

5 种木本豆科植物的光合特性研究

曾小平 赵平 彭少麟 余作岳

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

摘要 本文测定了鹤山丘陵地豆科阔叶混交林中5种植物(大叶相思、马占相思、绢毛相思、海南红豆和新银合欢)在林地条件下的光合速率、呼吸速率和叶绿素含量以及5种植物光合速率的日变化和季节变化。结果表明: 植物在冬季和春季的光合速率较低, 夏季和秋季都相对较高, 年日平均光合速率($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)绢毛相思最高6.13, 海南红豆最低4.65; 植物的呼吸各异, 其中新银合欢的呼吸作用最强, 海南红豆最低; 叶绿素含量与光合速率不存在相关关系。从国外引种植物(包括新银合欢和3种相思树)的光合速率高于乡土树种海南红豆, 表明这几种引种植物适应南亚热带丘陵地区的自然环境。

关键词 木本豆科植物 光合速率 呼吸速率

THE PHOTOSYNTHETIC CHARACTERISTICS OF FIVE WOODY LEGUME PLANTS

Zeng Xiaoping, Zhao Ping, Peng Shaolin and Yu Zuoyue

(South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650)

Abstract The photosynthetic rate, respiration rate and chlorophyll content of woody legume plants, *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Acacia holosericea*, *Omocia pinnata* and *Leucaena leucocephala* were measured in the field at Heshan ecological station, Guangdong. The photosynthetic rate showed daily and seasonal variation. The annual average net photosynthetic rate ($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) was the highest in *Acacia holosericea* (6.13), and was the lowest in *Omocia pinnata* (4.65). *Leucaena leucocephala*, which are introduced species, had relatively higher capacity of photosynthesis and therefore higher production among the species. The results of this study show that these plants are well to adapt to the local environment.

Key words Woody legume plants, Photosynthetic rate, Respiration rate

植物引种试验是退化生态系统的恢复和优化生态系统组建的重要内容。中国科学院鹤山丘陵综合试验站自建站以来, 从国内外引种了170多种木本植物, 其中豆科植物60多种, 大多数豆科种具有固氮能力, 在南亚热带地区为速生丰产树种, 对荒山绿化和混交林的营造有较大的作用(余作岳, 1990), 对先锋树种的筛选仍在试验中。光合作用是植物物质生产的主要途径, 从1990年开始, 我们在本站开展了植物生理生态方面的研究工作, 本

· 本文于1996-01-04收稿, 1996-12-30收到修改稿。

国家重大、国家自然科学基金重点、中国科学院重中之重、重点资助项目的部分内容。本研究得到鹤山林科所的大力支持, 魏传钊、蔡锡安、张文其等参加部分野外工作, 特此致谢。

文从豆科阔叶混交林中选出生长状况较好的5种植物,其中4种为从国外引进树种,1种为本地树种,通过测定其在自然环境下光合、呼吸强度的变化,有助于了解这些树种的生产力及其对周围环境的适应状况,为造林绿化的树种配置提供依据。

1 材料和方法

1.1 测定的植物

野外测定地点为中国科学院鹤山丘陵综合试验站的豆科阔叶混交林试验区,地理位置及自然条件已有报道(彭少麟等,1992)。测定的植物有:大叶相思(*Acacia auriculaeformis*)、马占相思(*Acacia mangium*)、绢毛相思(*Acacia holosericea*)、海南红豆(*Ormosia pinnata*)和新银合欢(*Leucaena leucocephala*),其中3种相思树和新银合欢为国外引种植物,海南红豆为本地树种。

1.2 测定的方法

用A SSA-1610型多通道红外线CO₂分析仪,采用开放式系统测定CO₂浓度,L F-1600型稳态气孔计测定光合作用有效辐射(PAR)、大气温度(T_a),L F-3000型便携式叶面积仪测定叶片面积,选取阳生和充分展开的成熟叶片,每月中旬测定,每天从早晨8:00至晚上18:00,每隔2小时测定1次,连续测定3天,取平均值,同时在1月和7月昼夜测定叶片的气体交换量。在12月,用丙酮提取叶绿素,721型分光光度计测定提取液的光密度值,根据A₆₆₀公式计算叶绿素含量(内蒙古大学生物系,1984)。

2 结果与分析

2.1 光合作用的日变化

自然条件下植物的光合作用随着内外因子的变化而时刻发生变化,图1表明,5种植物都具有明显的日变化,在冬季(1月),光合速率日变化都呈单峰曲线,早晨尽管叶子的含水量和细胞间隙CO₂浓度高,但由于光强和气温低,光合速率仍然很低,随着气温和光照强度的上升,气孔开放,光合速率增高,在12:00左右升至最高,后又随着气温的降低和光照的减弱而逐渐下降,16:00至第二天清晨6:00处于较平稳的呼吸状态。在夏季(7月),光合速率日变化呈双峰曲线,早晨光合速率随着气温和光照强度的上升而增高,在10:00左右形成第一峰值,午间光合速率有所下降,后又逐渐回升,在14:00左右形成第二峰值,接着随光照和气温的下降而减弱,晚上20:00到清晨6:00处于起伏不大的呼吸状态。1月和7月的日变化趋势有所不同,1月的光合速率和呼吸速率明显低于7月。光合速率在不同季节日变化曲线不同,不同种也有差异,这主要与植物的内生节律及环境条件有关,是植物对环境适应的表现(Loomis R. S., 1974)。

2.2 光合速率的季节变化

从图2(把表1的部分结果绘制成曲线图,以便分析)可以看出,在冬季和春季5种植物的光合速率较低,夏季和秋季较高,其中在冬季的1月份5种植物的光合速率最低,从2月份开始逐渐回升,在5~6月份形成第一峰值,7~8月份有所下降,随着环境条件的不断变化,光合速率再次回升,在9~10月份形成第二峰值,从11月后又开始下降,5种植物存在着较相似的季节变化趋势。测定结果表明(表1),年平均光合速率($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)最高的

是绢毛相思6.13, 其次是新银合欢5.81、大叶相思5.45、马占相思4.70和海南红豆4.65。

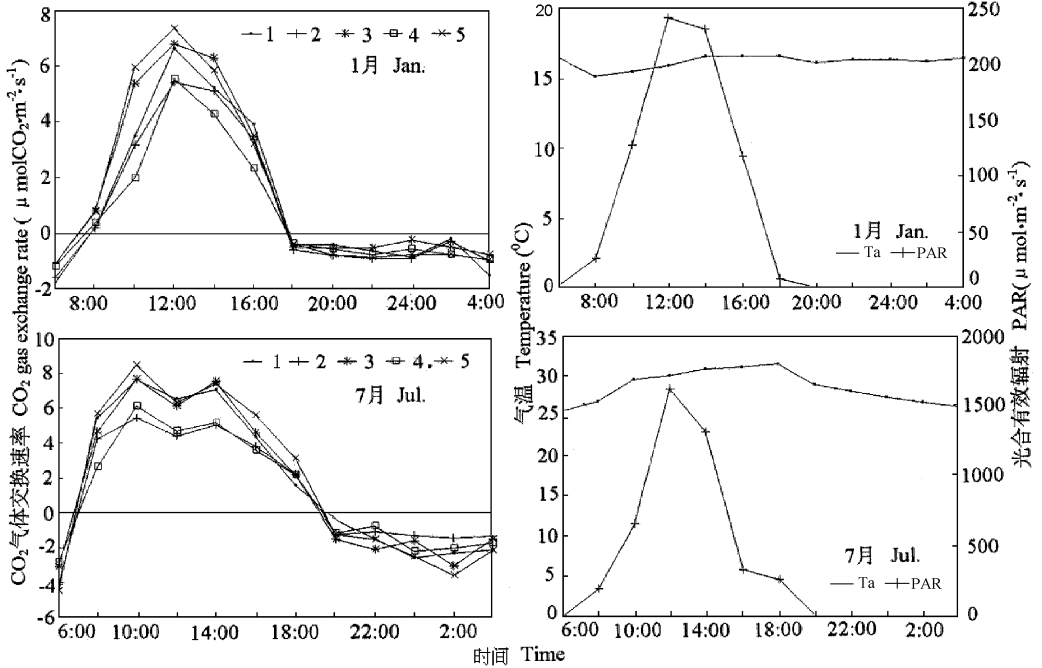


图1 植物叶片 CO₂ 气体交换速率及相应环境因子的日变化

Fig 1 The diurnal variation of CO₂ gas exchange rate in the plant leaves and the environmental factors

- 1. 大叶相思 *A. acacia auriculaefomis* 2. 马占相思 *A. acacia mangium* 3. 绢毛相思 *A. acacia holosericea*
- 4. 海南红豆 *O. m. osia pinnata* 5. 新银合欢 *L. euceana leucocephala*

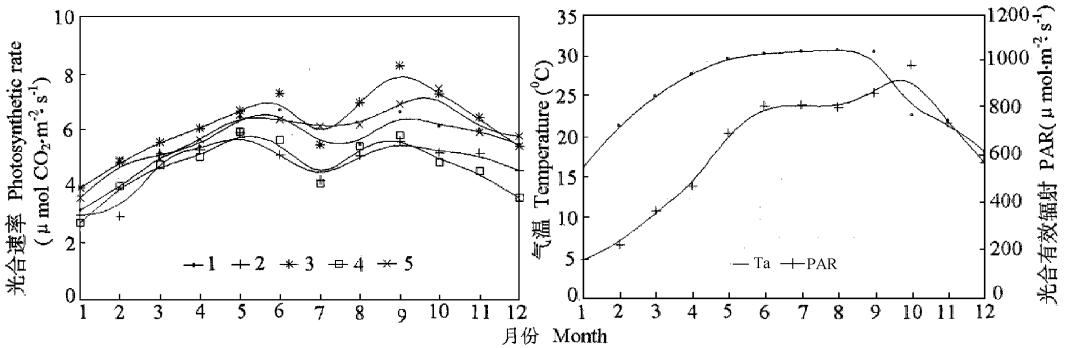


图2 植物叶片光合速率及相应环境因子的季节变化

Fig 2 The seasonal variation of Photosynthetic rate in the plant leaves and the environmental factors

- 1. 大叶相思 *A. acacia auriculaefomis* 2. 马占相思 *A. acacia mangium* 3. 绢毛相思 *A. acacia holosericea*
- 4. 海南红豆 *O. m. osia pinnata* 5. 新银合欢 *L. euceana leucocephala*

表1 植物光合速率的季节变化 ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

Table 1 The seasonal variation of photosynthetic rate in the plant leaves

月份 Month	大叶相思 <i>A cacia auriculom is</i>	马占相思 <i>A cacia mang ium</i>	绢毛相思 <i>A cacia holosericea</i>	海南红豆 <i>O m osia p innata</i>	新银合欢 <i>L eucaena leucocephala</i>	气温 Ta ()	光合有效辐射 PAR ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
1	3.16	2.98	3.94	2.68	3.58	16.02	165.10
2	3.91	2.91	4.93	3.99	4.91	21.38	228.00
3	5.15	5.13	5.54	4.73	4.93	25.03	370.85
4	5.38	5.26	6.03	4.99	5.61	27.72	474.25
5	6.41	5.86	6.62	5.89	6.50	29.65	699.50
6	6.65	5.07	7.23	5.59	6.32	30.19	812.50
7	5.39	4.16	5.43	4.05	6.06	30.42	814.00
8	5.42	5.01	6.89	5.35	6.12	30.55	804.00
9	6.57	5.54	8.19	5.73	6.84	30.37	863.00
10	6.05	5.11	7.18	4.78	7.36	22.50	980.00
11	5.94	5.08	6.36	4.45	5.82	21.80	736.00
12	5.40	4.27	5.32	3.51	5.69	17.97	568.00
平均Mean	5.45 ± 1.04	4.70 ± 0.94	6.13 ± 1.18	4.65 ± 0.96	5.81 ± 1.00	25.30 ± 5.25	626.27 ± 263.39

2.3 植物的叶绿素含量

不同植物的叶绿素含量不同,从表2可看出,5种植物中新银合欢的叶绿素含量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) 最高2.64,最低为绢毛相思0.96; 叶绿素 a/b 比则与叶绿素含量有较大的差别,比值最高的是马占相思2.07,最低的是新银合欢1.73。叶绿素是光合作用中重要的光能吸收色素,对叶绿素含量及其组成比例与光合作用关系有不少研究,但结论不一致。从本研究测定的光合速率和叶绿素含量的结果看,两者不存在明显的相关关系。随着叶子的衰老,叶绿素含量逐渐降低(邓瑞文等,1984),文中测定用的是12月份的叶片,估计结果应是一年中的较低值。

表2 植物叶片的叶绿素含量及叶绿素 a/b 比值 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) (测定时间:1994年12月)

Table 2 The chlorophyll content and chlorophyll a/b ratio in the plant leaves (Measurement time: Dec, 1994)

种名 Species	叶绿素 a Chl a	叶绿素 b Chl b	叶绿素 a+ b Chl (a+ b)	叶绿素 a/b Chl a/b ratio
大叶相思 <i>A cacia auriculom is</i>	0.99	0.54	1.53	1.83
马占相思 <i>A cacia mang ium</i>	0.87	0.42	1.29	2.07
绢毛相思 <i>A cacia holosericea</i>	0.63	0.33	0.96	1.94
海南红豆 <i>O m osia p innata</i>	1.39	0.77	2.16	1.82
新银合欢 <i>L eucaena leucocephala</i>	1.67	0.97	2.64	1.73

2.4 植物的呼吸速率

分别在1月和7月测定植物的夜间呼吸速率,结果表明(表3),5种植物中,新银合欢的呼吸速率最高,其次为大叶相思、绢毛相思、马占相思和海南红豆。可以看出白天同化量大的树种,其夜间呼吸消耗亦较大。呼吸强度有明显的季节变化,夏季(7月)的呼吸速率比冬

季(1月)高。气温是影响植物呼吸的主要环境因子,在适宜的范围内,呼吸速率随着气温的上升而增强(北京林学院,1981),夏季天气炎热,气温较高,这是夏季植物呼吸速率较高的主要原因。

表3 植物的呼吸速率($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
Table 3 The respiration rate in the plant leaves

月份 Month	大叶相思 <i>A cacia auricu- laef om is</i>	马占相思 <i>A cacia m ang ium</i>	绢毛相思 <i>A cacia holosericea</i>	海南红豆 <i>O m osia p innata</i>	新银合欢 <i>L eucaena leucocep hala</i>
1	0.84 ± 0.58	0.86 ± 0.38	0.61 ± 0.25	0.75 ± 0.26	0.81 ± 0.21
7	2.17 ± 1.29	1.79 ± 1.14	2.18 ± 0.75	1.82 ± 0.73	2.62 ± 1.23
平均Mean	1.51 ± 0.94	1.33 ± 0.66	1.40 ± 1.11	1.28 ± 0.76	1.72 ± 1.28

3 小结与讨论

在夏季(7月)植物的光合速率日变化呈双峰曲线,即出现“光合作用午休现象”,户义次根据有关学者的研究,总结了导致光合作用中午降低现象的几项条件,其中有学者认为气孔开启度缩小以及叶片含水量降低,是导致中午光合作用降低的最主要原因(户义次等,1979);克累默尔也认为这一现象是在高光强下,特别是热天,由于过度的水分消耗造成气孔关闭,气孔传导率下降(P. J. 克累默尔,1985)。作者认为本文测定的结果与上述观点一致,在南亚热带地区的夏季,气温和光照强度都相对较其它季节高,特别是气温,最高温度都在30以上,从图1可知,7月的植物光合速率日变化呈双峰曲线,中午时段,由于气温和光照强度高而下降;每年最酷热的天气出现在7、8月份,植物的光合速率也略有下降(图2),表明几种植物适应变化的环境。从几种植物的光合速率日变化和季节变化中发现,绢毛相思一直保持很高的光合速率,即使在高温和光照很强的夏季也如此,这可能与绢毛相思叶片表面有密集的绒毛有关,叶片上的绒毛能大大改变叶片对光的吸收,增大对光的反射(Ehleringer, J. R., 1981),在高温和强光下叶片既可以反射部分光线,又可散热降温,使大部分气孔仍然开放,保持较强的光合作用。

光合作用是绿色植物利用光能由 CO_2 和水合成糖及淀粉等碳水化合物的功能,因此这种功能又称为碳素同化作用。植物体内干物质中,由根部吸收的无机物质所占比例约为10%,而其余90%左右直接或间接地来自光合作用所产生的有机物质(户义次等,1979)。Bickman (1973)也认为树木的干物质90%以上来自光合积累,在叶片相互遮阴不严重的条件下,植物干物质生产和产量与全株净光合能力呈正相关,通过提高光合速率可增加作物的产量(Bassham, 1977)。绢毛相思、新银合欢、大叶相思和马占相思等引种植种比乡土树种海南红豆具有较高的光合速率,根据以上观点可以认为4种引种植物具有较好的生长状况。另外,3种相思树比海南红豆具有高的水分利用效率(曾小平等,1995),其光合速率也高于当地一些非豆科树种,如乡土树种红木(*Schima wallichii*)、木荷(*Schima superba*)、针叶树种马尾松(*Pinus massoniana*)、湿地松(*Pinus elliottii*) (赵平等,1995)。新银合欢在广东好多地方引种栽培约有60~70年的历史,在不少地方生长良好,是一个很有发展前途的树种(徐燕干等,1990),对其光合等特性的测定结果也证明这一点。

综上所述,4种引种树种都有较高的光合速率,其中3种相思树的水分利用效率也高于乡土树种海南红豆。说明这些引种植物生长良好,适应鹤山丘陵的自然环境,可在相类似的生境下广泛推广。

参 考 文 献

- 余作岳, 1990: 广东南亚热带丘陵荒坡退化生态系统的植被恢复及优化模式探讨, *热带亚热带森林生态系统研究*, 7: 1 ~ 11。
- 彭少麟等, 1992: 鹤山亚热带丘陵人工林群落分析, *植物生态学与地植物学学报*, 16(1) 1~ 10。
- 内蒙古大学生物系, 1984: *植物生态学实验*, 高等教育出版社, 北京, 55~ 57。
- 邓瑞文等, 1984: 电白人工林主要建群植物的生理生态特性研究, *热带亚热带森林生态系统研究*, 2: 132~ 144。
- 北京林学院主编, 1981: *植物生理学*, 中国林业出版社, 北京, 87~ 88。
- 户 义次主编(薛德榕译), 1979: *作物的光合作用与物质生产*, 科学出版社, 北京, 200~ 201。
- P. J. 克累默尔等著(汪振儒等译), 1985: *木本植物生理学*, 中国林业出版社, 北京, 218。
- 户 义次主编(薛德榕译), 1979: *作物的光合作用与物质生产*, 科学出版社, 北京, 1。
- 曾小平等, 1995: 鹤山丘陵地4种木本豆科植物的蒸腾作用比较研究, *生态学报*, 15(Supp. A) 68~ 72。
- 赵平等, 1995: 广东鹤山丘陵人工林几种乔木的光合年变化, *生态学报*, 15(Supp. A) 64~ 67。
- 徐燕千主编, 1990: *广东森林*, 中国林业出版社, 北京, 260~ 265。
- Loomis R. S., *et al.*, 1974: Explanatory models in crop physiology. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 30: 355。
- Ehleringer, J. R., 1981: Leaf absorptances of Mohave and Sonoran desert plant, *Oecologia*, 49: 366~ 370。
- Bickman, 1973: Carbonhydrate relation. *Tree physiology Colloquium*, 113~ 115。
- Bassham, 1977: Increasing crop production through more controlled photosynthesis, *Science*, 197(4304) 630~ 638。