

电白人工林主要建群植物 的生理生态特性研究

邓瑞文 余作岳

张隆芬 陈天杏

(中国科学院华南植物研究所)

广东电白县小良人工林生态系统定位研究站位于北纬 $21^{\circ}27'49''$ ，东经 $110^{\circ}54'18''$ ，属热带北缘地区，平均温度 23°C ，夏季雨量丰富，冬季比较干旱，年雨量1500—1800毫米。该地区原生植被是热带常绿季雨林，由于长期的人为破坏，原有森林已不存在，水土流失严重，土壤肥力很低^[1]。因此，恢复本地区的森林植被是当前极其迫切的任务。经过我所与当地科技人员多年的努力，现初步建立起有70个科、230个属、330多个种的多层阔叶混交林，其中豆科植物种类最多，有70余种，其次是楝科、壳斗科、棕榈科、使君子科、瑞香科等，这些植物大多数是1973—1975年种植。

为了促进生态系统的平衡和发展，有效地提高林地生产力，建立更理想的林型结构模式，我们从1982年开始，对现有的主要建群树种的生理生态特性进行了初步研究，测定了8个树种的光合、呼吸、蒸腾作用和叶片含水量的变化以及一些豆科植物根瘤的固氮活性。

试验材料与方 法

试验材料多选用7—9年生的标准树(檀香为6年生)，这些植物是：

- | | |
|----------|--|
| 1. 大叶相思 | <i>Acacia auriculaeformis</i> |
| 2. 新银合欢 | <i>Leucaena leucocephala</i> CV. <i>salvador</i> |
| 3. 沙 椏 | <i>Aphanamixis polystachya</i> |
| 4. 铁刀木 | <i>Cassia siamea</i> |
| 5. 黑 格 | <i>Albizia odoratissima</i> |
| 6. 白木香 | <i>Aquilaria sinensis</i> |

注：馮咏梅，黃國雄參加部分工作

7. 檀 香 Santalum album

8. 窿缘桉 Eucalyptus excerta

光合作用和呼吸作用的测定采用我们自己设计的叶室和北京分析仪器厂生产的红外线二氧化碳分析仪, 用气体交换法进行连体测定^[3,7,11], 每年测定四次, 分别在一月(冬季)四月(春季)、七月(夏季)、十月(秋季)进行, 每天测定6—7次, 每隔两小时测定一次, 每次3—5个重复。呼吸作用的测定是在光合作用测定后用黑布罩上接着进行。叶绿素含量用Arnon法测定^(4,10)。豆科植物根瘤菌的固氮活性采用乙炔还原法测定⁽²⁾, 蒸腾强度的测定用重量法, 与光合作用强度的测定同时同地进行。

试验结果

一、植物的水分状况

1. 植物叶片含水量的变化 从表1可以看出, 叶片含水量日平均值较高的是白木香(68.7%)和新银合欢(68.2%)。最低是窿缘桉, 只有57.6%。含水量日变化最大是沙桉5.7%, 变化最小的是新银合欢1.5%。

表1 植物叶子含水量的变化
Table 1 Daily variation of water content in the plant leaves %

植物 时间	檀 香	新银合欢	白木香	窿缘桉	沙 桉	黑 格	大叶相思
8 时	63.3	69.3	71.7	58.5	69.4	62.2	67.9
10 时	62.3	68.2	69.3	57.3	68.0	61.0	67.8
12 时	61.9	68.2	68.2	/	68.0	60.7	67.4
14 时	61.5	67.7	67.1	57.2	67.0	59.9	65.8
16 时	61.7	68.0	67.7	56.4	63.7	59.5	66.4
18 时	61.3	68.0	68.2	58.3	66.7	59.2	66.8
日平均	62.0	68.2	68.7	57.6	67.1	60.4	67.0

2. 植物的蒸腾 植物的蒸腾强度因植物的形态和结构而有所不同, 并显著受外界环境的影响, 所以呈现日变化和季节变化规律(见图1和表2)。

从图1可见, 叶子的蒸腾强度一般早晚比较低, 午后较高, 蒸腾强度的峰值多出现在14时或12时。

由于电白冬季气候干燥, 夏季气候炎热, 故春夏季蒸腾作用较强, 而秋冬季蒸腾比较低些。表2列举的8种植物中, 蒸腾强度最高的是新银合欢和窿缘桉, 最低的是白木香。

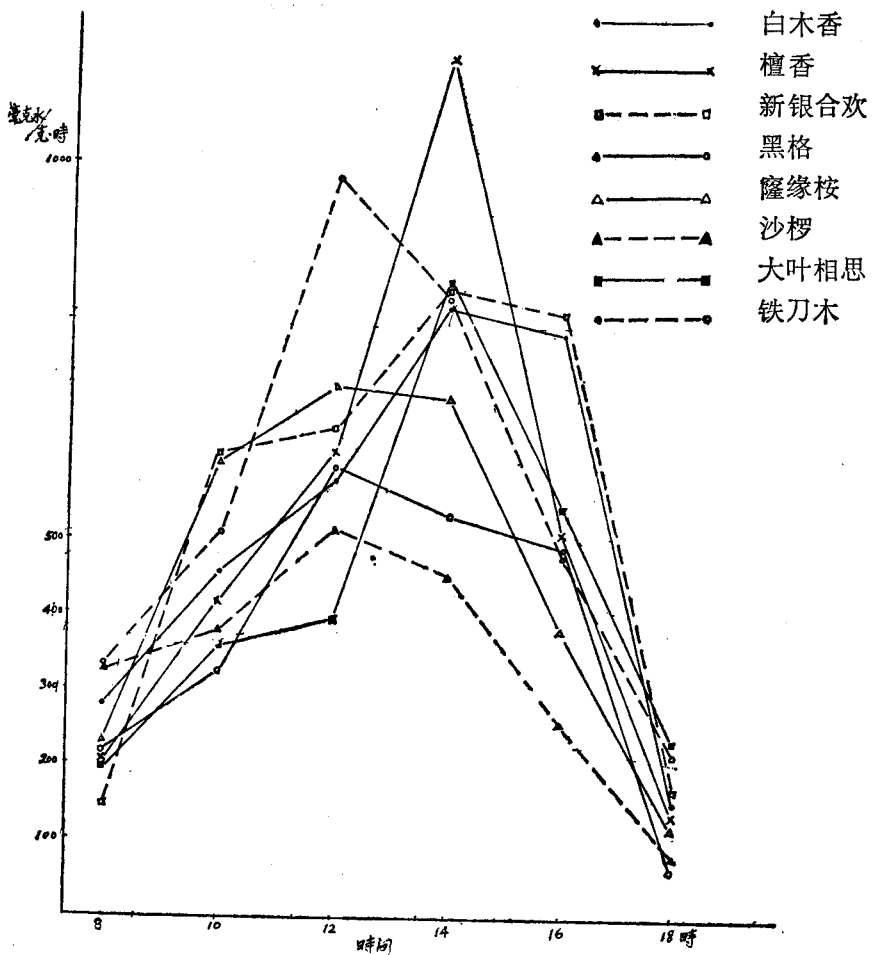


图1 植物蒸腾强度的日变化 (气温27.8—32.0°C, 相对湿度73—89%)
 Fig. 1 Daily variation of transpiration in different species

表2 蒸腾强度的季节变化 毫克水/克·时
 Table 2 Transpiration variation in different seasons (mg H₂O/g.h)

植物 时间	白木香	檀香	新银合欢	黑格	窿缘桉	沙桉	大叶相思	铁刀木
春季	128.4	377.7	457.4	378.4	352.0	424.0	298.0	196.0
夏季	337.8	431.8	509.2	484.2	560.4	537.0	530.6	364.9
秋季	108.0	138.1	115.2	159.3	191.3	142.1	89.3	232.3
冬季	128.4	323.3	333.4	294.3	253.0	95.0	82.0	141.7
年平均	175.7	317.7	353.8	329.1	339.2	299.5	250.0	233.7

另外从表 3 可以看出, 铁刀木的蒸腾效率最高, 平均积累一克干物质只消耗 107.6 克水。而檀香和沙桫的蒸腾效率则比较低, 每积累一克干物质分别要消耗 285.2 克和 278.8 克水分。

关于蒸腾强度的测定, 结果似乎比一些资料报导^[9,8,9]稍偏低些, 其原因可能是我们的测定环境湿度比较大(一般相对湿度都在 80% 以上), 所以蒸腾作用较低。

表 3 植物不同季节的蒸腾效率 克水/克干物质
Table 3 Transpiration efficiency of plant in different seasons

植物 季节	白木香	檀香	新银合欢	黑格	窿缘桉	沙桫	大叶相思	铁刀木
春季	51.2	144.1	72.6	97.6	104.0	330.1	136.8	71.3
夏季	171.9	227.9	106.5	213.8	231.6	463.2	235.4	95.6
秋季	67.2	82.5	53.4	62.6	104.7	140.6	46.6	106.6
冬季	203.8	686.4	387.2	369.6	226.9	181.3	73.7	156.8
年平均	123.8	285.2	154.9	185.9	166.8	278.8	123.1	107.6

二、植物的光合作用

1. 各个树种的光合作用强度 8 种植物光合作用强度的测定结果表明, 植物的光合作用有显著的日变化和季节变化。从图 2 可以看出, 元月份植物光合作用强度高峰多在 12 时至 14 时, 也就是在气温较高、光照较强的时候出现, 这是由于元月份气温较低的缘故。七月则与元月不同(见图 3), 植物光合作用的高峰多出现在上午 10 时至 12 时, 这可能是由于夏季午后气温较高, 蒸腾作用较强引起叶片含水量下降的结果。

植物光合作用强度不但呈现明显的日变化进程, 而且亦具有显著的季节变化。从表 4 可以看出, 在一年当中植物光合作用较强是在春季(四月)和夏季(七月)、最低是在元月。在表 4 列举的 8 种植物中, 年平均光合作用最高的是窿缘桉, 9.65 毫克 CO₂/平方分米·时, 其次是新银合欢 8.43 毫克 CO₂/平方分米·时, 大叶相思是 7.45 毫克 CO₂/平方分米·时, 最低是沙桫, 只有 4.21 毫克 CO₂/平方分米·时。

2. 叶面积与叶面积指数 根据 Acock 的资料认为^[8], 当叶面积指数少于 3 时, 即会影响冠层的光合量。从表 5 可以看出, 白木香和沙桫的叶面积及叶面积指数最小, 均在 3 以下, 叶面积和叶面积指数最大是大叶相思, 分别为 105.31 米²/株和 17.55, 比一般树种高出数倍, 而且这个树种的光合作用强度亦比较高(见表 4), 因此这种树生长很快, 极受当地群众的欢迎。

3. 叶绿素含量 植物光合作用速率与叶绿素的含量有密切关系, 不同树种的叶绿素含量不同, 同一树种的不同冠层叶绿素的含量也会不同(见表 6 及图 4)。沙桫和大叶相思叶片的叶绿素含量从上层到下层均逐渐增加, 但叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值(简称 a/b 比), 则上层最高, 下层最低。这些变化是与它的生长环境完全相一致的, 因为下层叶片往往光照

測定時平均溫度及平均光照強度

時間	8時	10時	12時	14時	16時	18時
溫度℃	15.5	19.4	22.2	21.9	20.5	17.9
光照 Lux	4070	43880	61570	70570	45420	625

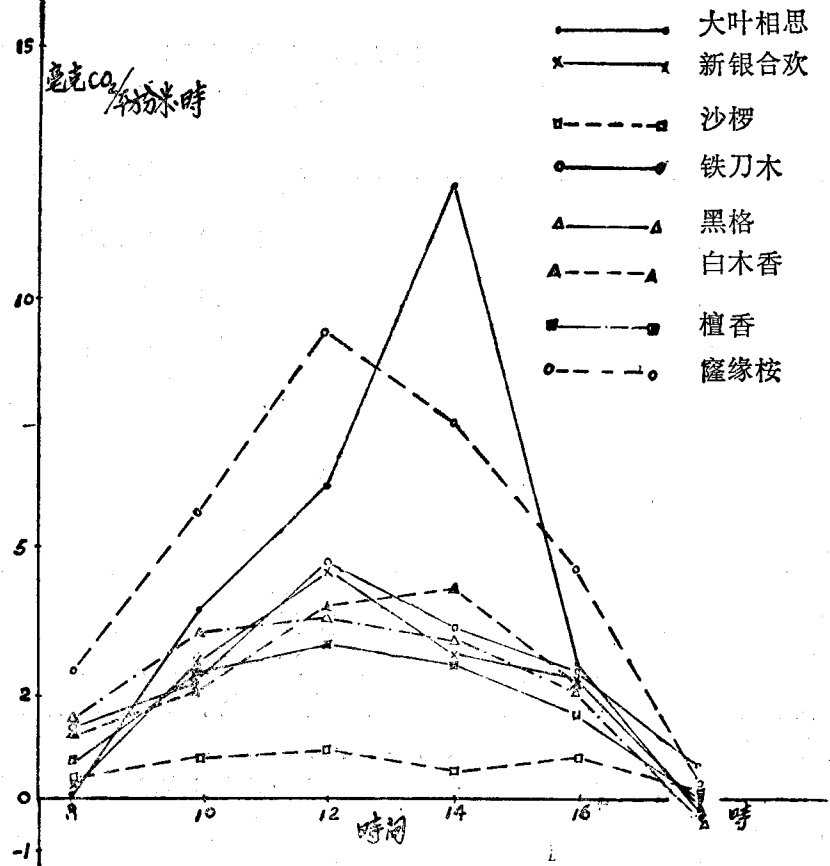


图2 光合强度的日变化曲线(1月)

Fig. 2 The curves of daily variation in net photosynthesis in winter

强度较低,短波的比例较大^[5],为了补偿光照的不足,使叶子能维持一定的光合作用能力,因此下层叶子的叶绿素含量常常较高。随着叶子的衰老,叶绿素含量逐渐降低(见图4)。从图4可见,十月份叶绿素含量普遍比七月要低。

三、植物的呼吸

叶子呼吸强度的测定结果表明,它和光合作用一样具有明显的日变化和季节变化,中午显著高于早晚(见表7),夏季明显高于冬季。如沙椶和大叶相思,元月份叶片的呼吸强度分别为0.89毫克CO₂/克·时和1.28毫克CO₂/克·时,七月份则分别增加为2.10毫克CO₂/克·时和2.22毫克CO₂/克·时。

測定時平均温度及平均光照强度

時間	8時	10時	12時	14時	16時	18時
温度 °C	29.6	30.0	31.3	31.4	30.8	29.3
光照 Lux	45850	66140	109200	113000	94140	23800

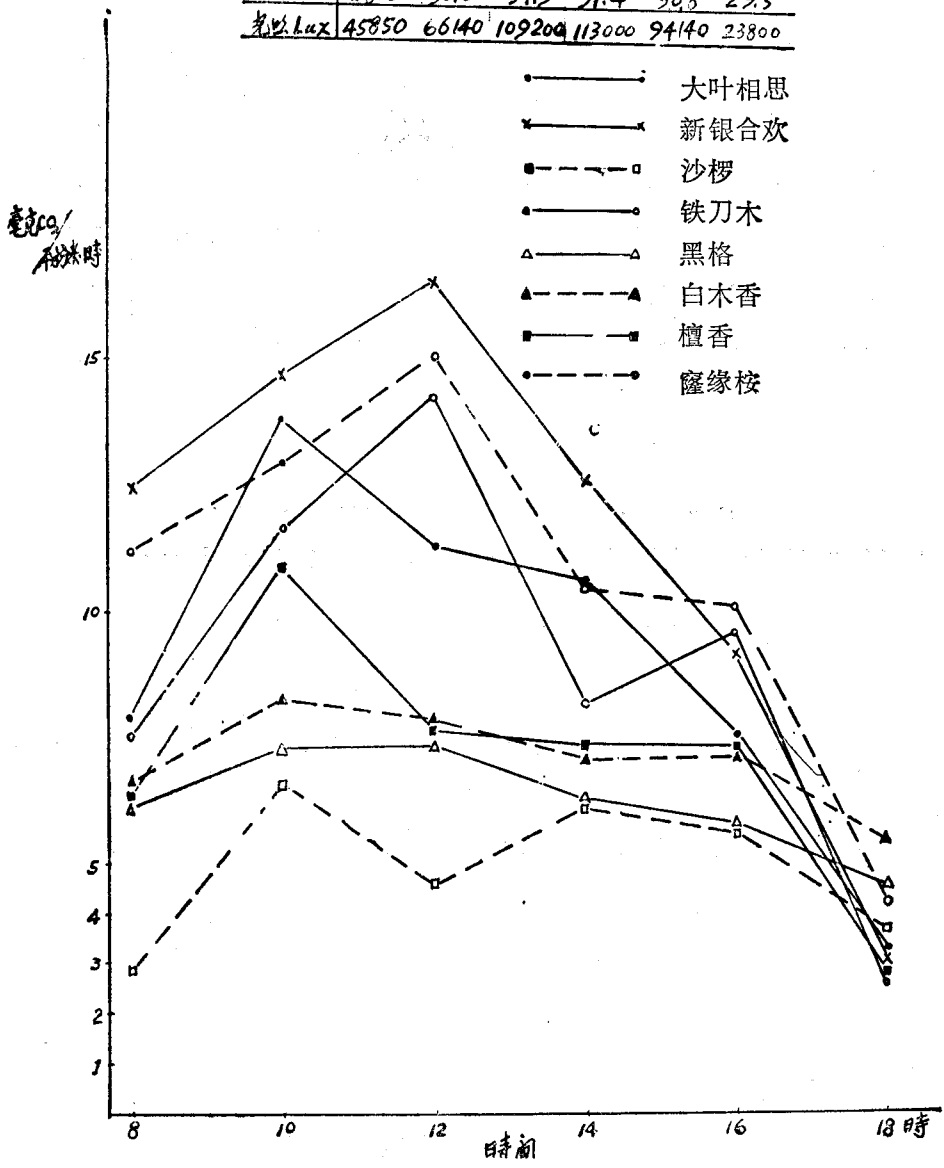


图3 光合作用强度的日变化曲线(7月)

Fig. 3 The curves of daily variation in net photosynthesis in summer

表4 不同季节植物的光合作用强度 毫克CO₂/平方分米·时

Table 4 Photosynthetic variation in different seasons (mg CO₂/dm².h)

季 节 \ 植 物	白木香	檀 香	新银合欢	沙 桫	窿缘桉	黑 格	大叶相思	铁刀木
春 季	8.09	9.63	15.07	5.44	14.94	10.61	8.75	6.44
夏 季	7.08	6.96	11.44	4.91	10.68	6.20	9.05	8.95
秋 季	5.79	6.15	5.16	4.28	8.06	6.96	7.69	5.11
冬 季	2.27	1.73	2.06	2.22	4.92	2.18	4.30	2.52
年 平 均	6.01	6.12	8.43	4.21	9.65	6.49	7.45	5.76

表5 植物的叶面积*与叶面积指数

Table 5 Values of leaf area and leaf area index of various species

层 次 \ 植 物	项 目	白木香	檀 香	沙 桫	窿缘桉	黑 格	大叶相思	铁刀木
上 层 (6米以上)	叶面积					5.37		13.17
	叶面积 指数					0.90		2.19
中 层 (4—6米)	叶面积	1.63	8.51	12.15		14.19		12.07
	叶面积 指数	0.27	1.42	2.02		2.36		2.01
下 层 (4米以下)	叶面积	5.31	9.25	1.81		1.88		1.72
	叶面积 指数	0.88	1.54	0.30		0.31		0.29
合 计	叶面积	6.94	17.76	14.17	20.75	21.44	105.31	26.96
	叶面积 指数	1.16	2.96	2.36	3.47	3.57	17.55	4.49

* 叶面积单位为平方米/株

表6 各层叶片的叶绿素含量及a/b比 毫克/克
Table 6 Chlorophyll content and a/b rate (mg/g)

植物层次*	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 a / b 比	叶绿素 a + b
沙罗上层	1.010	0.433	2.33	1.443
沙罗中层	1.376	0.683	2.01	2.059
沙罗下层	1.429	0.891	1.59	2.320
大叶相思上层	1.060	0.347	3.05	1.407
大叶相思中层	1.448	0.565	2.56	2.013
大叶相思下层	1.552	0.650	2.39	2.202

* 6米以上为上层, 4至6米为中层, 4米以下为下层。

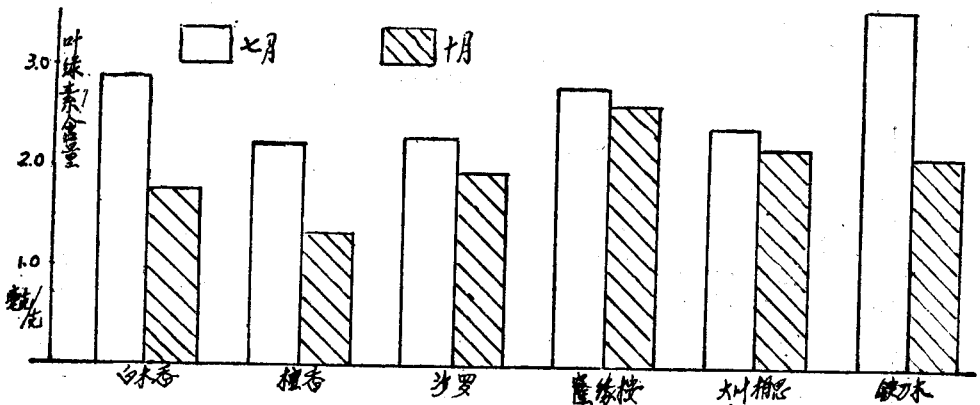


图4 不同时间叶绿素含量变化

Fig. 4 Chlorophyll content in different time

呼吸强度往往随着温度及光照强度而改变, 图5是大叶相思呼吸强度与气温及光照的日变化曲线, 从图5可见光照及气温对呼吸强度的影响, 下午14时呼吸强度达3.566毫克CO₂/克·时, 比早晚高4—5倍。当然白天呼吸作用的增高并非全是气温与光照的影响, 还有内在原因, 如白天进行光合作用也要消耗部份能量。

四、豆科植物的固氮能力

在试验区内, 种有许多豆科植物, 这些植物的根瘤大多数都具有一定的固氮活性(见表8), 从表8可以看出, 各个时期根瘤菌的固氮活性变化较大, 如苏门答腊合欢, 变动在十倍以上, 固氮活性平均最高是铁刀木133.46C₂H₄n mol/克·分, 其次是苏门答腊合欢和大叶相思。在这里要强调一下是大叶相思, 它不但固氮活性较高, 而且一年四季都能找到大量根

表7 植物叶子呼吸强度的日变化

毫克CO₂/克·时

Table 7 Daily variation of respiration in different plant leaves(mgCO₂/g·h)

时 间	气温℃	檀 香	新银合欢	白木香	窿缘桉	沙 椏	黑 格	大叶相思
6 时	26.2	0.83	1.13	0.90	0.63	0.19	0.56	0.64
8 时	28.6	1.54	1.75	0.96	1.24	0.68	0.95	0.91
10时	30.0	1.31	1.75	1.02	2.01	1.12	1.05	1.64
12时	31.3	1.93	2.30	1.10	2.90	1.48	1.10	1.85
14时	31.4	1.12	2.45	1.61	1.73	1.30	1.18	2.28
16时	30.8	0.89	1.44	1.46	1.11	1.03	1.26	1.12
18时	29.3	0.69	1.63	0.52	0.81	0.43	0.64	0.49
日平均	29.7	1.19	1.78	1.08	1.49	0.89	0.96	1.28

(1982年1月)

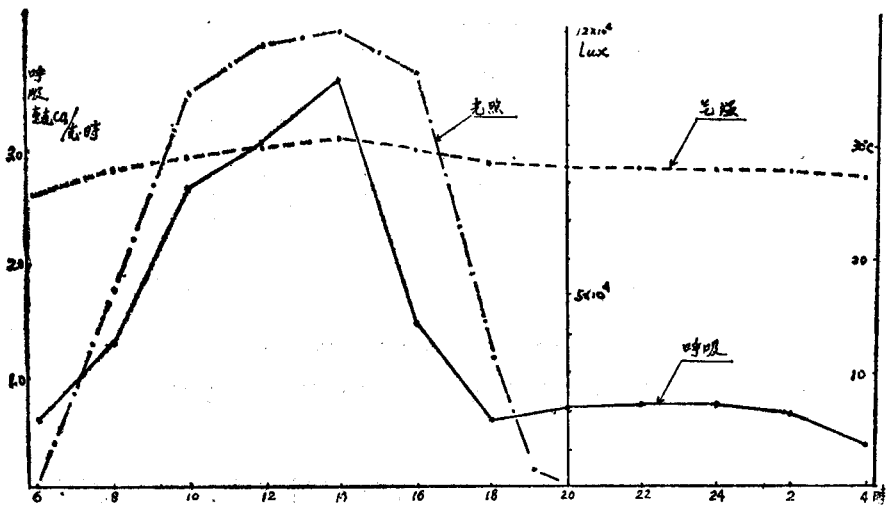


图5 大叶相思呼吸强度与气温及光照强度日变化曲线(1982年7月)

Fig. 5 Effect of light intensity and temperature on respiration rate in *Acacia auriculiformis*

瘤, 因为试验地树龄较大, 很难把它的根瘤收集齐。然而根据我们对木豆的试验, 每亩木豆每年可以固定空气中的氮素3700克, 折合标准化肥硫酸铵约16.9公斤。从表8列举的数字来看, 木豆的固氮活性并不高, 只有大叶相思的三分之一, 只及铁刀木的十三分之一, 其固氮效果却如此之大, 足见各种豆科植物的固氮改土作用。

表 8 各种植物根瘤的固氮活性 C_2H_4 毫微克分子/克根瘤·分

Table 8 Comparison of nitrogen-fixing capacity of various plants (C_2H_4 , $n \text{ mol/g}\cdot\text{min}$)

时间 \ 植物	大叶相思	黑 格	苏门答腊合欢	木 豆	新银合欢	巴西苜蓿	白 格	铁刀木	紫花 衣叶豆
1月	4.82	0.63	未检出	15.79	36.96	40.00	1.66	2.49	2.33
4月	44.34	7.37	14.27	11.78	21.89	20.53	—	—	—
7月	51.67	14.77	179.31	2.66	15.49	4.42	37.83	264.42	21.99
平均	33.61	7.59	64.53	10.08	24.78	21.65	19.75	133.46	12.16

五、植物的生长量

植物的生长情况是植物对外界环境综合反应的表现，因此是衡量某一种植物是否适合在当地栽种的主要依据。

表 9 植物的生长量

Table 9 Growth rates of various plants

项目 \ 植物	树 龄	树 高 (米)	胸 径 (厘米)	基 径 (厘米)	冠 幅 (厘米)	平均年 增长 值		
						树高(米)	胸径(厘米)	基径(厘米)
沙 桉	9	6.20	9.2	12.72	346×314	0.69	1.02	1.41
铁 刀 木	8	8.29	9.3	14.54	458×429	1.04	1.16	1.82
大叶相思	9	9.90	8.9	15.80	650×490	1.10	0.99	1.76
黑 格	7	6.50	7.0	13.50	/	0.93	1.00	1.93
白 木 香	7	4.70	9.0	13.01	256×255	0.67	1.29	1.86
檀 香	6	6.50	7.1	12.14	/	1.08	1.18	2.02
窿 缘 桉	7	8.72	5.9	/	333×375	1.25	0.84	/

从表 9 可以看出，铁刀木、大叶相思等树种生长比较好。

综合以上所述，我们不难看出，在水土流失严重、土壤干旱瘦瘠的地区，最好选择大叶相思等豆科植物作为主要建群树种，并兼种窿缘桉等其他速生用材林，这对改良土壤、加速荒山绿化、提高森林的自养能力、维持生态平衡均有重要作用。

结 语

上面对热带人工林主要建群植物的生理生态特性作了一些初步探讨，根据以上的研究可以归纳如下：

1. 各主要建群树种叶片含水量均在午后降至最低, 此时蒸腾作用最强, 早上蒸腾作用较低, 含水量较高, 春夏季蒸腾作用较秋冬季高。植物的蒸腾效率则春秋季节较冬夏季高, 其中以大叶相思、铁刀木、白木香蒸腾效果最佳, 最差是檀香和沙椏。

2. 植物的光合作用和呼吸作用均有明显的日变化和季节变化。年平均光合作用最高是窿缘桉9.65毫克CO₂/平方分米·时, 其次是新银合欢和大叶相思, 较低是沙椏, 只有4.21毫克CO₂/平方分米·时。

3. 叶面积和叶面积指数最大是大叶相思, 最小是白木香和沙椏。

4. 叶绿素含量从上层到下层逐渐增加, a/b比则相反, 上层最高、下层最低, 随着叶子衰老叶绿素含量逐渐降低, 故10月份叶绿素含量较7月份低。

5. 试验区内, 各种豆科植物根瘤菌都具有一定的固氮能力, 其中以铁刀木最高, 其次是苏门答腊合欢和大叶相思。

综合上述研究的各项生理生态指标, 不难看出, 大叶相思比较适合在电白县推广种植, 另外就是铁刀木, 虽然光合作用速率不高, 但叶面积指数较大, 同时根瘤菌又有很强的固氮活性, 因此亦可在本地区试验推广, 窿缘桉的光合作用速率最高, 又耐旱耐瘦瘠, 所以也适宜在电白推广。

参 考 文 献

- [1] 广东电白县小良水土保持试验推广站等, 1977: 沿海丘陵荒坡水土保持的植物措施的效应。植物学报, 第19卷, 第3期, 182—189页。
- [2] 上海植物生理研究所固氮室, 1974: 固氮研究中乙炔还原定量测定方法的简化。植物学报, 第16卷, 第4期, 382—384页。
- [3] Acock, B. et al., 1978: The contribution of leaves from different leaves within a tomato crop to canopy net photosynthesis, *J. exp. Bot.* vol. 29: 815-827.
- [4] Arnon, D. I., 1949: Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*, *Plant Physiology*, vol.24: 1-15.
- [5] Balegh, S.E. and Biddulph, O., 1970: The photosynthetic action spectrum of the Bean plant, *Plant Physiology*, vol.46: 1-5.
- [6] Boyer, J. S., 1970: Differing sensitivity of photosynthesis to low leaf water potentials in Corn and Soybean, *Plant Physiology*, vol.46: 236-239.
- [7] Ehleringer, J. and Cook, C.S., 1980: Measurements of photosynthesis in the field; utility of the CO₂ depletion technique, *Plant Cell and Environment*, vol.3: 148-151.
- [8] Fitter, A. H. and Hay, R. K. M., 1981: *Environmental Physiology of Plant*, Academic Press Inc. New York. 118-167.
- [9] Hand, J. M. et al., 1982: Leaf water potential, stomatal resistance and photosynthetic response to water stress in Peach Seedlings, *Plant Physiology*, vol. 69: 1051-1054.
- [10] Hiscox, J. D., & Israelstam, G. F., 1979: A method for the extraction

of chlorophyll from leaf tissue without maceration, Canadian Journal of Botany, vol. 57, 1332-1334.

- [11] Mooney, H. A., 1972: Carbon dioxide exchange of plants in natural environments, Botanical Review, vol. 38, 455-469.