

西藏川滇高山栎净光合速率对环境因子的响应^{*}

刘 敏,方江平

(西藏农牧学院 高原生态研究所,西藏 林芝 860000)

摘 要:使用便携式光合系统仪 LF6400 测定西藏川滇高山栎净光合速率的日变化及其对环境因子的响应。结果表明:川滇高山栎的净光合速率在 11:00 点左右达到最大值,然后逐渐下降,到 20:00 左右净光合速率降到 0 以下,转入暗呼吸。从川滇高山栎的日进程可以看出,叶片出现明显的“午睡”现象。在温度 (15.5 ± 2) ,大气 CO_2 浓度 $386.5 \mu\text{mol/mol}$ 和相对湿度 $48\% \pm 5\%$ 的条件下,光补偿点为 $22 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 左右,光饱和点在 $1\ 029 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 左右。在大气 CO_2 浓度为 $381.5 \mu\text{mol/mol}$,相对湿度为 $48\% \pm 5\%$,光强 $800 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的情况下,15~30 川滇高山栎的净光合速率都是比较高的。

关键词:川滇高山栎;净光合速率;日变化;温度;光照强度

中图分类号:Q945.11;X171

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)03-0263-03

Response of *Quercus aquifolioides* Net Photosynthetic Rate to Environmental Factors in Tibet

LIU Min, FANG Jiang-ping

(Institute of Plateau Ecology, College of Tibetan Agriculture and Husbandry, Linzhi, Tibet 860000, China)

Abstract: The daily change of net photosynthetic rate (NPR) and its response to environment factors such as quantum radiation, relative humidity and CO_2 concentration of *Quercus aquifolioides* was monitored with a portable photosynthesis system. It is showed that the maximal NPR happened at 11:00, then the rate decreased and down below zero at about 20:00 in which *Quercus aquifolioides* entered dark respiration. From the *Quercus aquifolioides* date advancement, the leaf blade has obvious the phenomenon. Under the condition of air temperature (15.5 ± 2) , relative humidity $48\% \pm 5\%$, and CO_2 concentration $386.5 \mu\text{mol/mol}$, the light compensation point of *Quercus aquifolioides* is about $22 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ and its light saturation point is about $1\ 029 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. Under the condition of relative humidity $48\% \pm 5\%$, and CO_2 concentration $381.5 \mu\text{mol/mol}$ and saturated luminous intensity $800 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, net photosynthetic rate of *Quercus aquifolioides* is high at 15~30 .

Key words: *Quercus aquifolioides*; net photosynthetic rate; daily change; air temperature; strength of illumination

川滇高山栎 (*Quercus aquifolioides*) 为常绿乔木,叶片卵圆形或倒圆型,长 $2.5 \sim 7 \text{ cm}$ ^[1],全缘或有刺状锯齿,背面褐色鳞状及星状毛,侧脉 6~8 对。壳斗碗形,包坚果 1/2 以下,坚果卵形或长卵形,直径 $1 \sim 1.5 \text{ cm}$,少数达 2 cm ^[2],是云南西北部、四川西部和西藏东南部的特有树种。乔木可高达 30 m,胸径 1 m 以上,在干旱阳坡和经常樵采的地方常形成灌木丛林。垂直分布范围较宽,成林的主要分布范围为 2 400~3 400 m,下限可到 1 900 m,上限达 4 000 m 左右^[3]。适应性和抗环境干扰能力很强,具备旺盛的萌蘖能力,经人为砍烧破坏,依然能靠萌枝恢复成林。常被当地居民用做薪柴,木材坚硬,亦做机舱板、刨架、木钉等^[4],树皮和坚果含单宁,可用于鞣制皮革、护肤、入药具有沉淀、收敛蛋白质作用,能使皮肤变硬,从而保护黏膜、制止过分泌及止血;能减少局部疼痛,减少受伤处的血浆渗出,并有防止细菌感染等作

用^[5],林下盛产多种食菌,俗称青冈菌,可制菌干或鲜食^[6]。大多分布在江河上游陡坡地带,也是极好的水土保持和水源涵养林。有关栎林的生产力和物质循环已有不少研究^[7-8],但有关高山栎光合生理生态的研究还未见报道。通过对川滇高山栎叶片净光合速率的研究,选出促进川滇高山栎光合作用最佳环境因子组合,具有十分重要的意义,为川滇高山栎生产提供可靠的理论依据。

1 样地概况

试验地位于西藏林芝地区高原生态研究所的科技苗圃里。林芝地区位于西藏自治区东南部,地处雅鲁藏布江中下游,雨量充沛,年平均气温 8.6°C ,年降水量 700 mm,年日照时数 2 200 h,无霜期 160 d,平均海拔 3 000 m。苗圃林下土壤为客土,有本地树种和从内地引进树种,主要树种有白桦

^{*} 收稿日期:2007-11-23

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划(2006BAC01A04)

作者简介:刘敏(1981-),女,河南濮阳人,在读硕士,主要从事生理生态学研究。E-mail:1204abc@163.com

通信作者:方江平(1967-),男,副教授,硕士生导师,在读博士,主要从事生态系统的生态学研究。E-mail:xzfjp@sina.com

(*Betula platyphylla* Suk.)、高山松 (*Pinus densata*)、巨柏 (*Cupressus gigantea*)、川滇高山栎 (*Quercus aquifolioides*)、杨树 (*Populus*) 等。

2 研究方法

自然条件下用美国生产的 LF6400 光合系统对川滇高山栎进行活体测定。光合日变化测定时间从 9:30 - 19:30, 每隔 1 h 测 1 次。基本参数包括:净光合速率 (P_n)、气孔导度 (G_s)、蒸腾速率 (T_s)、细胞间隙 CO_2 浓度 (C_i)、大气 CO_2 浓度 (C_a)、光量子通量密度 (PFD)、叶温 (T_l)、相对空气湿度 (RH)。

2.1 川滇高山栎光合作用的日进程

光合日变化于 2007 年 5 月选择 1 个典型天气(晴朗), 从 9:30 至 19:30, 测定时间间隔为 1 h。3 个重复。

2.2 净光合速率对光的响应

在温度 (15.5 ± 2)、大气 CO_2 浓度 $386.5 \mu\text{mol/mol}$ 和相对湿度 $48\% \pm 5\%$ 的条件下, 测定从高光强到低光强的净

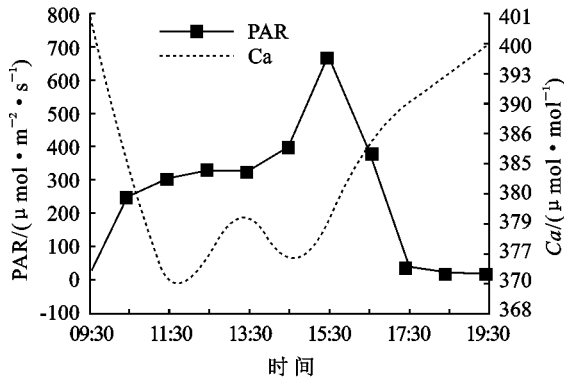


图 1 环境因子日变化

图 1 是川滇高山栎的量子辐射、气温、 CO_2 浓度、相对湿度与净光合速率晴朗(5 月 18 日)天气下的日变化情况。

川滇高山栎的净光合速率曲线呈双峰型。从图 1 看出, 气温、相对湿度在一天中变化最大, 量子辐射、 CO_2 浓度变化比较平缓, 净光合速率变化最小。量子辐射、气温与净光合速率的变化较为一致, 而相对湿度与净光合速率的变化相关性不大。川滇高山栎的净光合速率在 11:00 点左右达到最大值, $6.95 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 然后逐渐下降, 在 15:00 左右净光合速率又有所回升, 到 20:00 净光合速率降到 0 以下。

3.2 林芝川滇高山栎净光合速率对光照的响应

光是植物进行光合作用的能源, 也是对植物光合机构最重要和影响最大的环境因素之一。关于川滇高山栎光合作用对光响应的研究未见报道。

由图 3 知, P_n 随着 PAR 的增加而升高, 但是增幅逐渐减小, 达到最大值后又开始下降, 其响应模型为二次方程。根据叶片光响应曲线的数学模型 $P_n = a\text{PAR}^2 + b\text{PAR} + c$, 对川滇高山栎的光响应曲线进行拟合, 计算出川滇高山栎的光补偿点和光饱和点。根据文献[9]的观点, 川滇高山栎 P_n 的降低属于非气孔因素, 即叶肉细胞同化能力降低。李文华等[10]、刘锦春等[11]在研究沙棘和十大功劳时均出现了随着 PAR 的增加 P_n 逐渐增加, 在达到最大值后又开始下降的现

光合速率, 设定光强为 2 000, 1 600, 1 200, 800, 400, 200, 100, 50, 20, 0 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 根据拟合曲线寻找光补偿点和光饱和点。

2.3 净光合速率对温度的响应

在大气 CO_2 浓度为 $381.5 \mu\text{mol/mol}$, 相对湿度为 $48\% \pm 5\%$ 和光强 $800 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的情况下, 对净光合速率进行连续测定, 通过系统内的 CO_2 吸收器控制 CO_2 的浓度, 设定梯度为 1, 寻找适合川滇高山栎生长的最适温度。

3 结果分析

3.1 川滇高山栎净光合速率的日变化

从图 1 可以看出, 量子辐射一天当中变化最大, 相对湿度和气温的变化呈现负相关, 气温、 CO_2 浓度变化比较平缓, 量子辐射、气温、净光合速率的变化较为一致, 而相对湿度与净光合速率的相关性不大。川滇高山栎的净光合速率在 11:00 左右达到最大值, 然后逐渐下降, 到 14:00 左右出现最低谷, 然后又有所回升, 出现第 2 个高峰。

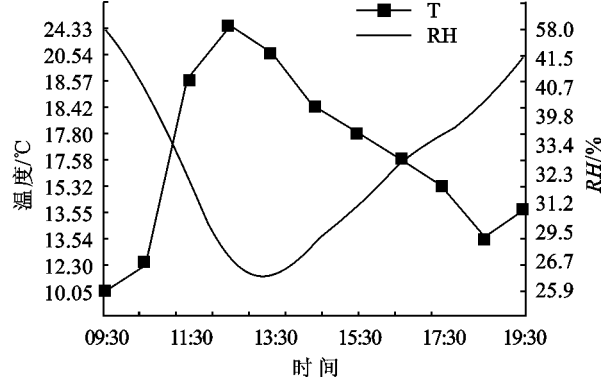


图 2 川滇高山栎净光合速率的日变化

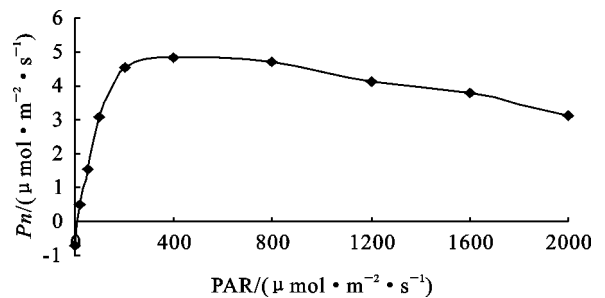


图 3 川滇高山栎净光合速率对光照的响应

象。光补偿点和最大光量子效率是植物利用弱光能力的重要指标,光补偿点越小、最大光量子效率越大,表明植物利用弱光的能力越强,川滇高山栎的光补偿点为 $22\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 左右,说明川滇高山栎对弱光的利用能力较强。光饱和点反映了植物利用强光的能力,川滇高山栎的光饱和点为 $1\,029\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 左右,说明川滇高山栎对光照强度要求不是很高。

3.3 林芝川滇高栎净光合速率对温度的响应

温度是环境因子中影响净光合速率重要的因素之一。全球气候变化的最主要特点是温度上升,然而这是一个逐步的过程,植物在生长发育中调整生理活动适应这种变化。

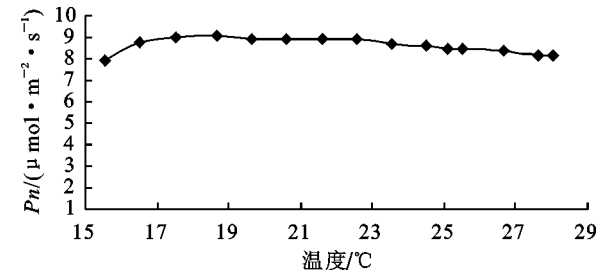


图 4 川滇高山栎净光合速率对温度的响应

川滇高山栎是一种广温植物,在光强 $800\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、相对湿度 $(43.2\pm5)\%$ 、 CO_2 浓度为 $389.7\text{ }\mu\text{mol}/\text{mol}$ 的条件下,从 $15\sim30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 川滇高山栎的净光合速率都是比较高的,能生活在较宽的温度范围内。试验结果显示,温度升高导致川滇高山栎光合速率的降低。

4 结 论

- (1)川滇高山栎叶片光合速率日变化呈双峰曲线,最高峰出现在 11:00 左右,为 $6.95\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,次高峰出现在 17:00,午间有明显的“午睡”现象。
- (2)晴朗天气条件下测得,川滇高山栎叶片光饱和点为 $1\,029\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 左右,光补偿点为 $22\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 左

右,具有较低的 CO_2 补偿点,应采取合理的管理措施,改善林冠的受光条件,促进林木生长。

(3)随着温度的升高,川滇高山栎叶片光合速率逐渐升高,从 $15\sim30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 川滇高山栎的净光合速率都是比较高的。这与川滇高山栎是一种广温植物的特性相吻合。

参考文献:

- [1] 陈焕镛,黄成就. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [2] 中国科学院青藏高原考察队. 西藏植物志[M]. 北京:科学出版社,1983.
- [3] 侯德勋. 云南森林[M]. 北京:中国林业出版社,1986.
- [4] 端木炘. 我国栎属资源的综合利用[J]. 河北林果研究,1994(2):177-181.
- [5] 爱药网. 单宁:常用药大全,2005.
- [6] 杨钦周. 中国-喜马拉雅地区硬叶栎林的分类与经营[C]//国际林连山地森林保护与管理学术会议. 成都,1990.
- [7] 孙多,阮宏华,叶镜中. 空青山次生栎林的生物量结构[C]//姜志林. 下蜀森林生态系统定位研究论文集. 北京:中国林业出版社,1992.
- [8] 阮宏华,姜志林. 苏南丘陵主要森林类型碳循环研究[J]. 生态学杂志,1997,16(6):17-21.
- [9] Farquhaar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Ann. Rev. Plant,1982,33:317.
- [10] 李文华,朱清科,赖亚飞,等. 陕北黄土高原丘陵沟壑区沙棘的光合特性研究[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(1):135-139.
- [11] 刘锦春,钟章成,何跃军,等. 重庆石灰岩地区十大功劳的光合响应研究[J]. 西南师范大学学报,2005,30(2):316-320.