

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201407028

唐峰,梁惠凌,王满莲. 广西八角莲与八角莲光响应特性的比较研究[J]. 广西植物, 2016, 36(5):570-573

TANG F, LIANG HL, WANG ML. Comparative study on the photosynthetic light response characteristics of *Dyosma guangxiensis* and *D. versipellis* [J]. Guihaia, 2016, 36(5):570-573

广西八角莲与八角莲光响应特性的比较研究

唐峰¹, 梁惠凌², 王满莲^{2*}

(1. 广西科学院 生物研究所, 南宁 530007; 2. 广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006)
中国科学院

摘要: 为了解濒危植物广西八角莲对环境光强的适应性, 该研究以广西八角莲同属渐危种八角莲为对照, 采用 Li-6400 便携式光合测定系统对两种植物的光合光响应特性进行了比较研究, 进而探讨广西八角莲的濒危机制。结果表明: 广西八角莲与八角莲的光饱和点分别为 440 和 530 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光补偿点为 13.25 和 13.10 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 最大净光合速率为 3.62 和 6.81 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 表观量子效率为 0.065 和 0.042 $\mu\text{mol} \cdot \mu\text{mol}^{-1}$, 两种八角莲均具阴生草本植物的光合特性, 但其光补偿点与饱和点均高于一般阴生草本, 10%~30% 阴蔽度的林下生境有利于两种八角莲的生长; 两种植物相比较, 广西八角莲的光合能力较弱, 光饱和点较低, 但其弱光下的量子效率较高。大部分光强下, 八角莲的净光合速率、气孔导度和蒸腾速率均高于广西八角莲, 但广西八角莲的瞬时水分利用效率却高于八角莲, 表明广西八角莲的光合策略比较保守, 以较低的光合积累为代价来维持较高的水分利用效率, 以保持体内水分平衡。

关键词: 广西八角莲, 八角莲, 净光合速率, 蒸腾速率, 水分利用效率

中图分类号: Q945.79 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2016)05-0570-04

Comparative study on the photosynthetic light response characteristics of *Dyosma guangxiensis* and *D. versipellis*

TANG Feng¹, LIANG Hui-Ling², WANG Man-Lian^{2*}

(1. Biology Institute, Guangxi Academy of Sciences, Nanning 530007, China; 2. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China)

Abstract: In order to understand the ecophysiological adaptation mechanisms of the endangered plants *Dyosma guangxiensis* to light environment, we studied the photosynthetic light response characteristics of *D. guangxiensis* and the same genera vulnerable species *D. versipellis* with Li-6400 Portable Photosynthesis (Li-Cor Inc., USA), and then discussed the endangered mechanism of *D. guangxiensis*. The results showed that the light compensation point of *D. guangxiensis* and *D. versipellis* was 440 and 530 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, the light compensation point was 13.25 and 13.10 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, the maximum net photosynthetic rate was 3.62 and 6.81 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, and the apparent quantum yield was 0.065 and 0.042 $\mu\text{mol} \cdot \mu\text{mol}^{-1}$, respectively. That is to say, the two species are shade herb, but the light compensation point and the saturation point are higher than the general shade herb, and 10%–30% shading forest habitat are conducive to the

收稿日期: 2014-12-17 修回日期: 2015-03-13

基金项目: 广西科技成果转化资金项目(桂科转 1346004-29); 桂林市科技成果转化与应用项目(20140124-2); 桂林市科技攻关项目(20130408) [Supported by Guangxi Fund for Scientific and Technological Achievements Transformation(1346004-29); Guilin Fund for Scientific and Technological Achievements Transformation and Application(20130408); Key Technology R & D Program of Guilin(20130408)]。

作者简介: 唐峰(1966-), 男(壮族), 广西都安县人, 工程师, 主要从事园艺学方面的研究, (E-mail) swstf@163.com。

* 通讯作者: 王满莲, 硕士, 副研究员, 主要从事植物生理生态学方面的研究, (E-mail) Wangml1978@163.com。

growth of the two species; compared with *D. versipellis*, the photosynthetic capacity of *D. guangxiensis* was weak, the light saturation point was lower, but its quantum efficiency under low light was higher. In comparison, the net photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance of *D. versipellis* were higher than those of *D. guangxiensis* under most light intensities, but the water use efficiency of *D. guangxiensis* was higher than that of the former, which indicated that the photosynthetic strategy of *D. guangxiensis* was more conservative, with lower photosynthetic accumulation as the cost to maintain higher water use efficiency, in order to maintain the water balance in body.

Key words: *Dysosma guangxiensis*, *D. versipellis*, net photosynthetic rate, transpiration rate, water use efficiency

广西八角莲 (*Dysosma guangxiensis*) 与八角莲 (*D. versipellis*) 均为小檗科多年生草本,但是两者的濒危程度有很大的不同。广西八角莲分布在广西德保、龙州、天峨等县,散生于海拔 350~1 000 m 的石灰岩山谷林下湿润处,目前处于濒危状态(王育生, 1984;李忠超和王武源, 2006)。八角莲不但在广西龙州、大瑶山、贺县、环江、临桂等县有分布,还在广东、云南、贵州等省也有分布。八角莲散生于海拔 300~2 200 m 的石山、土山山谷林下阴湿处、灌丛中或竹林下,但零星散生,常被采挖作药用,分布范围逐渐缩小,植株数量日益减少,属渐危种。

濒危植物生理生态学方面的生存力、适应力,尤其是光合、呼吸和蒸腾等生理代谢能力较差;在群落内种间竞争中处于不利地位,竞争能力较差等共同特征(樊梅英等, 2003;刘建锋等, 2011)。影响植物光合作用的诸多环境因子中,光是植物生存和生长发育最重要的环境因子。两种八角莲原生境均为林下湿润处,人类活动导致其生境光强发生了较大变化,它们对光强的适应性如何? 环境光强变化是否是其濒危的原因之一? 本文通过对濒危植物广西八角莲与同属植物八角莲光合光响应特性的比较研究,了解它们光合和蒸腾特性对光强变化的响应差异,并进一步探讨其濒危机制,为其资源保护和人工栽培提供理论依据。

1 材料与方 法

试验在桂林植物园进行,2012 年 3 月 1 日将 2 年生广西八角莲与八角莲植株移栽于塑料花盆,置于大樟树 (*Cinnamomum camphora*) 下,即光照较弱的林下环境培养 6 个月后进行光合测定,测定时广西八角莲平均株高 30 cm,地径 0.6 cm,冠幅 50 cm × 45 cm;八角莲平均株高 42 cm,地径 0.68 cm,冠幅 55 cm × 50 cm。两种八角莲均无分枝,叶片宽大,叶面平展。

叶片的光合光响应曲线 (P_n -PPFD 曲线) 采用 Li-6400 便携式光合作用仪 (LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA) 进行测定。两种植物各选 4 株,每株 1 个成熟叶片。为了充分活化光合系统,测前将待测叶片在 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光强下诱导 15 min (仪器自带的红蓝光源)。使用开放气路,空气流速为 $0.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$,用 CO_2 钢瓶将 CO_2 浓度控制在 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,叶片温度 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 。设定的光强梯度为 1 200、1 000、800、600、400、200、150、100、50、20、10、0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。每一光强测定 3 min。以净光合速率 (P_n) 为纵轴,光量子通量密度 (PPFD) 为横轴绘制光合作用光响应曲线 (P_n -PPFD 曲线)。依据 Bassman & Zwier (1991) 的方法拟合 P_n -PPFD 的曲线方程: $P_n = P_{\text{max}} (1 - \text{Coe}^{-\Phi \text{PPFD}/P_{\text{max}}})$,其中 P_{max} 为最大净光合速率, Co 为度量弱光下净光合速率趋于 0 的指标, Φ 为弱光下光化学量子效率。通过适合性检验,拟合效果良好,然后计算光补偿点 LCP ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) = $P_{\text{max}} \ln(\text{Co})/\Phi$ 。假定光饱和点 LSP 为 P_n 达到 P_{max} 的 99% 时的光强,则 $LSP = P_{\text{max}} \ln(100 \text{Co})/\Phi$ 。表观量子效率 (AQY) 为弱光强范围内净光合速率与光强直线的斜率(温达志 1997) 本试验采用 $0 \sim 200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强范围。

用 SPSS 11.5 (SPSS Inc., USA) 独立样本 t 检验进行两种植物各参数的差异分析。绘图用 Sigma-Plot 11.0 (SPSS Inc., USA)。

2 结果和分 析

2.1 广西八角莲与八角莲净光合速率对光强的响应

在 $0 \sim 200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光强范围内,两种植物的净光合速率 (P_n) 均随光强的增大呈直线增大趋势,超过该光强范围后, P_n 随光强增大上升的幅度逐渐减小,直至达到最大净光合速率 (P_{max}) (图 1)。两种植物相比较,在大于 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的

光强范围内,八角莲的 P_n 均高于广西八角莲。

2.2 广西八角莲与八角莲的光响应参数

两种八角莲的最大净光合速率 (P_{max})、光补偿点 (LCP)、光饱和点 (LSP) 和表观量子效率 (AQY) 如表 1 所示,其中八角莲的 LSP 、 P_{max} 和 AQY 均显著高于广西八角莲,但二者的 LCP 无显著差异。

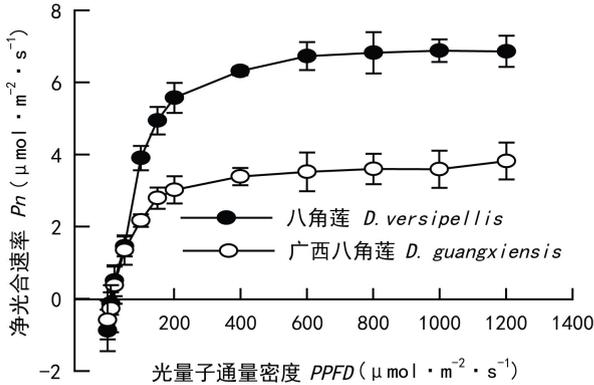


图 1 广西八角莲与八角莲叶片的光响应曲线
Fig. 1 P_n -PPFD curves of *Dysosma guangxiensis* and *D. versipellis* leaves

表 1 广西八角莲与八角莲的光响应参数
Table 1 Light response parameters of *D. guangxiensis* and *D. versipellis*

物种 Species	P_{max} ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	LSP ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	LCP ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	AQY ($\mu\text{mol} \cdot \mu\text{mol}^{-1}$)
广西八角莲 <i>D. guangxiensis</i>	3.62 ± 0.03	440 ± 14	13.10 ± 1.32	0.042 ± 0.001
八角莲 <i>D. versipellis</i>	$6.81 \pm 0.06^*$	$530 \pm 18^*$	13.25 ± 1.17	$0.065 \pm 0.001^*$

注: 数据以平均数钅 SymbolqB@@ 标准误表示, * 为差异显著 ($P < 0.05$)。 P_{max} : 光饱和和光合速率; LSP : 光饱和点; LCP : 光补偿点; AQY : 表观量子效率。

Note: *, followed with mean±SE, mean significant difference at $P < 0.05$ according to LSD multiple test. P_{max} : PPFD-saturated photosynthetic rate; LSP : Light saturation point; LCP : Light compensation point; AQY : Apparent quantum yield.

2.3 广西八角莲与八角莲气孔导度对光强的响应

广西八角莲叶片气孔导度 (G_s) 随光强 ($PPFD$) 的增大增长缓慢,而八角莲叶片 G_s 在光强低于 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时随光强的增大呈直线上升趋势,超过该光强后增速放缓,但仍然呈直线上升趋势(图 2)。两种植物相比较,多数光强范围内,八角莲的 G_s 均高于广西八角莲。

2.4 广西八角莲与八角莲蒸腾速率对光强的响应

两种植物叶片蒸腾速率 (Tr) 随光强的变化趋势与气孔导度随光强的变化趋势一致,广西八角莲 Tr 随光强增大增长缓慢,而八角莲叶片 Tr 在光强低

于 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时随光强的增大呈直线上升趋势,超过该光强后增速放缓,但仍呈直线上升趋势(图 3)。两种植物相比较,多数光强范围内,八角莲的 Tr 均高于广西八角莲。

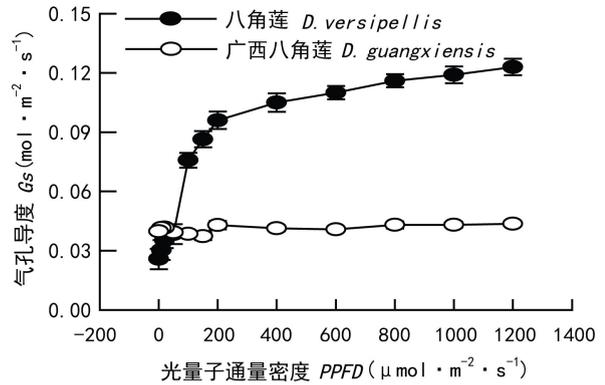


图 2 广西八角莲与八角莲叶片气孔导度对光强的响应
Fig. 2 Responses of stomatal conductance (G_s) to light intensity ($PPFD$) in leaves of *D. guangxiensis* and *D. versipellis*

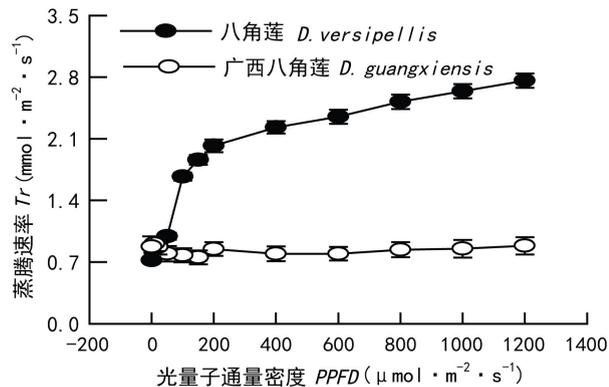


图 3 广西八角莲与八角莲叶片蒸腾速率对光强的响应
Fig. 3 Responses of transpiration rate (Tr) to light intensity ($PPFD$) in leaves of *D. guangxiensis* and *D. versipellis*

2.5 广西八角莲与八角莲水分利用效率对光强的响应

广西八角莲与八角莲分别在光强低于 150 和 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,叶片水分利用效率 (WUE) 均随光强增大呈直线上升,之后, WUE 变化平缓(图 4)。两种植物相比较,在大于 $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的光强范围内,广西八角莲的 WUE 高于八角莲。

3 讨论

遗传因素是决定植物性状的主要因素,但环境

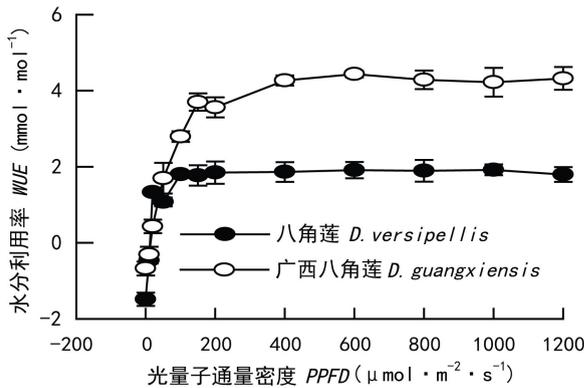


图4 广西八角莲与八角莲叶片水分利用效率对光强的响应
Fig. 4 Responses of water use efficiency (WUE) to light intensity (PPFD) in leaves of *D. guangxiensis* and *D. versipellis*

因素对其表现起到很大的修饰作用。一般阴生草本植物的 LCP 为 $5 \sim 10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, LSP 为 $100 \sim 400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, P_{max} 为 $2 \sim 10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 对于长势良好的植物, AQY 一般在 $0.04 \sim 0.07 \mu\text{mol} \cdot \mu\text{mol}^{-1}$ 之间(翟志习等, 1997)。本研究结果表明, 广西八角莲与八角莲的光合特性均属阴生草本植物, 但其光补偿点与饱和点均高于一般阴生草本植物, 其中广西八角莲的光合能力弱, 弱光下的量子效率也较低, LCP 高, 耐阴但极端遮阴环境不利于其生长; 相对而言, 八角莲光合能力较强, 弱光下的量子效率较高, LCP 高, 耐阴但极端遮阴环境不利于其生长; 总体而言, 本研究两种八角莲均能适应较高的光强, 但 $10\% \sim 30\%$ 荫蔽度的林下生境有利于两种八角莲的生长。两种植物相比较, 广西八角莲的 P_{max} 、 LSP 和 AQY 低, 光合能力低、适应的光强范围较狭窄。由于广西八角莲的光合能力较低, 有机物质积累能力低, 生长速度慢, 在群落中很难占领空间取得优势地位。

本研究中, 广西八角莲与八角莲的净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (Tr) 与气孔导度 (G_s) 均保持大体上相互平行的变化趋势, 随着光强的逐渐增大, 气孔逐渐打开, G_s 增大, Tr 和 P_n 也逐渐增大, 说明 G_s 、 P_n 和 Tr 间存在相互促进关系。植物的水分利用效率 (WUE) 反映了植物水分蒸腾后干物质积累的情况, 可反映植物代谢功能和植物生长与水分利用之间的关系(曹生奎等, 2009)。广西八角莲与八角莲分别在光强低于 150 和 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时 WUE 均随光强增大呈直线上升, 在 P_n 持续上升的前提下, 维持较为旺盛的 Tr , 为光合作用提供原料, 水分

利用效率 (WUE) 逐渐增大, G_s 、 P_n 和 Tr 变化缓慢之后, WUE 也变化平缓。两种植物相比较, 大部分光强下, 八角莲的 P_n 、 G_s 和 Tr 均高于广西八角莲, 但广西八角莲的 WUE 却高于前者, 表明广西八角莲的光合策略比较保守, 以较低的光合积累为代价来维持较高的水分利用效率, 维持体内水分平衡。广西八角莲产地属岩溶地区, 水分变化频繁, 虽处林下, 也偶有临时干旱发生, 维持较高的水分利用效率是对岩溶生境干旱的一种适应, 但其生境大部分时间水分充足, 较低的光合能力不利于与其它物种的竞争, 这可能是其濒危的重要原因之一。

参考文献:

- BASSMAN J, ZWIER JC, 1991. Gas exchange characteristics of *Populus trichocarpa*, *Populus deltoids* and *Populus trichocarpa* X *P. deltoids* clone [J]. *Tree Physiol*, 8: 145-159.
- CAO SK, FENG Q, SI JH, et al, 2009. Summary on the plantwater use efficiency at leaf level [J]. *Acta Ecol Sin*, 29(7): 3 882-3 892. [曹生奎, 冯起, 司建华, 等, 2009. 植物叶片水分利用效率研究综述 [J]. *生态学报*, 29(7): 3 882-3 892.]
- CHEN CM, 2011. The research and development about the natural landscape and ecological protection [J]. *Chin Popul Resour Environ*, 21(1): 155-159. [陈传明, 2011. 自然保护区景观生态开发研究 [J]. *中国人口资源与环境*, 21(1): 155-159.]
- FAN MY, CHANG Z, SHENG HY, et al, 2003. Studies on photosynthesis and growth of *Changium smyrnioides* and *Anthriscus sylvestris* [J]. *J Zhejiang Univ*, 30(5): 584-587. [樊梅英, 常杰, 盛海燕, 等, 2003. 明党参、峨参光合与生长的研究 [J]. *浙江大学学报*, 30(5): 584-587.]
- LONG SP, HUMPHRIES S, FALKOWSKI PG, 1994. Photo-inhibition of photosynthesis in nature [J]. *Ann Rev Plant Physiol Mol Biol*, 45: 633-662.
- LI YY, DOU XY, PENG CL, 2008. Response of photosynthetic characteristics of three kinds of endangered Magnolia plant saplings to high temperature [J]. *Acta Ecol Sin*, 28(8): 3 789-3 797. [李芸瑛, 窦新永, 彭长连, 2008. 三种濒危木兰植物幼树光合特性对高温的响应 [J]. *生态学报*, 28(8): 3 789-3 797.]
- LI ZQ, WANG WY, 2006. Ecological and biological characteristics of endangered medicinal plant *Dysosma versipellis* [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 14(3): 190-195. [李忠超, 王武源, 2006. 濒危药用植物八角莲生态生物学特征 [J]. *热带亚热带植物学报*, 14(3): 190-195.]
- LIU JF, YANG WJ, SHI SQ, et al, 2011. Comparison on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters between *Thuja sichuenensis* and *Platycladus orientalis* [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 31(10): 2 071-2 077. [刘建锋, 杨文娟, 史胜青, 等, 2011. 崖柏与侧柏光合特性和叶绿素荧光参数的比较研究 [J]. *西北植物学报*, 31(10): 2 071-2 077.]
- QIN XB, 2012. Research progress of *Dysosma* China [J]. *资源开发与市场*, 28(11): 1 018-1 020. [秦小波, 2012. 中国八角莲属植物的研究进展 [J]. *资源开发与市场*, 28(11): 1 018-1 020.]
- SUN GC, LIN ZF, LIN GZ, 1993. Plantation pine 13C/12C rate and water use efficiency of subtropical zone [J]. *Chin J Appl Ecol*, 4(3): 325-327. [孙谷畴, 林植芳, 林桂珠, 1993. 亚热带人工