

金花茶与其伴生植物光合特性的比较研究*

Comparative Study on Photosynthetic Characteristics of *Camellia nitidissima* and Its Accompanying Species

熊忠臣¹, 骆文华¹, 王满莲¹, 王代容², 文香英³

XIONG Zhong-chen¹, LUO Wen-hua¹, WANG Man-lian¹, WANG Dai-rong², WEN Xiang-ying³

(1. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西桂林 541006; 2. 广东省农业科学院花卉研究所, 广东广州 510640; 3. 中国科学院华南植物园, 广东广州 510650)

(1. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi 541006, China; 2. Flower Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China; 3. South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510650, China)

摘要: 采用 LI-6400 便携式光合测定系统对防城金花茶国家级自然保护区的金花茶 (*Camellia nitidissima*) 和两种伴生植物九节木 (*Psychotria rubra*) 和华润楠 (*Machilus chinensis*) 的成熟叶片进行光合测定, 比较他们的光合特性。结果表明, 金花茶的光饱和光合速率、光饱和点和表观量子效率均显著低于两种伴生植物, 光补偿点显著高于伴生植物; 大部分光强下, 金花茶的净光合速率和蒸腾速率均低于两种伴生植物, 而水分利用效率高于两种伴生植物。说明保守的水分利用方式, 不利于光合速率的提高; 较低的光合能力和较窄的光强适应范围使金花茶在群落竞争中处于不利地位。

关键词: 金花茶 净光合速率 蒸腾速率 水分利用效率

中图法分类号: S685 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2012)02-0201-04

Abstract: Photosynthetic characteristics of leaves in *Camellia nitidissima* and its accompanying species *Psychotria asiatica* and *Machilus chinensis* located in Fangcheng National Camellia Natural Reserve were studied with LI-6400 portable photosynthesis system. Comparative study was conducted in photosynthetic characteristics of *Camellia nitidissima* and accompanying species. The gas exchange was measured in the field with LI-6400 Portable Photosynthesis (LI-Cor Inc., USA). The results showed that the *PPFD*-saturated photosynthetic rate, light saturation point and apparent quantum yield of *C. nitidissima* were significantly lower than that of two accompanying species, but its light compensation point was significantly higher than that of accompanying species. Under a majority of light, the net photosynthetic rate and transpiration rate of *C. nitidissima* were lower than that of two accompanying species and the water use efficiency was more higher. The conservative mode of water utility affected the increasing of the net photosynthetic rate of *C. nitidissima*. *C. nitidissima* was in a disadvantaged status in the community with lower photosynthetic capacity and narrower adaptable range of light than its neighboring species.

Key words: *Camellia nitidissima*, net photosynthetic rate, transpiration rate, water use efficiency

收稿日期: 2012-04-07

作者简介: 熊忠臣(1967-) 男, 副研究员, 主要从事园林绿化、植物园建设、珍稀濒危和药用植物保育研究。

* 国家自然科学基金项目(31160137), 广东省中国科学院全面战略合作项目(2009B091300137), 广西科技成果转化和应用项目(桂科攻11233013-45), 广西培养新世纪学术和技术带头人专项资金项目和国际植物园保护联盟(BGCI)项目(R4331)资助。

金花茶(*Camellia nitidissima* Chi) 是金花茶组植物中的一个种, 为主产我国的珍稀观赏植物, 属国家一级保护物种和《国际生物多样性公约》附属 II 物种^[1-3]。金花茶为常绿小乔木或灌木, 自然分布范围主要有两个区域, 一个位于广西南宁(原邕宁县)的潭洛镇、富庶镇、扶绥的中东凤凰山林场, 隆安的古潭

镇等周围区域;另一个为广西防城区和东兴市全境,分布范围十分狭窄。野生金花茶主要分布在林层盖度达75%以上、阳光不易直射的林地;而且绝大多数生长于上层林冠盖度比较大的阴凉环境,如荫蔽的沟谷两旁、山坡乔木林下或灌木丛中;在其所处的群落中,金花茶一般难以达到林木层第二层以上空间^[4]。金花茶如此狭窄的地理分布必然与其自身的生理生态学特点有着密不可分的关系。光是植物生存和生长发育最重要的环境因子,植物与光环境的关系一直是植物生理生态学研究热点问题之一;而光合作用又是植物一切生理活动的基础,其大小不仅与自身遗传特性有关,而且受众多环境因子的影响^[5]。本文通过比较金花茶与其伴生植物的光合特性,如净光合速率、蒸腾及水份利用效率对光强的响应,探讨其濒危的原因,为其人工栽培和资源保护提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地自然概况

试验样地位于防城金花茶国家级自然保护区(108°12'37"E,21°36'49"N),属北热带季风海洋性气候,地貌类型为沿海低山丘陵,地势西高东低,海拔为350 m。本区地带性植被类型为北热带常绿季节雨林,群落呈明显的次生性,上层乔木高8 m左右,盖度60%左右;群落灌木层主要种类有金花茶、华润楠(*Machilus chinensis*)和九节木(*Psychotria rubra*)等,盖度达80%左右。由于金花茶为灌木层的主要优势种,高1~4 m,所以本试验以位于灌丛中2 m左右的金花茶植株以及灌丛主要伴生植物华润楠和九节木为研究对象,选择光环境类似的成熟叶片进行光合测定。

1.2 研究方法

用 Li-6400 便携式光合作用系统(LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA)于2008年9月24~25日测定金花茶与伴生植物九节木和华润楠叶片的光响应曲线(P_n -PPFD曲线)。每个树种4株,每株一张叶片。光响应曲线测定:测量前将待测叶片在1500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光强下诱导15 min(仪器自带的红蓝光源)以充分活化光合系统。使用开放气路,空气流速为0.5 $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$,叶片温度25℃,CO₂浓度400 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ (用CO₂钢瓶控制浓度)。设定的光强(PPFD)($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)梯度为1500,1200,1000,800,500,300,200,100,50,20,10,0。测定时每—光强下停留3 min。以光强为横轴,净光合速率(P_n)为纵轴绘制光响应曲线。依据方程 $P_n = P_{\max} (1 - C_{o_e}^{-\Phi PPFD/P})$ 拟合 P_n -PPFD曲线^[6]。其中 P_{\max} 为

最大净光合速率, Φ 为弱光下光化学量子效率, C_o 为度量弱光下净光合速率趋于0的指标。通过适合性检验,拟合效果良好,然后用 $LCP = P_{\max} \ln(C_o) / \Phi$ 计算光补偿点(LCP)。假定 P_n 达到 P_{\max} 的99%的PPFD为光饱和点(LSP),则 $LSP = P_{\max} \ln(100C_o) / \Phi$ 。表观量子效率(AQY)为0~200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光强范围内净光合速率与光强的直线斜率。以净光合速率与蒸腾速率(T_r)的比值作为水分利用效率(WUE, $\mu\text{mol} \text{CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)指标^[7]。

1.3 数据处理

用一元方差法(One-Way ANOVA)分析不同树种各参数的差异,所用软件为SPSS11.5(SPSS Inc., USA)。绘图软件为SigmaPlot 9.0(SPSS Inc., USA)。

2 结果与分析

2.1 金花茶与伴生植物的光响应参数

表1结果显示,金花茶的光饱和点、光饱和光合速率和表观量子效率均显著低于两种伴生植物,光补偿点显著高于两种伴生植物。两种伴生植物的光饱和点和表观量子效率无显著差异,但九节木的光饱和和光合速率显著大于华润楠,华润楠的光补偿点显著大于九节木。与两种伴生植物相比,金花茶的光合作用能力和光合效率均较低,但它的光补偿点高,对弱光的适应性较强。

2.2 净光合速率对光强的响应

从图1可以看出,在光强低于100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,3种植物的净光合速率对光强的响应曲线基本重合在一起,其变化趋势均随光强的增大线性上升;超过该光强以后,3种植物的光响应曲线开始分开,净光合速率上升的幅度逐渐减小,其中金花茶光

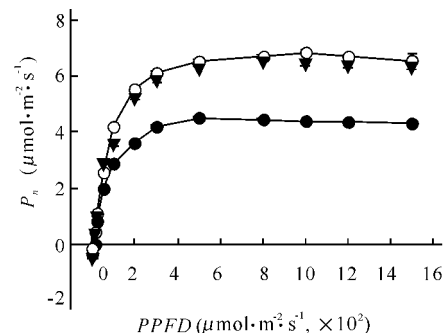


图1 叶片净光合速率对光强的响应
Fig.1 Responses of net photosynthetic rate (P_n) to light intensity (PPFD) in leaves

●: 金花茶 ○: 九节木 △: 华润楠。
●: *Camellia nitidissima* ○: *Psychotria rubra* △: *Machilus chinensis* .

表1 金花茶与伴生植物的光响应参数*

Table 1 Photosynthetic parameters derived from P_n -PPFD curves of *C. nitidissima* and accompanying species

种类	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 ($\mu\text{mol} \cdot \mu\text{mol}^{-1}$)
金花茶 <i>C. nitidissima</i>	4.36±0.03 ^c	396±4 ^b	6.21±0.32 ^a	0.052±.001 ^b
九节木 <i>P. asiatica</i>	6.62±0.06 ^a	472±8 ^a	2.25±0.17 ^c	0.065±0.001 ^a
华润楠 <i>M. chinensis</i>	6.33 ± 0.09 ^b	471 ± 11 ^a	3.85 ± 0.36 ^b	0.063 ± 0.001 ^a

* 数据以平均数±标准误差表示,同一列上标相同字母为差异不显著($P>0.05$)。

Within each line values followed by the same letter are not significant difference at ($P > 0.05$) according to LSD multiple test.

响应曲线所处位置明显低于两种伴生植物;当强超过 $500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 后,3种植物净光合速率达到最大,即光饱和光合速率,此后随着光强增大,净光合速率变化不大。上述结果说明,在光强低于 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,金花茶的光合作用能力与两种伴生植物相当;而当光强大于 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,金花茶的光合作用能力明显低于两种伴生植物,此时可能导致其生长速率偏低、种群竞争优势下降。

2.3 蒸腾速率对光强的响应

由图2可以看出,金花茶与两种伴生植物叶片蒸腾速率均随光强的增大呈直线上升趋势。两种伴生植物间,九节木的叶片蒸腾速率低于华润楠;而金花茶的叶片蒸腾速率低于两种伴生植物。说明金花茶的水分消耗低,在干旱缺水条件下可能更具竞争优势。

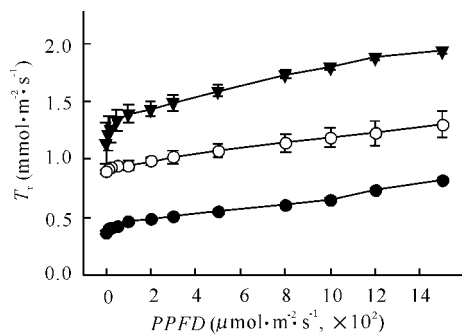


图2 蒸腾速率对光强的响应

Fig. 2 Responses of transpiration rate (T_r) to light intensity (PPFD) in leaves of *C. nitidissima* and accompanying species

●: 金花茶 ○: 九节木 ▽: 华润楠。
●: *Camellia nitidissima* ○: *Psychotria rubra* ▽: *Machilus chinensis*.

2.4 水分利用效率对光强的响应

图3结果显示,金花茶与两种伴生植物叶片水分利用效率随光强的增大呈抛物线状变化。光强低于 $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,3种植物的水分利用效率差异不大,超过该光强后,金花茶的水分利用效率高于一九节木,而九节木又高于华润楠。3种植物的水分利

用效率均在光强 $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时达最大值,此后水分利用效率随光强增大呈逐渐下降趋势;其中,金花茶的最大水分利用效率值高于两种伴生植物,而九节木又大于华润楠;光强大于 $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 后,两种伴生植物的水分利用效率下降平缓,金花茶的水分利用效率急剧下降,当光强达 $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,水分利用效率下降到与九节木接近的水平。金花茶的水分利用效率明显高于两种伴生植物,说明3种植物中,金花茶单位水分消耗所生产的同化物最高。

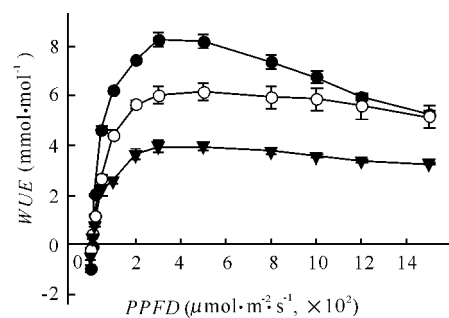


图3 叶片水分利用效率对光强的响应

Fig. 3 Responses of water use efficiency (WUE) to light intensity (PPFD) in leaves of *C. nitidissima* and accompanying species

●: 金花茶 ○: 九节木 ▽: 华润楠。
●: *Camellia nitidissima* ○: *Psychotria rubra* ▽: *Machilus chinensis*.

3 讨论

光合作用是植物重要的生理过程,光合作用强弱受到植物的遗传性和环境条件的影响。热带雨林树木阴叶和苗木的光饱和点和光合速率($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)分别为5~7和1.5~5,热带雨林树木阳叶和阴叶光饱和点($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)分别为400~1500和200~300,热带雨林树木阴叶和苗木的光补偿点($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)分别为2~5和5~10^[8],而一般植物的表观量子效率($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)在0.04~0.07之间^[9]。试验结果表明金花茶的光合能力弱,弱光下的量子效率较低,光补偿点也比较低但稍高于热带苗木,耐阴但极端阴生环境不利于其生长,

其光饱和点介于热带雨林树木阳叶和阴叶之间,80%左右隐蔽度的林下生境有利于金花茶的生长(图1,表1)。相对伴生植物九节木和华润楠而言,金花茶的光饱和点低,光补偿点高,适应的光强范围较狭窄,光和能力较弱,对弱光的利用能力也较差。杨期和等^[10]的研究结果表明,金花茶光饱和点和光补偿点都较低,分别为476.46和6.13 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,是一种典型的阴生植物。本试验结果与其基本一致。由于金花茶的光合作用在群落中处于低水平,且树冠比较稀疏,叶片数量相对较少,使得金花茶植株的总光合量较小,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。

光照是影响蒸腾作用的主要外界因子之一。当光强在光饱和点内,3种植物的净光合速率与蒸腾速率随光强变化曲线的变化趋势大致相同(图1-2),说明此时净光合速率和蒸腾速率间存在相互促进关系,在净光合速率持续上升的前提下,维持较为旺盛的蒸腾速率,为光合作用提供原料;超过光饱和点后,这种相互促进关系被打破,光合作用受到抑制,净光合速率开始缓慢下降,但蒸腾速率却直线上升。植物的水分利用效率反映出植物在蒸腾水分后干物质积累的情况,即反映植物代谢功能和植物生长与水分利用之间的关系^[11]。本文研究的3种植物的水分利用效率均在光强达光饱和点前的300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时达最大值,此后水分利用效率随光强增大呈逐渐下降趋势。与两种伴生植物相比较,大部分光强下,金花茶的净光合速率和蒸腾速率均低于两种伴生植物,水分利用效率高于两种伴生植物,但其水分利用效率在达到最高值后下降的幅度大于两种伴生植物,表明金花茶代谢较慢,并容易打破光水平衡。自然生境下,

金花茶均处于光强较弱的林下,很少能被高于补偿点的光强照到,保守的水分利用方式,不利于其光合速率的提高,较低的净光合速率使其在群落竞争中处于劣势地位。

参考文献:

- [1] 傅立国. 中国植物红皮书(第一册) [M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [2] 黄付平. 防城金花茶植物群落类型的研究[J]. 广西林业科学, 2001, 30(1): 35-38.
- [3] 宾晓芸, 唐绍清, 周俊亚, 等. 金花茶遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 武汉植物研究, 2005, 23(1): 20-26.
- [4] 韦霄, 蒋运生, 韦记青, 等. 珍稀濒危植物金花茶地理分布与生境调查研究[J]. 生态环境, 2007, 16(3): 895-899.
- [5] 张旺锋, 樊大勇, 谢宗强, 等. 濒危植物银杉幼树对生长光强的季节性光合响应[J]. 生物多样性, 2005, 13(5): 387-397.
- [6] Bassman J, Zwier J C. Gas exchange characteristics of *Populus trichocarpa*, *Populus deltoids* and *Populus trichocarpa* × *P. deltoids* clone [J]. *Tree Physiology*, 1991, 8: 145-159.
- [7] 温达志. 大气二氧化碳浓度增高与植物水分利用效率[J]. 热带亚热带植物学报, 2007, 5(3): 83-90.
- [8] 翟志习, 郭玉海, 马永泽, 等. 植物生态生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 67-78.
- [9] Long S P, Humphries S, Falkowski P G. Photo-inhibition of photosynthesis in nature [J]. *Annu Rev Plant Physiol Mol Biol*, 1994, 45: 633-662.
- [10] 杨期和, 李旭群, 杨和生, 等. 金花茶幼苗光合生理生态特性研究[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(2): 57-63.
- [11] 孙谷畴, 林植芳, 林桂珠, 等. 亚热带人工林松树¹³C/¹²C 比率和水分利用效率[J]. 应用生态学报, 1993, 4(3): 325-327.

(责任编辑: 尹 闯)

日本科学家研究鉴别出一种新型转录因子

日本科学家2006年利用逆转录病毒将4种转录因子: Oct3/4, Sox2, c-Myc, Klf4 导入已分化完全的小鼠纤维母细胞中, 将其重新编排变成全能性的类胚胎细胞, 并将这些“返老还童”的重编排细胞命名为诱导多能性干细胞, 即 iPS 细胞。iPS 细胞发表后震动了整个生物学界, 引发了全世界投入 iPS 细胞研究的热潮。iPS 技术绕开了胚胎干细胞研究面临的伦理和法律等障碍, 因而被视为是在医疗领域具有广阔应用前景的资源。然而近年来尽管科学家们对 iPS 细胞研究不断深入, 诱导转化生成 iPS 效率低下并且 c-Myc 基因和 Klf4 基因具有致癌性。这仍然是制约 iPS 临床应用的重大问题。最近, 日本科学家在最新的研究中对人类转录因子库进行了高通量筛选, 从中鉴别出了一种新型转录因子 Glis1, 用 Glis1 取代 c-Myc 与 Oct3/4, Sox2, Klf4 一起高效诱导小鼠和人类成纤维细胞重编程为 iPS 细胞。并证实相比于 c-Myc, Glis1 诱导生成的 iPS 细胞具有较低的致癌性。这些 iPS 细胞形态与胚胎干细胞极为相似, 而且可以表达与胚胎干细胞相似的标记基因。这些 iPS 细胞形移植到裸鼠中的成了畸胎瘤。随后的实验研究中, 科学家证实 Glis1 高表达于未受精的卵母细胞和胚胎单细胞中。DNA 芯片分析结果显示 Glis1 对细胞内多种促重编程信号通路包括 Myc, Nanog, Lin28, Wnt, Esrrb 以及间质上皮转化起推动作用。这一研究发现为我们提供了一个推动体细胞重编程的高效安全的新转录因子。

(据科学网)