

极小种群植物博罗红豆的光合生理特征日变化研究

钟象景¹, 郭韵², 刘彩琴¹, 梁继霞¹, 曹洪麟^{2*}

(1. 广东象头山国家级自然保护区管理局, 广东惠州 516001; 2. 中国科学院华南植物园, 广东广州 510650)

摘要 [目的]研究博罗红豆的光合生理特征。[方法]利用 LI-6400 便携式光合测定仪测定博罗红豆及其所在群落优势种的光合作用日变化。[结果]博罗红豆的光合生理日变化主要为“单峰型”, 净光合速率的峰值出现在 10:00, 达 $(16.48 \pm 0.30) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 10:00 之后净光合速率有所降低。与群落的优势种相比, 博罗红豆的日均净光合速率更大, 有更强的光合能力。[结论]光合作用能力不是博罗红豆种群的限制因素。

关键词 博罗红豆; 光合作用日变化; 光合能力

中图分类号 Q948 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)12-0126-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.12.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Diurnal Variation of Photosynthetic Physiological Characteristics of *Ormosia boluoensis*

ZHONG Xiang-jing¹, GUO Yun², LIU Cai-qin¹ et al (1. Management Bureau of Guangdong Xiangtoushan National Nature Reserve, Huizhou, Guangdong 516001; 2. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510650)

Abstract [Objective] In order to understand the photosynthetic physiological characteristics of *O. boluoensis*. [Method] Diurnal changes of photosynthesis of *O. boluoensis* and its dominant species were measured by Li-6400 portable photosynthesis analyzer. [Result] The diurnal variation of photosynthetic physiology of *O. boluoensis* was mainly presented as ‘single peak type’. The net photosynthetic rate reached the peak at 10 am, which was $(16.48 \pm 0.30) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. Net photosynthetic rate decreased after 10 am. Compared with the dominant species in the community, the daily average net photosynthetic rate of *O. boluoensis* was larger and had a stronger photosynthetic capacity. [Conclusion] Photosynthetic capacity is not a limiting factor for *O. boluoensis* population.

Key words *Ormosia boluoensis*; Diurnal variation of photosynthesis; Photosynthetic capacity

光合作用是地球上最重要的化学反应, 是绿色植物吸收光能, 将二氧化碳和水合成有机物, 同时释放氧气的过程^[1]。植物的光合作用受植物本身和外部环境因素的影响^[2], 植物的光合生理特征反映了物种对环境的适应性^[3]。不同物种间的光合特性有差异, 这些差异反映物种资源利用能力的不同^[4]。因此, 对物种光合生理特征的研究有利于探究物种生长的影响因素, 而对物种间光合生理差异的研究也可以探究物种间光合作用能力的差异。

博罗红豆 (*Ormosia boluoensis*) 隶属于蝶形花科 (Papilionaceae) 红豆属 (*Ormosia*), 是广东省特有的极小种群植物^[5]。目前, 仅在广东省象头山国家级自然保护区有分布, 且仅有一个博罗红豆种群。该博罗红豆种群分布在象头山保护区海拔 820 m 左右的山坡上, 分布范围狭窄, 生存状况不容乐观。博罗红豆在群落中不占优势, 其所在群落的优势种有甜槠 (*Castanopsis eyrei*)、密花山矾 (*Symplocos congesta*)、密花树 (*Rapanea neriifolia*)、深山含笑 (*Michelia maudiae*) 等^[6]。虽然博罗红豆生存状况较差, 但目前人们对其关注甚少, 研究也较少, 有关其光合生理特征研究仍处于空白。因此, 笔者对博罗红豆的光合生理特征进行研究, 了解其光合作用的影响因素, 比较博罗红豆与群落优势种的光合能力, 探究光合生理能力是否为博罗红豆种群发展的限制因素。

1 材料与与方法

1.1 试验地概况

研究区域位于广东博罗象头山国家级自然

保护区的鸡公田水库附近 (114°22'26"E, 23°16'44"N), 海拔约 820 m。该地区为湿润季风气候, 年平均气温为 16.0~21.7 °C; 最冷的月份为 1 月或 2 月, 月平均气温 7.2~13.3 °C; 最热的月份为 8 月, 月平均气温 22.5~27.2 °C; 全年无霜, 年平均降水量为 2 318.5 mm。该地的土壤为山地黄壤, 由花岗岩发育而成, 土层较薄, 土壤肥力较低, 呈酸性, pH 为 5.5 左右。

1.2 试验材料 该研究测定博罗红豆的光合作用日变化, 及其所在群落的优势种——甜槠、密花树、深山含笑及密花山矾净光合速率的日变化。供试材料全部为象头山国家级自然保护区博罗红豆所在群落野生、成熟的植物个体。

1.3 试验方法 2019 年 11 月下旬, 选择典型晴天, 利用 Li-6400 便携式光合测定仪 (LI-COR, Lincoln, NE, USA) 测定博罗红豆的光合作用日变化。06:00—18:00 每 2 h 测定 1 次, 共测 7 次。选择成熟叶片进行测定, 确保测定叶片的角度和空间朝向一致。选择 5 片叶片测定, 每片叶 3 次重复。测定净光合速率 (P_n)、气孔导度 (G_s) 和蒸腾速率 (T_r) 等生理指标, 同时记录光照强度 (PAR)、大气温度 (T)、大气 CO_2 浓度 (C_a) 等环境参数。

利用 Li-6400 便携式光合测定仪测定甜槠、密花树、深山含笑和密花山矾的净光合速率的日变化。测定方法与测定博罗红豆净光合速率日变化的方法相同, 记录这些物种的净光合速率随时间的变化, 并与博罗红豆的净光合速率日变化进行对比。

1.4 数据分析 利用 Excel 2016 软件进行数据处理分析, 利用 Origin 2018 完成作图。

2 结果与分析

2.1 环境因子日变化 从图 1 可以看出, 06:00 和 18:00 的

基金项目 2019 年中央林业改革发展资金项目。

作者简介 钟象景 (1963—), 男, 广东紫金人, 高级工程师, 从事林业生产经营、数字化森林资源管理、自然生态监测与保护研究。
* 通信作者, 研究员, 从事种群及群落生态学研究。

收稿日期 2020-09-21; **修回日期** 2020-10-21

光照强度均为 $0 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 06:00—18:00 光照强度呈先上升后下降的单峰趋势, 12:00 左右达到峰值, 光照强度达 $(1670.00 \pm 2.06) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。环境的温度也呈类似的变化趋势, 温度的峰值出现在 14:00 左右, 达 $(24.51 \pm 0.15) ^\circ\text{C}$,

14:00 后温度逐渐降低。大气 CO_2 浓度则呈先下降再上升的趋势, 06:00 达最高值, 天亮后 14:00 左右降至最低, 仅 $(427.39 \pm 0.24) \mu\text{mol}/\text{mol}$, 然后 CO_2 浓度缓慢回升。与光照强度的变化相比, 大气温度和 CO_2 浓度的变化均有所滞后。

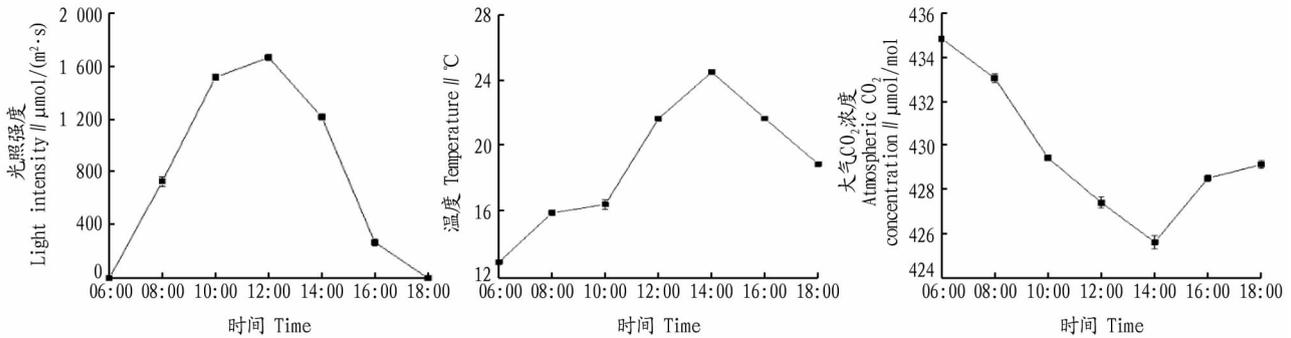


图 1 环境因子日变化

Fig.1 Diurnal variation of environmental factors

2.2 博罗红豆光合生理参数日变化 博罗红豆的净光合速率、气孔导度及蒸腾速率的日变化有着相似的变化趋势(图 2)。整体而言, 随着时间的推移博罗红豆的各项光合生理指标呈先上升后下降的趋势。博罗红豆的净光合速率在 10:00

左右达到峰值, 为 $(16.48 \pm 0.30) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 而气孔导度和蒸腾速率均在 12:00 达到峰值, 达到峰值后, 博罗红豆的各项光合生理指标均呈下降趋势。

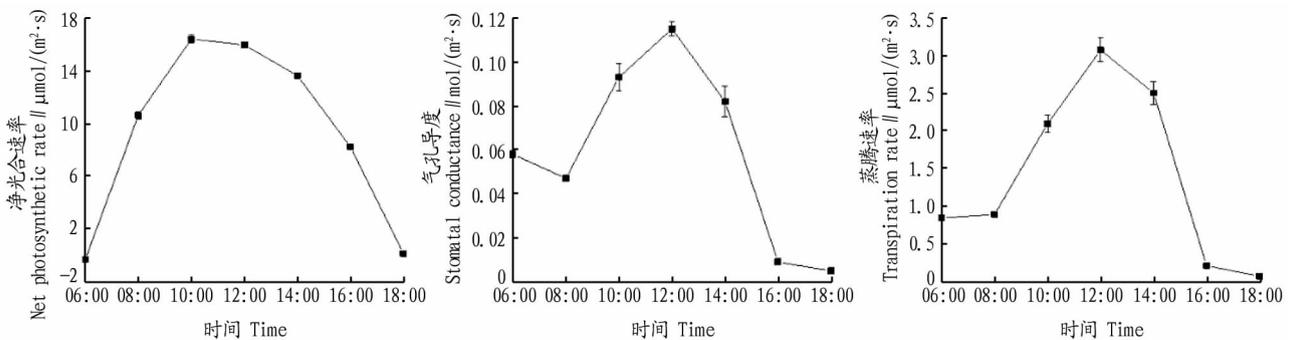


图 2 博罗红豆光合生理参数日变化

Fig.2 Diurnal variation of photosynthetic of *Ormosia boluensis*

2.3 博罗红豆及群落优势种的净光合速率日变化对比 从图 3 可见, 博罗红豆、深山含笑、甜槠和密花树的净光合速率日变化均呈现单峰型, 但它们峰值出现的时间并不一致, 密花树的峰值在 08:00 左右出现, 而博罗红豆、甜槠和深山含笑在 10:00 左右达到峰值, 并在 08:00—14:00 维持较高水平。密花山矾的净光合速率日变化为双峰型, 在 08:00 和 12:00 都有 1 个峰值。就全天而言, 平均净光合速率表现为博罗红豆 $(9.31 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})) >$ 深山含笑 $(8.97 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})) >$ 甜槠 $(8.63 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})) >$ 密花树 $(6.69 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})) >$ 密花山矾 $(6.62 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}))$ 。

3 讨论

(1) 植物光合作用是复杂的过程, 因此结合植物的外部环境因子研究其光合生理作用很有必要。同时, 植物的生理指标是讨论其光合作用的核心指标, 净光合速率是直接反映植物光合作用强弱指标; 气孔导度反映植物叶片气孔张开的程度, 它影响植物与外界水、气的交换, 进而对光合作用有重要影响; 而蒸腾速率则是反映植物蒸腾作用的强弱^[7]。

(2) 光照强度在天亮后迅速上升, 在 12:00 左右达到最

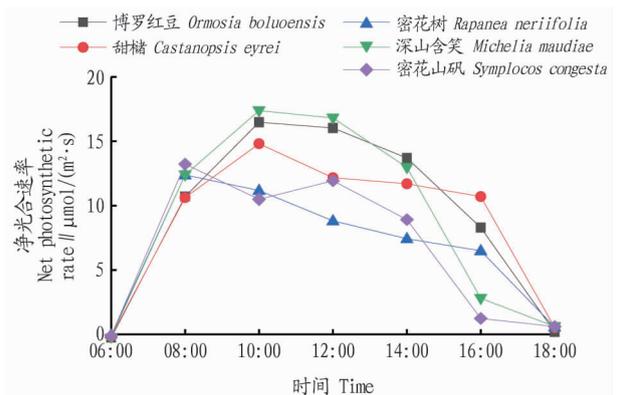


图 3 博罗红豆及群落优势种的净光合速率日变化

Fig.3 Diurnal variation of photosynthetic of *Ormosia boluensis* and four other tree species

大值, 伴随着光强的变化, 温度也有所变化, 但温度的变化趋势则有所滞后, 在 14:00 左右达到最大值。与环境变化相对应, 博罗红豆的光合生理参数也发生变化, 整体上呈“单峰型”变化。上午博罗红豆的净光合速率随时间的推移迅速上

升,10:00左右达到最高值,12:00—14:00有所降低,出现了“午休”现象。对于午间植物光合速率降低的原因有2方面观点:一种认为中午的高温导致植物的蒸腾速率升高,植物为防止水分过快流失而关闭气孔,最终使植物的净光合速率降低^[8];另一种认为中午的高光强使植物产生了光抑制作用,从而导致光合速率的降低^[9-10]。在该研究中,博罗红豆的气孔导度和蒸腾速率在12:00左右达到峰值,由此可见,12:00左右博罗红豆的气孔并未关闭,此时蒸腾作用最强。因此,可以推断不是气孔的闭合导致了博罗红豆净光合速率的下降。环境的光照强度在10:00—14:00维持较高水平,并在12:00左右达到峰值,有可能是此时产生光抑制现象使博罗红豆的净光合速率降低。

(3)对群落的优势种进行净光合速率的日变化测定发现,这些物种的净光合速率峰值也不是在正午时出现。甜槠和深山含笑净光合速率峰值在10:00左右出现,而密花树和密花山矾的净光合速率峰值在08:00左右出现。在中午这些物种的净光合速率均有所下降,而光照强度最强。植物净光合速率日变化的不同,除了与植物本身生物特性不同有关外,还与植物对环境条件需求的不同有关^[11]。博罗红豆的净光合速率日变化与深山含笑最为相似,这反映它们对环境资源的需求相似,而此前也有研究表明博罗红豆与深山含笑的空间分布较为接近,对资源和环境的需求相似^[6]。植物净光合速率的强弱反映其光合作用的能力^[12],对于全天的净光合速率而言,博罗红豆的净光合速率最高,在同等

条件下,博罗红豆能够合成更多有机物。由此可见,博罗红豆的光合能力比群落中的优势种更强,这不是博罗红豆生存的限制因素。

参考文献

- [1] 潘业兴,王帅.植物生理学[M].延吉:延边大学出版社,2016.
- [2] 梁文斌,刘卫东,聂东伶,等.短梗大参的光合特性研究[J].中南林业科技大学学报,2015,35(2):6-11.
- [3] JIANG G M, HE W M. Species-and habitat-variability of photosynthesis, transpiration and water use efficiency of different plant species in Maowusu sand area[J]. Acta botanica sinica, 1999, 41(10): 1114-1124.
- [4] NIU S L, JIANG G M, GAO L M, et al. Comparison of gas exchange traits of different plant species in Hushandak sand area[J]. Acta phytocologica sinica, 2003, 27(3): 318-324.
- [5] 王英强,陈邦余.广东植物新类群[J].热带亚热带植物学报,1995,3(1):29-33.
- [6] 郭韵,康宁,董辉,等.极小种群博罗红豆的群落物种组成和空间分布格局[J].热带亚热带植物学报,2020,28(3):301-309.
- [7] 刘周莉,赵明珠,秦娇娇,等.三种木质藤本植物光合特性比较研究[J].生态环境学报,2015,24(6):952-956.
- [8] GAO Z J, XU B C, WANG J, et al. Diurnal and seasonal variations in photosynthetic characteristics of switchgrass in semiarid region on the Loess Plateau of China[J]. Photosynthetica, 2015, 53(4): 489-498.
- [9] EINHORN K S, ROSENQVIST E, LEVERENZ J W. Photoinhibition in seedlings of *Fraxinus* and *Fagus* under natural light conditions; Implications for forest regeneration? [J]. Oecologia, 2004, 140(2): 241-251.
- [10] 杨肖华,郭圣茂,冯美玲,等.2种鸢尾科药用植物光合生理特性日变化研究[J].江苏农业科学,2018,46(22):115-118.
- [11] 孙安安,智颖颀,姜平,等.西鄂尔多斯4种荒漠植物光合作用特征与差异性[J].生态学报,2019,39(13):4944-4952.
- [12] 杨晓玲,杨晴,郭守华,等.燕龙板栗光合作用及其相关因素的日变化[J].经济林研究,2008,26(1):67-70.
- [13] 中国园林,2012,28(6):90-94.
- [14] 马秀梅,徐银祥,张国盛,等.呼和浩特市5个住宅区绿地空间结构指标的比较[J].现代农业科技,2009(2):9-11.
- [15] 范元,黄启堂.福州市居住区景观树木多样性分析[J].亚热带植物科学,2016,45(1):71-76.
- [16] 李欣.秦皇岛市居住区观赏树木种类调查及分析:以秦皇岛市八个居住区为例[D].秦皇岛:河北科技师范学院,2018.
- [17] 高荣,岳桦.哈尔滨市城市绿地木本植物的物种多样性[J].贵州农业科学,2017,45(5):85-89.
- [18] 李茜,郑光发,姜莎莎,等.2006—2016年间北京五环内居住区绿地树种组成变化[J].北京林业大学学报,2018,40(7):9-17.
- [19] GALVIN M F. Methodology for assessing and managing biodiversity in street tree populations: A case study [J]. Journal of arboriculture, 1999, 25(3): 124-128.
- [20] 欧阳子璐,吉文丽,杨梅.西安城市绿地植物多样性分析[J].西北林学院学报,2015,30(2):257-261.
- [21] 童丽丽,宋非,许晓岗,等.南京居住区人工植物群落的结构分析及其优化[J].林业科技开发,2009,23(3):91-95.
- [22] 宁海文.西安市大气污染气象条件分析及空气质量预报方法研究[D].南京:南京信息工程大学,2006.
- [23] 姜雪.西安市空气污染物浓度统计特征及其气象影响研究[D].西安:长安大学,2012.
- [24] 张新猷,古润泽,陈自新,等.北京城市居住区绿地的滞尘效益[J].北京林业大学学报,1997,19(4):12-17.
- [25] 郎金顶,刘艳红,孟凡国.北京市居住区绿地植物组成及其物种多样性研究[J].林业调查规划,2007,32(4):17-21.
- [26] 田娜.“大树进城”引发的问题及对策[J].中国园艺文摘,2012,28(1):63-65.
- [27] 张云生,陆文妹.“大树进城”问题探讨[J].世界林业研究,2004,17(5):59-62.

(上接第125页)

参考文献

- [1] 康耀江.论城市居住区绿地的景观生态规划[J].中国人口·资源与环境,2011,21(S1):231-234.
- [2] 周莹莹.西安地区居住区中绿化配置及应用研究[D].西安:西安建筑科技大学,2013.
- [3] 陈艳,牛立新,张延龙.济南市居住区植物景观分析与研究[J].西北林学院学报,2006,21(3):143-146.
- [4] 胡传明.城市居住区绿化中植物配置与造景的探讨[J].安徽农学通报,2010,16(6):128-130.
- [5] 毛静.西安市居住小区植物配置特色初探:以明德8英里小区为例[J].湖南林业科技,2010,37(3):75-77.
- [6] 苏静,邢欢欢,张勇,等.西安市居住区绿化植物种类调查及其应用[J].价值工程,2012,31(25):56-57.
- [7] 宋岚.基于GIS的西安城区居住空间分异特征研究[D].西安:西安建筑科技大学,2011.
- [8] 毛静.西安市居住区植物造景模式研究[D].西安:西安建筑科技大学,2009.
- [9] 刘宁刚,张克军.西安市引种的园林绿化树种调查及评价研究[J].绿色科技,2015(3):88-90.
- [10] 于忻,童开林,胥耀平.西安兴庆宫公园园林植物配置分析[J].西北林学院学报,2012,27(6):207-212.
- [11] 王迪生.北京市园林植物个体大小及株数分布等相关特性的研究[J].林业资源管理,2009(1):122-127.
- [12] 王永.城市绿化树种组成结构数量指标初探[J].河南林业科技,1997,17(3):35-36.
- [13] 李辉,谢会成,赵春仙,等.济南市城市森林结构特征分析[J].西北林学院学报,2013,28(2):213-217.
- [14] 李芳,黄俊华,朱军.乌鲁木齐市居住区木本植物物种多样性调查研究