

鼎湖山厚壳桂群落光合特性的研究*

张 祝 平

(中国科学院华南植物研究所)

摘 要

本文根据鼎湖山自然保护区季风常绿阔叶林厚壳桂群落的组成种类和成层结构,分层测定了主要植物种类的光合速率,研究了光合作用与群落结构所形成的生境之间的关系。结果表明,共居于同一层中的不同种类,其光合速率各异,这反映了不同植物种类之间在生态习性和生理机能上的差异;分布于不同层次的植物种类,其光合速率差异更大,反映植物处于不同生境条件的差异。植物的光合性能受外界环境和群落结构形成的生境所支配,证明群落的光合能力取决于群落结构特征及其功能。

一、前 言

鼎湖山季风常绿阔叶林是本区的地带性代表类型,其中厚壳桂群落保存得较完好,它经过长期的自然演替发展,已达到相对稳定的阶段。我们于1984年11月测定了本群落的主要植物种类,研究了群落的结构特征,探索种群和群落的光合性能,以期为绿化造林和人工配置提供资料。

二、生境特点和群落概况

鼎湖山自然保护区地处南亚热带,属亚热带湿润季风气候型,年平均气温 21°C ;年平均降雨量 1927.3 mm ,相对湿度 80% ,年蒸发量 1095 mm 。

厚壳桂群落分布于二宝峰、三宝峰和庆云寺周围。观测点选在林地中间的三宝峰半山腰(即气象观测塔附近),坡向北东 34° ,坡度 35° ;海拔 320 m ;地形起伏,环境闭塞;母岩为砂岩;土壤为砖红壤性红壤,土层薄,一般为 30 cm 。

群落结构复杂,成层现象明显,可分为五层,其中乔木三层,灌木一层,草本及苗木一层,此外还有许多藤本植物和附生植物等层间植物。组成种类以常绿树种占绝对优势,大部分属于热带、亚热带成分。

* 本研究得到王铸豪研究员和何道泉、丁明懋副研究员的指导,谨表谢意。

三、测定内容和方法

(一) 测定群落各层主要植物的光合速率、光合有效辐射通量、气温和空气 CO₂ 浓度。

(二) 使用仪器和测定方法:

1. 光照强度的测定用 ST-III 型照度计(北京师范大学光电仪器厂制)和 PANLUX 照度计(联邦德国制造);光合有效辐射通量强度的测定用积分量子辐射照度计(LI-188B Integrating Quantum Radiometer Photometer)。

2. 气温和空气相对湿度的测定用 DHM2 型通风干湿表(天津气象海洋仪器厂制)。

3. 叶面积的测定用面积仪(LI-3000 Portable Area Meter)。叶面积指数的测定用垂直吊线法。

4. 光合速率的测定用 QGD-07 型红外 CO₂ 分析仪(北京分析仪器厂制)和自制开放气路的叶室,分别测定通过叶室内与叶室外的气体 CO₂ 浓度,以其浓度差进行计算。测定光合作用日进程的时间为每天 6、8、10、12、14、16、18 时,取 4—5 天的平均值。

5. 计算:

$$(1) \text{ 光合速率 } F_n = \frac{\Delta c \cdot V}{A \cdot 10^3} \times \frac{44}{22.4} \times \frac{273}{273 + T} \times \frac{P}{760}$$

$$(2) \text{ 净同化率 } \text{NAR} = \frac{0.67t \cdot F_n}{10^3}$$

式中: Δc ——叶室内、外气体 CO₂ 的浓度差;

V ——叶室内气体流量 (l/h);

A ——叶面积 (dm²);

44——摩尔 CO₂ 重量 (g);

22.4——标准状态下,摩尔气体的体积 (l);

T ——叶室温度 (°C);

P ——大气压 (mmHg*);

F_n ——净光合速率 (mgCO₂/dm² · h⁻¹);

0.67——克 CO₂ 换算干物质重 (g)^[4];

t ——持续时间 (h);

NAR——净同化率 (gWd/dm² · d⁻¹)。

6. 测定的植物种类,按群落的成层结构分五层,每层选 2—3 个植物种,每种都确定测定部位的高度,并选发育健全的叶片进行测定。

四、结果与分析

(一) 主要植物种类的光合特性

在本群落中,各种植物对光照强度的适应范围不同,其光合速率亦不相同。阳性树种锥栗喜光,故林下幼苗极少,光合速率最高。耐荫树种华润楠、黄果厚壳桂、厚壳桂等,能

* 1mmHg = 133.322 Pa.

忍受一定的弱光,分布于各层,种群年龄不一,幼苗期需要遮荫,以后随年龄的增长对光的要求渐高,有些个体已进入了第一层乔木,但其高度和光合速率适于同层的锥栗。林下阴性植物,如双盖蕨等,能忍受很弱的光照,在光合有效辐射相对强度1—5%的条件下生长繁茂。主要植物的光合速率如表1。

在群落内,生活在同一生境和一定高度的植物,组成一个层次。从表1可以看出,共居于同一层次的植物种类,在光照、温度、湿度等基本相似条件下,其光合速率各异:第一层阳性树种锥栗与耐阴性树种华润楠、黄果厚壳桂有明显差别;第二层耐阴性树种之间——黄果厚壳桂与厚壳桂亦有差别;第三层耐阴性更强,差别较少;林下灌木草本多为阴性植物,种间差异比较微弱。同层植物种间光合速率的差异表明其固有的光合性能,与其基因型在生态遗传习性和生理机能上的差别有关。

表1 主要植物平均光合速率日变化和净同化率

Table 1 The daily variation of the average photosynthetic rates ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) and net-assimilation rates ($\text{g Wd} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)

层次 Layers	植物种名 Species	树高 Height (m)	测定位置高度 (m) Height of the measured position	平均光合速率日变化 Daily variation of average photosynthetic rates						日平均光合速率 Daily average photosynthetic rates	净同化率 Net-assimilation rates
				6时	8时	10时	12时	14时	16时		
乔木层 Arbor layer	锥栗 <i>Castanopsis chinensis</i>	20	17	3.92	9.60	10.53	10.47	7.54	5.46	7.92	0.064
	华润楠 <i>Machilus chinensis</i>	16	12	3.12	4.81	5.66	7.43	8.60	4.77	5.73	0.046
	黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	15	11	2.44	5.52	6.36	5.88	4.95	5.17	5.05	0.041
	平均 AV			3.16	6.64	7.52	7.93	7.03	5.13	6.23	0.050
	黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	13	10	2.06	4.55	5.73	6.65	5.19	3.69	4.65	0.037
	厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	11	10	2.07	3.16	3.42	4.38	4.39	3.52	3.49	0.028
	平均 AV			2.06	3.86	4.57	5.52	4.79	3.61	4.07	0.033
	云南银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	6	3	0.91	1.78	4.54	4.23	5.21	1.75	3.07	0.025
	黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	3	2.8	1.36	1.83	4.41	6.47	4.86	1.51	3.41	0.027
	平均 AV			1.14	1.81	4.47	5.35	5.04	1.63	3.24	0.026
灌木层 Shrub layer	柏拉木 <i>Blastus cochinchinensis</i>	1.7	1.5	0.94	0.98	1.53	1.27	1.03	0.96	1.12	0.009
	黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	1.5	1.4	1.02	1.35	2.01	2.27	1.73	1.20	1.60	0.013
	平均 AV			0.98	1.17	1.77	1.77	1.38	1.08	1.36	0.011
草本苗木层 Herb and seedling layer	双盖蕨 <i>Diplazium donianum</i>	0.2	0.2	0.22	0.68	1.01	0.96	0.80	0.30	0.66	0.005
	黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	0.2	0.2	0	1.64	1.21	2.03	1.61	1.04	1.26	0.010
	平均 AV			0.11	1.16	1.11	1.49	1.21	0.67	0.96	0.008

(二) 群落的光合能力与环境的的关系

群落垂直结构的各层次有不同的生境特点,与该层植物的光合速率极为密切,从表1

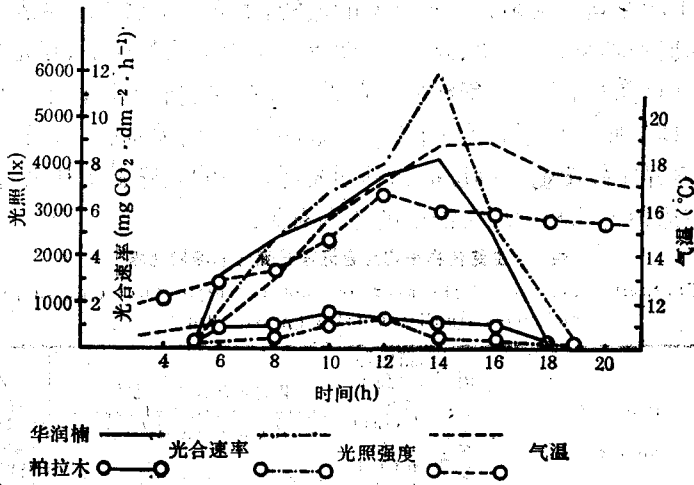


图1 华润楠、柏拉木光合速率与光照强度、气温的比较和日变化

Fig. 1 The daily varied curves of light intensity, air temperature and the photosynthetic rates of *Machilus chinensis* and *Blastus cochinchinensis*

表2 厚壳桂群落内光合有效辐射通量强度 ($\mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$)

Table 2 The vertical distribution of the photosynthetically available radiation

层次 Layers	测定高度 (m) Measured height	光合有效辐射通 Daily variation of the photosynthetically							
		6 时		8 时		10 时		12	
		入射 Radiation	相对强度 Relative rate (%)	入射 Radiation	相对强度 Relative rate (%)	入射 Radiation	相对强度 Relative rate (%)	入射 Radiation	相对强度 Relative rate (%)
乔木层 Arbor layer	I	20	29	54.72	552	64.41	940	66.81	1410
	II	16	12	22.64	260	30.34	310	22.03	220
	III	9	6	11.32	26	3.04	107	7.61	77
灌木层 Shrub layer	IV	2	3	5.66	8	0.93	21	1.49	21
草本苗木层 Herb and seedling layer	V	0.5	2	3.77	6	0.70	16	1.14	16
林下地面 Ground in forest			1	1.89	5	0.58	13	0.92	12
1-V层 合计 Total			52		852		1394		1744

* 每次测定均为 100 s 积分,林下地面用水平拉线移动 100 s 积分; ** 用吊线法测算叶面积指数,在树冠上拉一定局限性,但可说明各项指标的数量级。

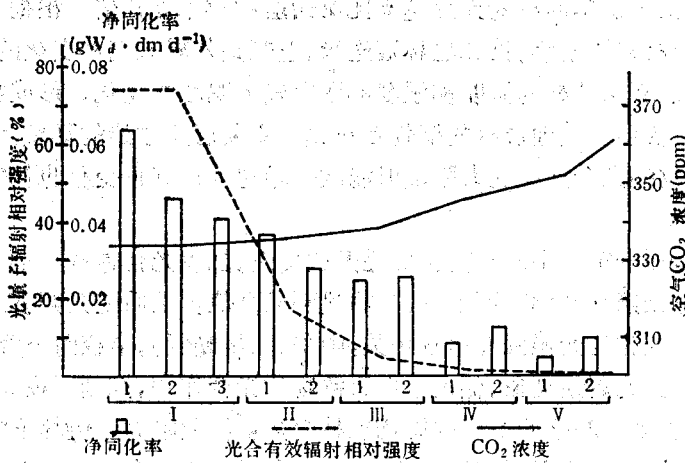


图2 群落各层主要植物净同化率与光合有效辐射相对强度、CO₂浓度的梯度变化

Fig. 2 The vertical variation of relative light intensity, CO₂ concentration and net-assimilation rates of major plants in the several strata of community

- I——1. 锥栗 2. 华润楠 3. 黄果厚壳桂 II——1. 黄果厚壳桂 2. 厚壳桂
 III——1. 云南银柴 2. 黄果厚壳桂 IV——1. 柏拉木 2. 黄果厚壳桂
 V——1. 双盖蕨 2. 黄果厚壳桂

可见,由上层至下层植物的光合速率成梯度递降。这种层间差异,显然不单是植物种的光合能力,而且涉及群落的成层结构及其生境的关系。

和叶面积指数 (m² · m⁻²) 的垂直分布

flux intensity and the leaf area index in *Cryptocarya chinensis* community

量强度日变化* available radiation flux intensity							日平均 Day average		叶面积 指数** Leaf area index
时	14时		16时		18时		入射 Radiation	相对强度 Relative (%)	
相对强度 (%) Relative rate	入射 Radiation	相对强度 (%) Relative rate	入射 Radiation	相对强度 (%) Relative rate	入射 Radiation	相对强度 (%) Relative rate			
80.30	1090	82.83	81	58.70	20	43.76	588.86	73.97	7
12.53	152	11.55	25	18.12	12	26.26	141.57	17.78	2.79
4.38	45	3.42	16	11.59	7	15.32	40.57	5.10	2.36
1.20	14	1.06	7	5.07	4	8.75	11.14	1.40	2.35
0.91	9	0.68	5	3.62	2	4.38	8.00	1.00	2.50
0.68	6	0.46	4	2.90	0.7	1.53	5.96	0.75	
	1310		134		45		796.10		17

条尼龙绳,每隔 3m 垂直吊一条尼龙线,14条尼龙线平均所碰到的叶子数为该林地的叶面积指数。这些测定难度大,有

图 1 表明, 第一层华润楠的光合速率比第四层柏拉木高几倍。根据本群落的水平和垂直结构, 第一层林冠不连续, 第二层林冠连续, 它们是外界大气候变化的“作用面”, 因其能遮蔽阳光的照射而保持林内温度和湿度不致有较大幅度的变化, 形成特殊的森林小气候, 这是群落的主要层。其他层次的植物都有赖于主要层所创造的环境而生存, 是群落的次要层。各层植物的光合速率随太阳辐射能减弱而递减; 其日变化也伴随着光照强度和温度的变化而波动。

气温的变化, 在一定范围内升高会促进光化反应, 加快光合速率。早上日出前林内气温最低, 日出后随光照强度增高而上升, 午后达到最高值, 然后随光照强度下降而缓慢地降低(林下气温的变化与光照强度呈正相关, 中午高、早晚低), 半夜时下降速度加快, 形成昼夜温差较大。气温的周期现象, 促进了白天植物的光合作用, 抑制了夜间的呼吸作用, 有利于植物的生产积累。群落的多层结构增加林内热量扩散阻力, 使林下气温处于相对稳定状态, 表现出上层气温比下层变幅大的特点, 与各层植物光合速率日变化相适应。这种调节森林气温特点, 使各层植物更充分利用热量进行光合作用。

林内光合有效辐射通量强度受群落结构特征支配, 表现为层层吸收, 逐层减弱。

表 2 说明, 光合有效辐射相对强度 96.85% 投在群落乔木层, 灌木草本层为 2.40%, 林下地面只占 0.75%。第一二层乔木与外界相接, 其光合有效辐射相对强度在日变化中一直占居首位, 中午最高; 第三层以下被一二层遮光, 日变化始终比上层低, 中午最低, 在午前后因太阳辐射角度和林地坡度的关系, 早晚比较高, 这与光质, 群落结构和叶片成分、构造、含水量等有关, 尤其与群落叶面积指数的关系更为直接。叶面积指数的垂直分布决定了光合有效辐射通量强度的分布。乔木层以直射光为主, 灌木草本层以散射光为主, 只有在午前后得到直射光的光斑光点较多。直射光在林内分布不均匀, 日变幅较大; 散射

表 3 厚壳桂群落中 CO₂ 浓度梯度变化

Table 3. The vertical variation of CO₂ concentration (ppm) in several strata of *Cryptocarya chinensis* community

层 次 Layers	高度 Height (m)	时间 (hrs)							日平均 Day AV	夜平均 night AV	
		6	8	10	12	14	16	18			
林冠层 Canopy layer	22	343.25	352.67	346.25	328	324	324	322.75	334.42	339	
乔木层 Arbor layer	I	20	344	353.33	345.25	326	322.75	324	323.25	334.08	336
	II	16	349.75	356	346.25	327	325.25	324	325.50	336.25	339
	III	9	355	357.33	347	333	329.25	328	325.50	339.30	343.50
灌木层 Shrub layer	IV	2	359	363	350.25	337	336	338.75	342	346.57	355
草本苗木层 Herb and seedling layer	V	0.5	377	363	351.25	347	336	343.75	350	352.57	365.75
枯枝落叶层 Litter layer			411	379.67	352	373	351	362	366.75	370.77	382
表土层 Soil layer			418	384.83	363	379	373	379.50	386	383.33	397.75

光分布比较均匀,日变幅较小,故下层比上层变幅平缓。从图 1 可见下层柏拉木的光照强度日变化曲线比上层华润楠的曲线平缓。各层植物光合速率随着光合有效辐射通量的变化而变化。因此,上层乔木从 10 时至 14 时可以充分利用强光进行光合作用;下层植物在光照日变幅平缓的条件下也能充分利用弱光进行光合作用。

图 2 为各层植物净同化率与光合有效辐射相对强度的关系,表明虽然植物的净同化率由上而下逐层递降,但对光的利用则下层植物比较充分。

林内空气中 CO_2 浓度日变化与植物的光合速率和呼吸速率关系也很密切,白天随植物光合速率升高而降低,黑夜随呼吸速率升高而升高,到 20 时左右则保持相对稳定。林内各层空气 CO_2 浓度从上而下呈梯度递增(如图 2 和表 3)。从表 3 可以看出林下枯枝落叶层和地面表土层的 CO_2 浓度特别高。这与枯枝落叶较厚而释放大量 CO_2 有关。

群落的垂直结构包括地上、地下和凋落物的覆盖,具有较高的保土保水能力。在干季林内山沟仍有流水,下层空气相对湿度比上层高,植物可常年生长。整个群落的光合特性受外界环境和群落结构形成的生境所支配,说明群落的光合能力取决于群落结构的特征和功能。

五、结 语

本群落种类丰富,结构复杂,对光照、热量和水湿等自然资源的利用较充分,净同化率比较高,有一定生态和经济价值。锥栗为阳性树种,在造林配置上可作上层树种。华润楠、黄果厚壳桂和厚壳桂都是耐阴性树种,可作中、上层配置,也可用于改造疏林。这些地方性阔叶树种适合南亚热带丘陵坡地,可营造水源林、薪炭林和用材林。

参 考 文 献

- [1] 王铸豪等,1982: 鼎湖山自然保护区的植被。热带亚热带森林生态系统研究,第 1 集,77—141 页。
- [2] 黄展帆、范征广,1982: 鼎湖山的气候。热带亚热带森林生态系统研究,第 1 集,11—16 页。
- [3] H. A. 叶菲莫娃(王炳忠译),1983: 植被产量的辐射因子。气象出版社。
- [4] Larcher, W., 1975: *Physiological Plant Ecology*.

A STUDY ON CHARACTERISTICS OF PHOTOSYNTHESIS IN *CRYPTOCARYA CHINENSIS* COMMUNITY OF DINGHU SHAN

Zhang Zhuping

(South China Institute of Botany, Academia Sinica)

Abstract

The photosynthetic rates of main component species of *Cryptocarya chinensis* community and the associated ecological factors in monsoon evergreen broad-leaf forest on Dinghu Shan were studied.

The results showed that the different photosynthetic rates were observed among species on the same layer of community, and it was in relation to their ecological characteristics and physiological functions. The vertical pattern of photosynthesis was consistent with the changes of light intensity, temperature in the community. It indicated that the photosynthetic capacity of community was dependent upon its structure characteristic and function.