合有效辐射 (PAR)、温度(气温 T_{air} 和叶温 T_{leaf})、空气相对湿度 (RH%)、叶面饱和蒸气压亏缺 (V_{pdl})、 CO_2 浓度(胞间 CO_2 浓度 C_i 和大气 CO_2 浓度 C_a)、气孔导度 (G_s) 等。水分利用效率为净光合速率与蒸腾速率的比值 ($WUE = P_n / T_r$),气孔限制值 (L_s) 按 Berry 的方法计算 ($L_s = 1 - C_i / C_a$),表观量子效率 (AQY) = 光合速率 / 光照强度,是指植物每吸收一个光子所固定的 CO_2 或释放 O_2 的分子数,是反映光能利用效率高低的参数^[11-13]。每株植物重复测量 3~4 片叶,每片叶测 4~5 个观测值。数据由仪器输入计算机,生成 Excel 表格,利用 Excel 软件对数据进行算术平均值、标准偏差处理及作图,用 SPSS 软件对数据进行相关分析和差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 环境因子日变化进程与分析

从 LI-6400 对环境因子的同步测定结果(图 1)可以看出,在当天的天气情况下,12:00 之前,光合有效辐射 (PAR) 维持在较低 ($< 400 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) 水平,12:00 后天气转晴,PAR 急剧上升至 $1410.29 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,下午 14:00 时光合有效辐射达最高值,为 $1773.2 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,之后开始下降;而大气 CO_2 浓度早上最高为 $380.4 \mu mol CO_2 \cdot mol^{-1}$,然后直线下降,12:00 时达最低点 $362.79 \mu mol CO_2 \cdot mol^{-1}$,随后缓慢上升,测定结束时恢复至 $367.73 \mu mol CO_2 \cdot mol^{-1}$;大气温度在当天上午缓慢上升,12:00 前低于 $30^\circ C$,之后随光有效辐射迅速增强而升高,16:00 达最高值 $37.17^\circ C$,比光合有效辐射最大值延迟 2h;空气相对湿度早晚较高,早上为 78.33%,10:00 时稍有增高,然后随着光合有效辐射的增强和温度的升高而下降,其最低值时间与温度最高值时间相对应,为 42.16%,18:00 时有所回升。由此可见,该测量点在春季雨水充足、上午阴天下午晴天的天气状况下,其光有效辐射和气温为上午低、下午高,最高值均出现在午后,而大气 CO_2 浓度由于植物进行光合作用在中午达最低点,空气湿度则表现为上午高下午低的特点。

2.2 植物生理特性指标日变化进程与分析

2.2.1 光合速率的日变化

在水热条件充足的春末夏初,处于生长旺盛期的乔木青冈和藤本植物九龙藤的叶片净光合速率测定结果(图 2)表明,净光合速率的日变化在青冈为双峰型,8:00~12:00 时缓慢上升至 $3.9 \mu mol CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,然后开始回落,13:00 时降至谷底,此时的光合

能力仅为最高值的 49.3%,接着有 1 个小峰 ($2.38 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 在 16:00 时出现,有明显的光合午休现象;而九龙藤则为单峰型,从 8:00~10:00 时迅速升高,呈直线上升趋势,12:00 时达当天的最大值 $6.08 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,之后开始下降。青冈与九龙藤的净光合速率峰值出现时间近乎一致,但九龙藤的 P_n 比青冈要高,日均 P_n 为 $3.58 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,是青冈的 1.68 倍,采用 ANOVA 检验,两者有极显著差异 ($P < 0.01$)。在 12:00 时的最高峰,九龙藤比青冈高出 55% 左右,这说明九龙藤在这个季节的光合能力比青冈强。同时,在观测中我们可以看到,在云量较多的上午,PAR 小于 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的情况下,两种植物的净光合速率日变化节律与光辐射的变化十分吻合,即随光辐射的增强而增大,于 12:00 时达最大值,之后随光辐射的迅速增加,净光合速率却下降。从青冈与九龙藤 12:00 前的净光合速率与光辐射的响应(图 2)中可看出,两种植物的 P_n 与 PAR 均呈线性相关,青冈的线性方程为 $y = 0.0216x + 0.209$, $R^2 = 0.9338$,相关系数为 0.966;九龙藤的线性方程为 $y = 0.0183x + 0.9058$, $R^2 = 0.8164$,相关系数为 0.904。

2.2.2 蒸腾速率及水分利用效率的日变化

青冈与九龙藤的蒸腾速率日变化进程相仿,均表

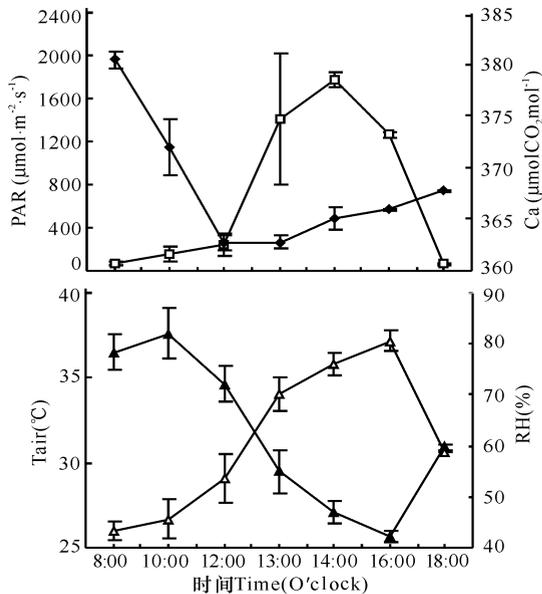


图 1 环境因子日变化

Fig. 1 The diurnal variations of environmental factors

□: 光合有效辐射 Photosynthetically active radiation (PAR); ◆: 大气 CO₂ 浓度 CO₂ concentration (Ca); △: 空气温度 Air temperature (T_{air}); ▲: 相对湿度 Relatively humidity (RH)

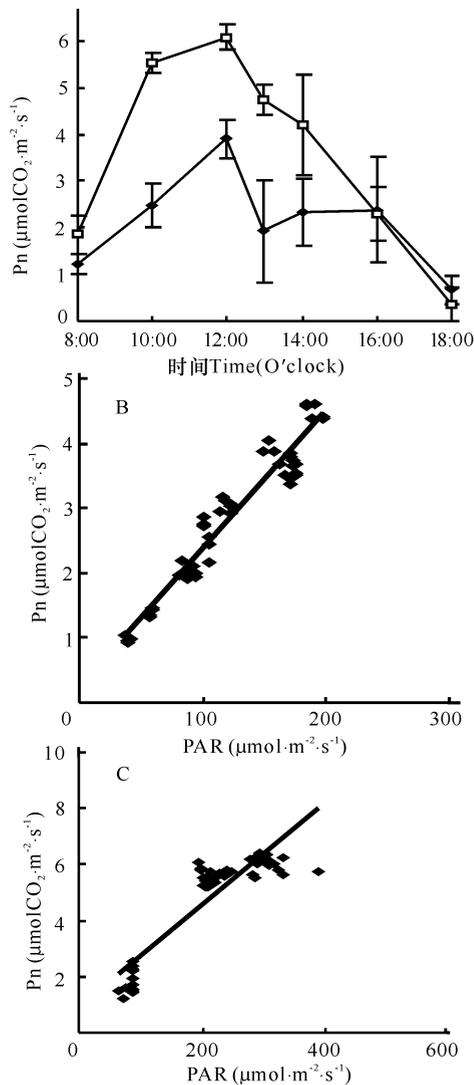


图 2 青冈和九龙藤 P_n 日变化及 P_n 与 PAR 的关系

Fig. 2 Diurnal variations of P_n and the relationship between photosynthetic rate light intensity in leaves of *C. glauca* and *B. championii*

◆, B 青冈 *C. glauca*; □, C 九龙藤 *B. championii*

现为单峰型,其峰值出现在光辐射最强的 13:00~14:00,这与青冈光合“午休”的时间相一致,但是青冈的蒸腾作用明显比九龙藤要小,青冈日均蒸腾速率为 $1.08 \text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,九龙藤为 $2.06 \text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,是前者的 1.92 倍,两者间有显著性差异 ($P < 0.01$)。青冈蒸腾速率的最大值为 $2.15 \text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,比光合速率最大值推后 2h,九龙藤的蒸腾速率最大值为 $3.59 \text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,比光合速率最大值只推后了 1h(图 3)。基本上随着光强的增大而增大。通过线性回归和 ANOVA 方差分析,两者的蒸腾速率与光强均呈显著相关关系,青冈的相关系数 $R = 0.876$,九龙藤的相关系数 $R = 0.849$ 。光有效辐射与叶片的蒸腾速率的线性关系分别为:青冈 $T_r = 0.48t + 0.001\text{PAR}$,九龙

藤 $T_r = 1.087 - 0.001PAR$

光强增加的初期阶段,植物叶片 P_n 的增幅大于 T_r 的增幅, WUE 呈上升趋势,当光强超过一定强度以后,植物叶片 P_n 的增幅小于 T_r 的增幅, WUE 就会下降。两者间的 WUE 差异(图 4)明显 ($P < 0.01$),青冈的日均 WUE 为 $2.40\text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$,高出九龙藤日均 WUE ($1.83\text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$) 31%,其最高值出现在 10 00~ 12 00,为 $4.02\text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$,九龙藤最高值出现在 10 00,为 $3.66\text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

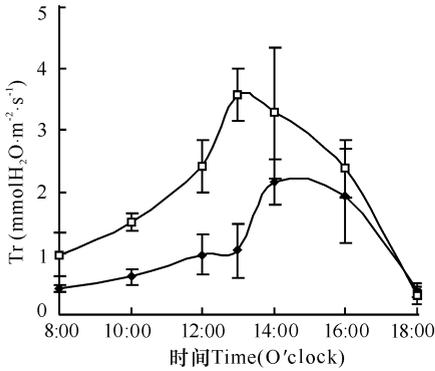


图 3 青冈和九龙藤蒸腾速率 (T_r)日变化

Fig. 3 Diurnal variations of T_r of *C. glauca* and

B. championii

◆: 青冈 *C. glauca*; □: 九龙藤 *B. championii*.

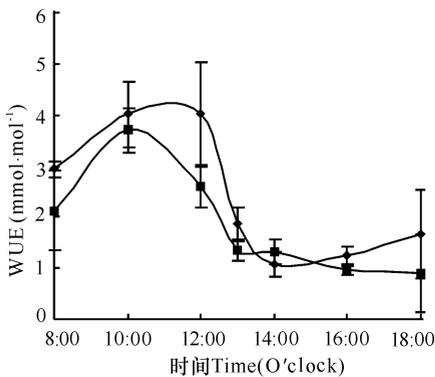


图 4 青冈和九龙藤水分利用效率 (WUE)日变化

Fig. 4 Diurnal variations of WUE of *C. glauca* and

B. championii

◆: 青冈 *C. glauca*; ■: 九龙藤 *B. championii*.

2.2.3 气孔导度、胞间 CO_2 浓度及气孔限制值的日变化

从图 5A可以看出,青冈与九龙藤的气孔导度变化与其光合效率变化基本一致。青冈从 8 00开始上升至 10 00达最大值 $0.21\text{molH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,在 13 00降至 $0.04\text{molH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,然后变化比较平缓,至 18 00时达最低值 $0.02\text{molH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。胞间 CO_2 浓度(图 5B)变化则与大气 CO_2 浓度变化相似,早晚高而中间低。从早上 8 00的 $351.9\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ 一直下降,到下午 16 00时出

现最低值 $250.29\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$, 18 00时上升至 $308.6\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ 。九龙藤的气孔导度比青冈的要大,也就是说其气孔开放度较大,水分通过气孔进入大气时所遇到的扩散阻力相对要小。从 8 00时上升至 10 00时的 $0.3\text{molH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,然后开始下降,12 00时从 $0.28\text{molH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 直线下降到 13 00时的 $0.11\text{molH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,之后呈缓慢下降趋势。而胞间 CO_2 浓度则与青冈比较相似,相差不大。两种植物气孔限制值(图 5C)与其胞间 CO_2 浓度相反,8 00~ 10 00为 1 天中的最小值,变化不大,10 00开始一直上升,14 00~ 16 00达最高,16 00~ 18 00下降。

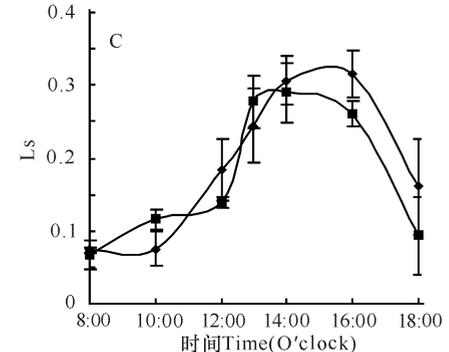
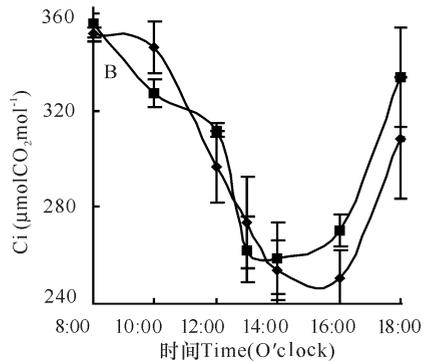
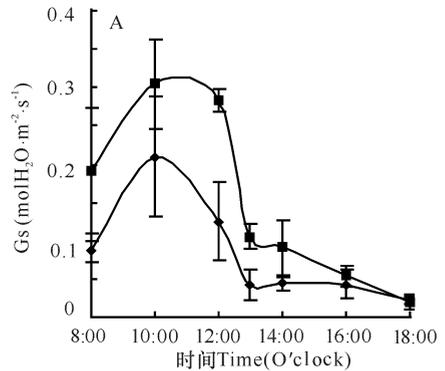


图 5 青冈和九龙藤 G_s 、 C_i 和 L_s 日变化

Fig. 5 Diurnal variations of G_s , C_i and L_s of *C. glauca*

and *B. championii*

A. G_s , B. C_i , C. L_s ;

◆: 青冈 *C. glauca*; ■: 九龙藤 *B. championii*.

2.2.4 叶片温度、叶面水蒸汽压亏缺及表观量子效率的日变化

青冈和九龙藤的叶片温度随着大气温度和日照强度的增加而增加,在高光强时一般比空气温度高出 2~4℃。在 14:00 时,青冈的叶片温度甚至达到了 40.58℃。随着气温的升高,空气相对湿度下降,叶片水汽压亏缺也逐渐加大(图 6)

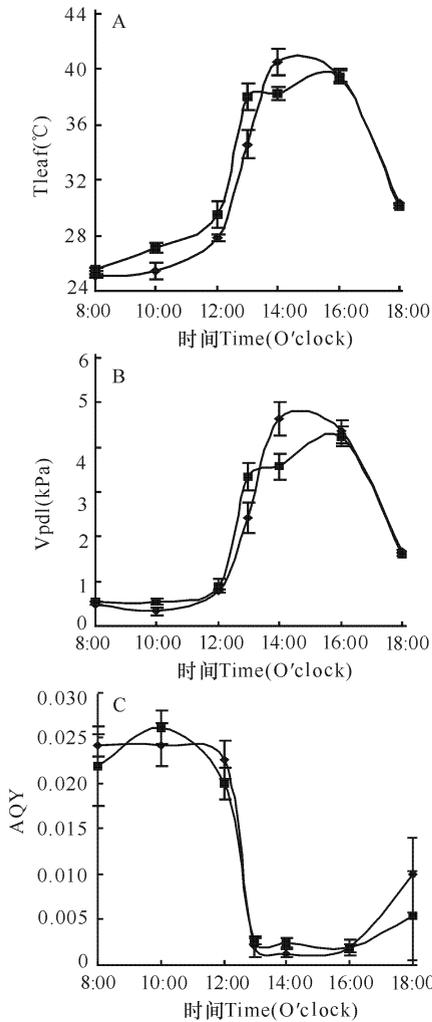


图 6 青冈和九龙藤 Tleaf Vpdl及 AQY 日变化

Fig. 6 Diurnal variations of Tleaf Vpdl and AQY of

C. glauca and *B. championii*

A. Tleaf, B Vpdl, C. AQY.—◆—: 青冈 *C. glauca*; —■—: 九龙藤 *B. championii*.

从图 6 可以看出,青冈与九龙藤的表观量子效率日进程均是从 8:00 时至 12:00 时变化平缓,12:00 时至 13:00 时随着光强的陡升却几乎是垂直下降,青冈从 0.0226 降至 0.0020,九龙藤从 0.0198 降至 0.0026,13:00 时至 16:00 时由于光强仍居高不下而变化平缓,然后随着光强的下降而有一个小小的上升过程。这说明两种植物叶片在午后高光强下均发生了光抑制。

3 讨论

光合效率是植物生产力和作物产量高低的根本

决定因素。在春季天气情况下,青冈和九龙藤的 P_n 均有明显的日变化,青冈的 P_n 日变化曲线呈双峰型,具有光合“午休”现象,这与常杰^[14]、倪穗^[15]等的研究相似;九龙藤的 P_n 日变化则为单峰曲线,峰值均出现在 12:00 时,比荒漠植物羊柴和油蒿峰值出现的时间^[16]晚 4h,比沙冬青^[17]及木本豆科植物的第一个峰值出现时间^[18]晚 2h,这可能是与本实验测定时上午光照强度一直低于 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,而午后却急剧上升有关。青冈和九龙藤的 T_r 日变化曲线都是单峰曲线,与光强均呈显著相关关系。 WUE 的日变化曲线相似,均为上午比下午高,说明两种植物在低光强下均有较高的物质积累能力,而消耗等量的水分青冈有更高的水分利用效率,更能节约有限的水分。根据 C_i 降低和 L_s 升高表明气孔导度降低是叶片光合速率降低的主要原因^[19],而光抑制是植物光合作用非气孔限制因素的主要形式,它的一个显著特征就是表观量子效率的降低^[20]。本实验可以得出青冈和九龙藤在 12:00~14:00 时光合速率降低的主要原因既有气孔因素,也有非气孔因素,是两者共同作用造成的。许大全^[19]等研究认为,在没有强光以外其它严重的环境胁迫的自然条件下,光抑制主要是一种或几种热耗散过程加强运转的反应,而不是光合机构遭受破坏的结果。赵平等^[21]认为植物一般趋向于通过调节气孔的开放程度来达到高的水分利用效率的同时维持较高的光合速率,这是植物明显的适应特征。

本实验中,两种植物有着与沙地植物相似的特点,在早上光强较低,气温适中时有高的光合作用进行物质积累,在光强高、温度高的午后,通过改变气孔的开来调节蒸腾,通过热耗散来避免自身光合机构受损,对岩溶环境均有很好的适应性。

参考文献:

- [1] 王世杰.喀斯特石漠化——中国西南最严重的生态地质环境问题[J].矿物岩石地球化学通报,2003,22(2):120-126.
- [2] 袁道先.我国西南岩溶石山的环境地质问题[J].世界科技研究与发展,1997(5):93-97.
- [3] 李先琨,吕仕洪,蒋忠诚,等.喀斯特峰丛区复合农林系统优化与植被恢复试验[J].自然资源学报,2005,20(1):92-98.
- [4] 唐健生,夏日元.南方岩溶石山区资源环境特征与生态环境治理对策探讨[J].中国岩溶,2001,20(2):140-143.
- [5] 苏维词,朱文孝,滕建珍.喀斯特峡谷石漠化地区生态重建模式及其效应[J].生态环境,2004,13(1):57-60.
- [6] 姚长宏,蒋忠诚,袁道先.西南岩溶地区植被喀斯特效应

- [J].地球学报, 2001, 22(2): 159-164.
- [7] 宋胜友,王晓多,王晓玲,等. 贵州关兴公路关岭路段两侧的植物种类调查 [J]. 山地农业生物学报, 2005, 24(4): 356-362.
- [8] 刘济明. 茂兰喀斯特森林中华蚊母树群落土壤种子库动态初探 [J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 366-374.
- [9] 魏霞,李守中,郑怀舟,等. 叶片气体交换和叶绿素荧光在植物逆境生理研究中的应用 [J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 2007, 23(4): 124-128.
- [10] 苏宗明. 广西天然植被类型分类系统 [J]. 广西植物, 1998, 18(3): 237-246.
- [11] 兰小中,廖志华,王景升. 西藏高原濒危植物西藏巨柏光合作用日进程 [J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3172-3175.
- [12] 刘美艳,张健. 米瓦罐光合日变化的研究 [J]. 中国野生植物资源, 2005, 24(5): 56-58.
- [13] 王爱民,刘志学,祖元刚. 天然白桦种苗光合作用日进程 [J]. Journal of Shanghai University English Edition, 2000(4): 202-205
- [14] 常杰,葛滢,陈增鸿,等. 青冈常绿阔叶林主要植物种叶片的光合特性及其群落学意义 [J]. 植物生态学报, 1999, 23(5): 393-400.
- [15] 倪穗,周光裕. 青冈种群的能量积累 [J]. 生态学杂志, 1998, 17(5): 1-5.
- [16] 蒋高明,朱桂杰. 高温强光环境条件下 3种沙地灌木的光合生理特点 [J]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 525-531.
- [17] 冯金朝,周宜君,李国刚,等. 沙漠常绿植物沙冬青气体交换特性的初步研究 [J]. 中央民族大学学报: 自然科学版, 2001, 10(1): 38-41.
- [18] 曾小平,赵平,彭少麟,等. 5种木本豆科植物的光合特性研究 [J]. 植物生态学报, 1997, 21(5): 539-54.
- [19] 许大全. 光合作用效率 [M]. 上海: 上海科学出版社, 2002.
- [20] 李晓征,彭峰,徐迎春,等. 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 [J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(4): 380-384.
- [21] 赵平,曾小平,彭少麟,等. 海南红豆 (*Ormosia pinnata*) 夏季叶片气体交换、气孔导度和水分利用效率的日变化 [J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8(1): 35-42.

(责任编辑: 邓大玉)

古老蛋白塑造细菌紧凑基因组

与人类相比,细菌不携带过多的“垃圾 DNA”,它们的基因组要“整洁”得多。比如大肠杆菌大约 90% 的基因组都包含编码蛋白质的 DNA,而人类基因组的 90% 都是非编码的“垃圾 DNA”。

美国科学家研究发现,细菌基因组的这种“整洁”可能要归功于一种名为 Rho 的古老蛋白。Rho 蛋白具有调节功能,能够平衡基因的活性并能结合辅助因子“沉默”外来 DNA。科学家们用常用的动物抗生素——四环霉素抑制 Rho 的活性,用微分基因电泳 (DIGE) 技术挑出大肠杆菌基因响应抗生素而产生的蛋白,并用质谱学方法鉴别这些蛋白。这些研究显示 Rho 广泛存在于细菌中,它几乎能够终止所有基因内的转录,它的第一个主要功能就是调节转录水平以适应细菌的翻译需求;可能是 Rho 使细菌能够快速生长,因为细菌如此之小,它们不会携带过多的额外 DNA, Rho 可能使得基因在进化过程中被紧凑地“打包”起来,从而反过来促进细菌快速生长。另外,科学家还研究发现, Rho 能够连同 2 个辅助因子一起“沉默”大肠杆菌体内的外来 DNA,阻止外来 DNA 对大肠杆菌细胞产生毒性。

古老蛋白塑造细菌紧凑基因组这一发现,目前尚没有直接的临床应用。这一发现可能有助于开发其它标靶 Rho 的抗生素,因为大多数细菌对抗生素的抗性都是通过横向转移获得的。

(据科学网)