

生态公益林不同树种光适应特征研究^{*}

邓 雄^{1,2}, 韩保新¹, 蔡楚雄³, 刘世平³, 曹洪麟²

(1. 国家环境保护总局华南环境科学研究所, 广东 广州 510655;

2. 中国科学院华南植物园, 广东 广州 510650;

3. 东莞市植物园, 广东 东莞 523079)

摘 要: 于广东省东莞市植物园 3 个不同郁闭度处理的生态公益林改造样地, 观测了 18 个树种光合响应曲线与生长量指标。并通过模型拟合求得其最大光合速率 (A_m)、光补偿点 (LCP)、光饱和点 (LSP) 以及表观量子产量 (Φ) 等光合参数以及它们之间的相关性, 根据这些参数推断其喜光和耐荫性。最后将这些树种的光适应性归溪 3 大类: 喜光类、喜光耐荫类和耐荫类。并根据这些树种的生长指标及其生物生态学特性, 提出在进行生态公益林林分改造的树种选择时应注意的问题: 一是根据不同林分选择相应的改造树种; 二是依据群落动态演替规律进行树种配置。

关键词: 生态公益林; 光合响应曲线; 耐荫性

中图分类号: Q945.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) S2-0240-05

生态公益林, 是指为人类生存、生活和社会经济持续稳定发展, 创造优良生态环境为目的的森林。长期以来, 由于国家没有相应的资金投入, 使得中幼龄林抚育与低效林改造成为林业工作最为薄弱的环节, 森林结构和质量问题十分突出, 主要表现为纯林多, 密度大。既严重影响林木正常生长, 又带来了发生森林火灾和病虫害的隐患。

目前从中央到地方都很重视生态公益林的保护和建设, 国家林业局下发了《国家重点生态公益林中幼龄林抚育及低效林改造实施方案》^[1], 广东省是全国第一个实施生态公益林效益补偿的省份, 于 2003 年下达了《广东省生态公益林效益补偿资金管理暂行办法》^[2]。有关生态公益林的研究在国外较早, 但在国内起步较晚, 而且大多停留在理论方面, 有关生态公益林林分光合作用的研究则更不多见^[3]。本文通过观测东莞市 18 个林分改造树种, 在不同郁闭度样地内的光合速率及其模拟响应曲线研究, 结合生长指标, 分析其光适应性, 为不同光照条件下的林分改造树种选择、不同林层的树种搭配等提供参考, 探讨公益林合理的树种组成和科学配置。

2 材料与方法

2.1 试验地概况

试验地点为东莞植物园, 地理位置约为北纬

22°57', 东经 113°45'。在园内的长排山、水濂山、尖平山等地段设置面积为 1 hm² 左右的林分改造试验样地。根据 3 个样地的现有林分状况, 于 2000 年冬将水濂山样地皆伐, 长排山样地疏伐至郁闭度为 0.3, 尖平山样地疏伐到郁闭度为 0.6, 并按株行距 2.5 m×2.5 m 植穴规格 50 cm×50 cm×50 cm 备耕, 于 2001 春在每个样地种植 50 个树种, 每个种 40~50 株, 并抚育 3 a, 每年 2 次, 主要进行除草、培土、施肥和补苗等工作, 以保证每个种有 20 株生长正常的植株供测。

2.2 光合作用测定

通过观测 18 个树种在不同郁闭度样地的光合速率及其模拟响应曲线, 分析其光适应性, 为不同光照条件的林分以及林分不同林层的树种搭配及选用提供参考。试验的树种有枫香 *Liquidambar formosana*、海南红豆 *Omosia pinnata*、红荷木 *Sciama wallichii*、密花树 *Rapanea neriifolia*、南洋楹 *Albizia falcata*、山杜英 *Elaeocarpus sylvestris*、中华杜英 *Elaeocarpus chinensis*、乌榄 *Canarium pimela*、锥栗 *Castanopsis chinensis*、樟树 *Cinnamomum camphora*、木菠萝 *Artocarpus heterophyllus*、乐昌含笑 *Michelia chapensis*、阴香 *Cinnamomum Burmanni*、白木香 *Aquilaria sinensis*、肖蒲桃 *Acmena acuminatissima*、铁冬青 *Ilex rotunda*、红胶木 *Tristania conferta*、鸭脚木

* 收稿日期: 2005-02-02

基金项目: 广东省星火计划 (2KB05901N) 资助项目

作者简介: 邓雄 (1975 年生), 男, 博士, 通讯联系人, 曹洪麟, E-mail: donald@scies.com.cn

Schefflera octophylla。不同样地每个树种的光响应曲线至少有 3 次以上的重复测定。

光响应曲线测定：通过遮盖不同密度的纱布以调节不同的光强，从 $2000 \sim 0 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$ 分 11 个梯度逐步降低，每次等到仪器数值稳定 $2 \sim 3 \text{ min}$ 开始记录，每个种 3 个样地的响应曲线各选 4 片叶作为重复测定，光响应曲线采用以下模型^[4,5]

$$A = a \times (1 - \exp^{b-c \times PPFD}) \tag{1}$$

这里 a 、 b 和 c 都是相应的参数。 a 代表饱和 PPFD 时最大同化率，设 $A=0$ 时，这个等式可用于求解光补偿点 (LCP)。设 $A=0.95a$ 时，利用非线性回归可以计算光饱和点 (LSP)。表观量子效率 (Φ) 可以用线性回归法求出。其中非线性回归用 Sigmaplot 软件分析，相关分析及其检验等数据处理都用 Excel 软件包进行。

气体交换指标测定：于 2003 年 4 月上旬，对 3 个样地 18 种树种气体交换指标进行观测，每个样地的每个品种都选取生长条件较为一致的植株 6

~10 株作为供试材料，随机选取受光条件好的、健康的成熟叶进行活体测定。于每天 7:00 至 9:00 植物光合作用较强的时候进行，每次 6~8 片叶。光合指标测定使用 LCA-4 型便携式光合测定仪 (ADC, 英国)，所得数据贮存在光合测定系统，再通过系统提供的数据输出端口输出到计算机转为 Microsoft Excell 格式文件。其中生理指标包括植物的净光合速率 (An)、蒸腾速率 (E)、气孔导度 (gs) 和胞间 CO_2 浓度 (Ci) 等，微气象参数包括光合有效辐射 (PFD)、气温 (Ta)、叶温 (Tl) 空气湿度 (RH) 等，并计算得出蒸汽压差 (VPD) 等，暗呼吸速率 (Rd) 则通过黑布遮盖叶室测得。每个样地树种的气体交换均有 3 次重复观测^[4,5]。

2 3 树种生长量调查

调查 18 个供测树种在 3 个样地的基径、树高、冠幅等生长情况 (详见曹洪麟等,《广东东莞生态公益林林分改造树种的早期生长适应性研究 I》,待发表)。

表 1 18 个树种的气体交换参数¹⁾
Tab 1 Gas exchange parameters in leaves of 18 plants

树种	An	LCP	LSP	Rd	Φ
乌榄	7.54±1.55	50.3±10.22	1056±103	1.33±0.11	30.33±2.99
密花树	8.34±1.58	18.85±3.55	768±89	0.87±0.14	71.33±7.33
木菠萝	9.23±1.98	37.25±5.66	1236±105	2.12±0.35	39.68±3.11
枫香	8.98±1.56	66.3±10.32	1436±153	2.68±0.44	23.56±2.55
海南红豆	7.25±1.35	34.35±5.66	1133±102	1.66±0.34	45.3±5.33
中华杜英	11.69±1.86	35.35±5.36	1005±112	2.35±0.55	44.6±3.66
樟树	14.68±2.11	28.36±3.45	988±95	1.40±0.35	64.35±5.36
山杜英	15.35±2.31	55.36±6.65	1268±102	2.15±0.21	29.32±6.35
锥栗	17.63±1.98	23.36±2.66	1368±98	1.06±0.15	60.55±5.68
红荷木	18.62±2.34	31.65±3.68	1324±320	2.23±0.54	36.35±6.35
南洋楹	20.65±2.65	56.56±8.36	1356±113	3.35±0.55	25.65±3.55
乐昌含笑	15.66±2.66	48.99±7.33	1366±214	2.04±0.33	30.33±3.05
阴香	8.66±2.33	44.33±6.33	1203±143	1.86±0.28	49.66±3.66
鸭脚木	10.25±1.22	28.33±3.33	1136±148	0.87±0.12	46.66±6.88
红胶木	13.66±2.33	55.36±7.36	1325±125	2.36±0.42	17.33±2.11
肖蒲桃	13.22±1.66	16.33±1.33	599±78	0.66±0.22	71.22±4.33
铁冬青	9.66±1.15	38.33±2.66	987±89	1.03±0.15	42.33±5.33
白木香	11.33±1.33	19.55±2.33	879±79	0.79±0.11	65.66±6.33

1) 表中 An 为光响应曲线最大光合速率 PPFD($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$); LCP 为光补偿点; LSP 为光饱和点; Φ 为光量子效率($\text{molCO}_2\cdot\mu\text{mol}^{-1}\text{Photon}$); Rd 为暗呼吸速率

3 结果与分析

3.1 光合响应曲线参数与各树种的耐荫性

通过 (1) 式对其光合响应曲线的模型拟合，得到 18 个树种的 An 、 LCP 、 LSP 、 Φ 等光合参数 (见表 1)。耐荫植物为了适应低光照强度，充分利

用有限的光能，其光合机能逐渐进化为对光能的高敏感度，以便提高光能的利用效率，这是植物对外界光照环境的一种适应，这样，它们的光补偿点 (LCP) 通常较低，同时暗呼吸速率 Rd ^[4,5] 也较低，但它们的光量子产量 (Φ) 则相对较高。对多数耐荫植物来说， LCP 低，它的 LSP 也较低。喜光植

物则多数同时具有较高的 LCP 和 LSP 。但是如果该植物既喜光又耐荫, 则它可能在拥有较高的 LSP 同时却具有相对较低的 LCP 、 R_d 和 Φ ^[4,5]。

根据对试验涉及的 18 个生态公益林林分改造树种的光合参数测定, 并参考其生长指标, 以及其它文献对这些树种的生物生态学特性介绍, 我们将这些树种的光适应性分为 3 大类: 喜光类、喜光耐荫类和耐荫类。当然这种分类的界线并非绝对^[6,7]:

3.1.1 喜光类 通常具有较高的 Am 、 LSP 、 LCP 和 R_d , 较低的 Φ 值。其中最典型的为强阳性树种南洋楹, 其光曲线最大光合速率 Am 为所有树种中最高 (20.65 ± 2.65) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 同时具有较高的 LSP 和 LCP , 分别为 (1356 ± 113) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 (56.56 ± 8.36) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 其 R_d 为 (3.35 ± 0.55) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 而 Φ 则较低, 为 (25.65

± 3.55) $\text{molCO}_2 \cdot \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{Photon}$, 符合阳性植物的光合特性。南洋楹为含羞草科常绿大乔木, 具有喜光不耐荫, 抗风力弱等特性, 在我国生态公益林改造时, 可作为最上层遮荫树种点缀种植, 但不宜成片造林。

此外, 根据这些树种的光曲线参数值可知, 喜光的树种还有枫香、红胶木、山杜英等。其中红胶木也是外来强阳性速生树种, 具有喜光特点, 可作为本区域生态公益林改造树种, 但不宜大量种植; 枫香的最大光合速率虽然不高, 但具有极高的 LSP 和 LCP 及极低的 Φ 值, 也是喜光树种, 具有喜光、耐旱等特性, 是本地区生长较快的乡土树种之一, 可作为本区域生态公益林改造推广种植; 山杜英具有喜光、耐寒耐旱等特性, 是良好的生态公益林树种。

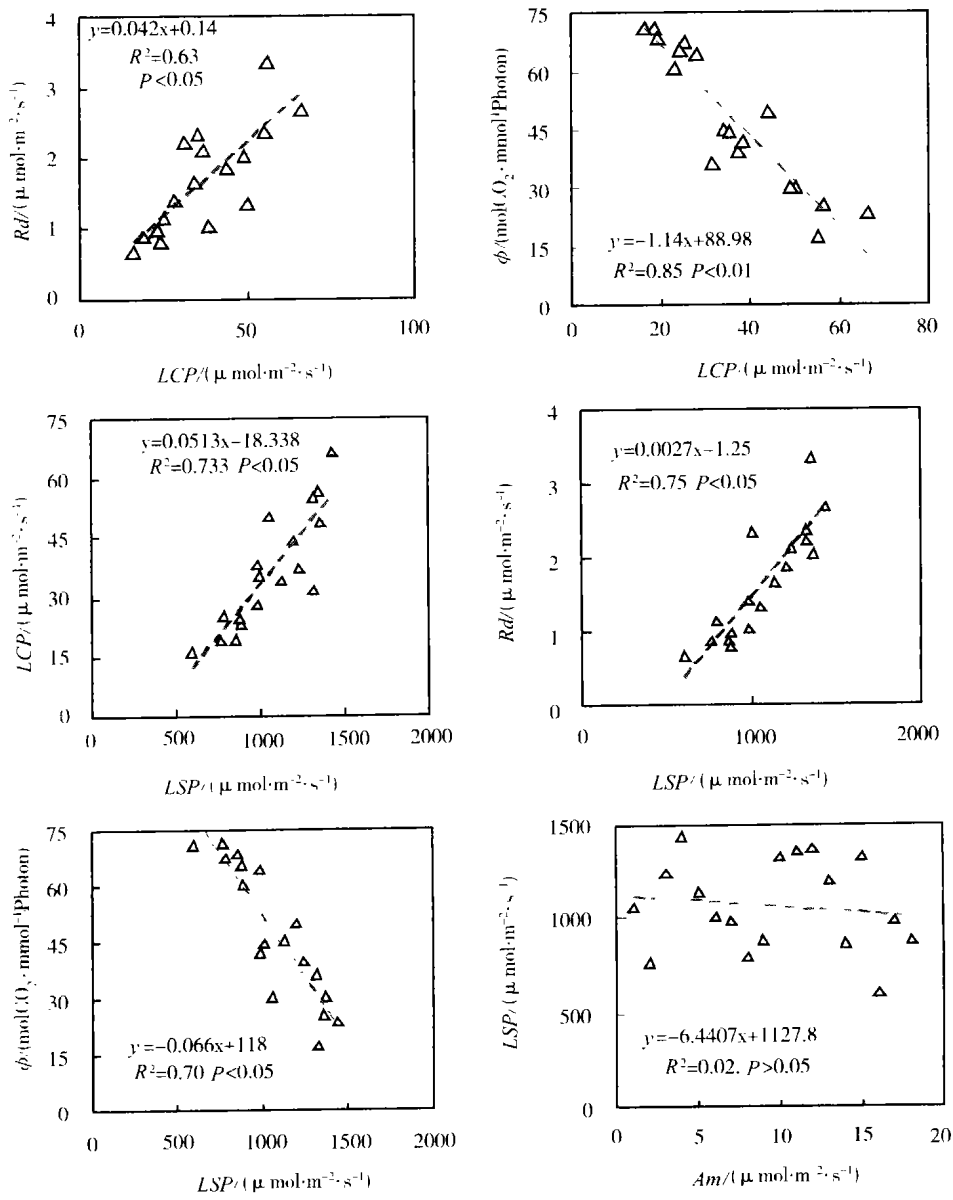


图 1 18 个树种的光合响应曲线参数的相关性

Fig 1 The correlations among the parameters in light curves of the 18 wood species

3.1.2 喜光耐荫类 锥栗、樟树、红荷木以及鸭脚木等虽然也是阳性植物,具较高的 An 和 LSP ,同时却兼具耐荫植物所具有的很低的 LCP 和较高的 Φ ,和这些树种在地带性森林群落中的表现相吻合,这些树种在群落中通常为最上层的乔木树种,显示其阳生性质,但同时也可在林下层甚至草本苗木层发现其踪迹,说明其也具有早期耐荫的特点,这也是这些树种成为群落优势种和建群种的原因之一,是生态公益林林分的主要树种,可大力推广。这类树种在所测定的 18 个树种中占大多数,根据其各光曲线参数的大小分为趋喜光树种和趋耐荫树种,前者具有较高的 LSP 和较低的 Φ 值,如乌榄、阴香、木菠萝、乐昌含笑等,后者则具有较低的 LCP 和较高的 Φ 值,如海南红豆、中华杜英、铁冬青等。其中乌榄的 LCP 和 LSP 都较高,而其 Rd 绝对值虽然不高,但是相对于其更低的光合速率而言,本树种的 Rd 相对仍较大,且其 Φ 也较低,是一种趋喜光的植物,在本地带的森林群落中常处于上层乔木,但各层均有分布,是值得推广的生态公益林树种;而阴香、铁冬青、中华杜英、海南红豆等树种是本地带森林群落中处于中下层的乔木树种,有时也可达上层林冠,是组成中下层林冠的主要种类,因此,也应推广种植;乐昌含笑分布于我国中亚热带常绿阔叶林中,具喜光、喜肥、喜湿等特性,在南亚热带地区造林宜选择在水肥条件良好的沟谷开阔地段种植;木菠萝则是乔木果树,多以孤立木形式种植于庭园路旁等,因此不适宜作为林分改造树种推广。

3.1.3 耐荫类 耐荫类树种的主要特性是具有极低的 LCP 和 LSP 及极高的 Φ 值,所测定的 18 个树种中较明显的有密花树、肖蒲桃和白木香等,这些树种有群落中常处于中下层林冠,但密花树在灌丛林中也可处于上层林冠,对水湿条件的要求也一般较高,可种植于山坡下部及沟谷地带,上层林冠的郁闭度可保持较大。此外,樟树、鸭脚木的 LCP 也较低, Φ 值较高,因此这些树种的幼树阶段也较耐荫的种类,其造林立地要求与前三者较一致。

3.2 几个光合参数之间的关系

通过 18 个树种的 An 、 LCP 、 LSP 、 Φ 等光合参数的相互拟合,可以得到它们之间的相关性。其中 LCP 与 Rd 呈显著正相关,而与 Φ 呈显著负相关 ($P < 0.05$)。 LSP 与 LCP 及 Rd 呈显著正相关 ($P < 0.05$)。 Φ 与 LSP 却成显著负相关。 An 与 LSP 相关不显著。这些和以往的研究都相一致^[6,7]。这些结果也支持了前面通过光合响应参数来推断树种

喜光和耐荫性的可行性。

4 讨 论

从本试验结果可知,不同树种具有不同的光适应特性,有喜光的也有耐荫的,因此,在进行生态公益林林分改造时,应针对不同的林分类型及立地条件,选择相应的改造树种。

对原有林相较好的林分进行改造时,应多选择喜光耐荫树种和耐荫树种。因为对生态公益林的改造不同于一般商品林造林,不能实行皆伐作业,而应最大限度地保持原有林分的生态效益不发生大的改变,因此,只能实行适量的疏伐作业,供新造林木生长的空间有限,所选择的树种也就不适宜用强阳性树种。

对原有林相较差的林分或疏残林进行改造时,可适当搭配喜光树种和喜光耐荫树种,尽量少用耐荫性强的树种。原有林相较差,上层林冠的郁闭度较小,有利于喜光树种的速生快长,而喜光速生树种的快速生长也为喜光耐荫树种提供所需的荫蔽条件,也能同时促进这类树种的正常生长发育,从而达到改造林分的目的。

根据群落动态演替规律进行树种配置。生态公益林林分改造的目的就是通过人为措施,促进林分向地带性森林群落演替,因此,在进行树种选择时,需依据本地带森林群落的组成与结构来配置改造树种,适当配置不同层次的树种,有利于尽早形成稳定的森林群落。

参考文献:

- [1] 潘存德.实践可持续发展的哲学基础[J].北京林业大学学报,16(增刊1):15-22.
- [2] 王登峰,曹洪麟.东莞市主要植被类型与生态公益林建设[J].广东林业科技,1999,15(2):22-28.
- [3] 蔡楚雄,邓雄.18个树种叶绿素荧光在不同郁闭度生态公益林中的变化[J].中山大学学报(自然科学版),2005,44(增):222-225.
- [4] 邓雄,李小明,张希明,等.多枝怪柳气体交换特性研究[J].生态学报,2003,23(1):180-187.
- [5] LONG S P, HÄLIGREN J E. Measurement of CO_2 assimilation by plants in the field and the laboratory // Coombs J et al, eds. Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis [M]. Oxford: Pergamon Press, 1987: 62-94.
- [6] MCDOWELL S C L. Photosynthetic characteristics of invasive and noninvasive species of Rubus (Rosaceae) [J]. Am J Bot, 2002, 89(9): 1431-1438.
- [7] 孔国辉,陈宏通,刘世忠,等.广东园林绿化植物对大气污染的反应及污染物在叶片的积累[J].热带亚热带植物学报,2003,11(4):297-315.

The Characteristics of Light Acclimation for the Wood Species in Ecologic Forest

DENG Xiong^{1,2}, HAN Bao xin¹, CAI Chu xiong³, LIU Shi ping³, CAO Hong ling²

(1. South China Institute of Environment, State Environmental Protection Administration, Guangzhou 510655, China;

2. South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;

3. Dongguang Botanic Garden, Dongguang 523079, China)

Abstract: In Dongguan Botanic Garden, Dongguan, Guangdong, the characteristics of light acclimation and growth rate for 18 wood species in ecologic forest were studied. The photosynthetic parameters and their correlation among them, for example, maximum net photosynthesis (A_m), light compensation point (LCP), light saturating point (LSP) and apparent quantum yield (Φ) et al. were obtained from some empiristic equations and models. With view of those parameters, the characteristics of light preference of those wood species were deduced. Those species were divided into three groups in view of their light acclimation: sun; sun and shade tolerant; shade tolerant. According to the light acclimation and growth rate, consult some references, advices were put forward to the protection, rebuilding and building of ecological forest, as follows: choosing the adaptive species according to the different forest, and configuring species in light of dynamic succession and trend of communication.

Key words: ecological forest; photosynthetic responsive curve; shade tolerant