

几种木本豆科植物旱季时的光合和蒸腾作用*

孙谷畴 魏传钊 赵平 余作岳

(中国科学院鹤山丘陵综合试验站, 广东鹤山 529700)

摘 要

在旱季11月,测定了南亚热带丘陵几种引种木本豆科植物的叶片光合速率、气孔对水分传导率、蒸腾速率和叶片水势的变化。结果表明,在旱季,除白栎叶片光合速率较高外,其余几种植物的光合速率较低。旱季时气孔传导率的降低可能是限制光合速率的因素。气孔传导率下降和叶片水势的降低,可能调节蒸腾作用,以减少水分散失。几种引种的木本豆科植物有较高的水分利用效率,表明其适应南亚热带丘陵地的环境条件。

关键词: 木本豆科植物; 光合速率; 气孔传导率; 叶片水势

一、前 言

木本豆科植物是南亚热带速生丰产树种,由于它们具有固氮能力,因而在一定程度上能改善贫瘠丘陵山地的状况。

中国科学院鹤山丘陵综合试验站地处东经 $112^{\circ}54'$,北纬 $22^{\circ}40'$ 。其地理位置、海拔高度、气候、土壤和植被现况都表明本区是典型的南亚热带丘陵山地。有效积温约 8000°C ,平均雨量 2000mm ,干湿季明显。每年10月至12月的旱季,对植物造成不同程度的水分胁迫。翌年1月,干旱稍有缓解,但较低的气温仍对植物产生一定的影响。研究此环境条件下的植物叶片光合作用和水分关系特性等,将有助于更深入了解不同木本豆科植物对环境的适应性,以提供树种选择和营林的根据。

二、材料和方法

1. 生长在本试验站的引种木本豆科植物 有新银合欢(*Leucaena leucocaphala*)、

1990年3月收稿。

* 国家自然科学基金资助项目; 本文承张祝平同志协助田间光合速率测定, 特此致谢。

白格 (*Albizia procera*)、黄檀 (*Dalderia hupeana*)、大叶相思 (*Acacia auriculaeformis*)、绢毛相思 (*A. cincinata*)、马占相思 (*A. mangium*)、格木 (*Erythrophleum foridii*)。

2. 叶片光合速率的田间测定 利用北京分析仪器厂生产的 QGD-07 型红外线二氧化碳分析仪测定。采用封闭式气体循环系统。叶室容积为 250ml。选取 3 株植物，每株取 4 片向阳叶，每隔 2 小时测定叶片光合速率一次。连续测定 3 天，取平均值。

3. 叶片水势测定 在一天中不同时间，自田间收集叶片 3—5 片，放入塑料袋。在室内利用气压室 (PMS Instruments, Corvalid, Oregon) 测定。

4. 叶片暗呼吸及光合速率对光反应曲线测定 叶片切成小块，利用 YSI (Yellow Springs Instr. Co.) 氧电极测定暗下和依赖光的释氧速率。反应瓶容积为 4.6ml，介质

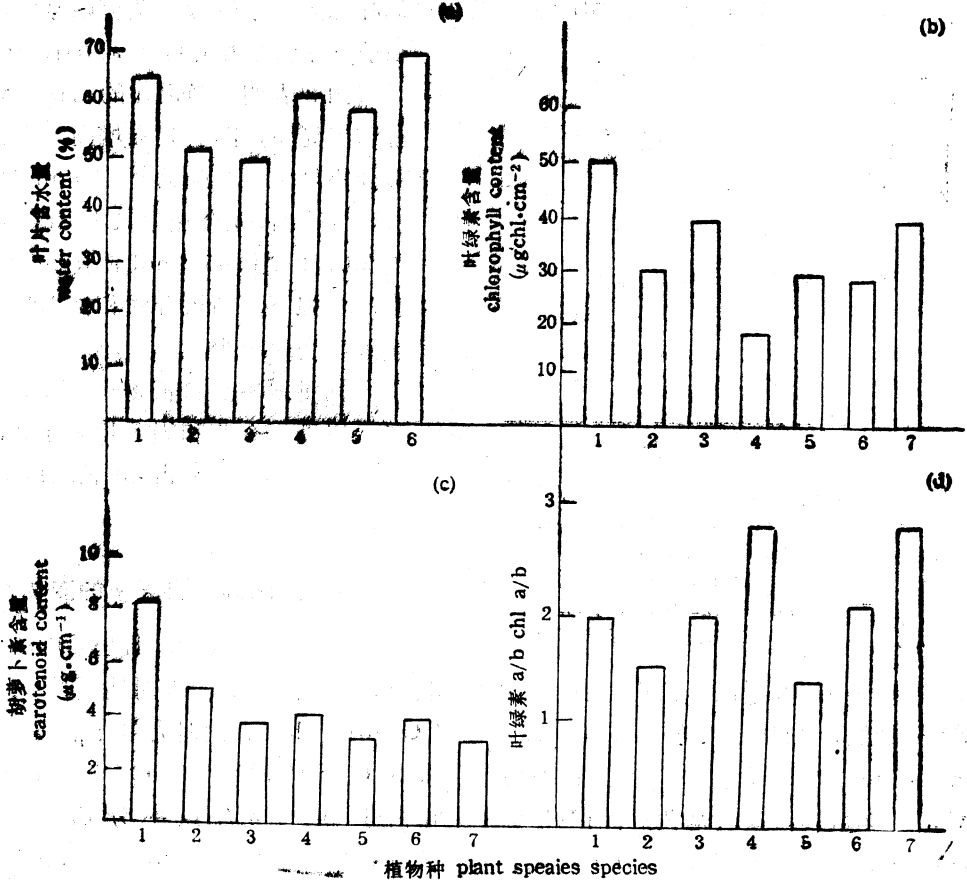


图1 木本豆科植物的叶片生理特性

Fig. 1 The physiological characteristics of leaves of some woody legume plants

a. 叶片含水量 water content b. 叶绿素含量 chlorophyll content c. 胡萝卜素含量 carotenoid content d. 叶绿素a/b The ratio of chlorophyll a/b

1. 新银合欢 (*Leucaena leucocaphala*)
2. 格木 (*Erythrophleum foridii*)
3. 白格 (*Albizia procera*)
4. 绢毛相思 (*Acacia cincinata*)
5. 黄檀 (*Dalbergia hupeana*)
6. 大叶相思 (*Acacia auriculaeformis*)
7. 马占相思 (*Acacia mangium*)

为 5mmol/L 磷酸盐缓冲液(pH7.0), 加入 100 μ l 6mmol/L NaHCO₃溶液, 温度 25°C。利用 LI-COOR 1600 型稳态气孔计测定气孔传导率。

三、结 果

(一) 叶片的生理特性

图 1a 表明, 在旱季 11 月, 叶片含水量低, 接近维持细胞正常生活的低限, 约 52.2—67.1%。不同的木本豆科植物有不同的叶绿素和胡萝卜素含量。新银合欢叶片的叶绿素含量最高, 为 51.6 μ g chl \cdot cm⁻²。其次为白格和马占相思。绢毛相思、大叶相思和马占相思有较高叶绿素 a/b (图 1b 和 1d)。而绢毛相思的叶绿素含量较低。黄檀则有较低的胡萝卜素含量和叶绿素 a/b (图 1c)。

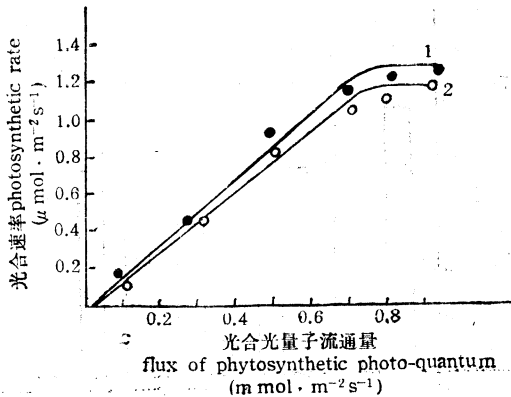


图 2 二种木本豆科植物叶片光合速率对光强反应

Fig. 2 The responses of net photosynthesis in leaves of the woody legume plants to light intensity

1. 新银合欢 (*Leucaena leucocaphala*)
2. 格 木 (*Erythrophleum foridii*)

几种木本豆科植物叶片的暗呼吸, 以新银合欢和绢毛相思最高, 其次为大叶相思和马占相思, 白格最低。

图 3 表明, 日出后随着时间推移, 光合速率逐渐增高。白格、黄檀、绢毛相思和大叶相思约在 13 时达至最大值, 17 时降至最低。白格最大光合速率为 17.7 mgCO₂·dm⁻²h⁻¹。此时光量子流通量为 0.5 mmol m⁻²s⁻¹, 气温 26.3°C。日平均光合速率 (7 至 17 时) 为 9.03 ± 7.28 mgCO₂ d·m⁻²h⁻¹, 为最高。其次是黄檀、绢毛相思和大叶相思, 最大光合速率分别为 7.97、7.43 和 6.69 mgCO₂·dm⁻²h⁻¹, 日平均光合速率分别为 4.78 ± 2.79、4.61 ± 4.51 和 4.59 ± 2.79 mgCO₂·dm⁻²h⁻¹。

(三) 叶片气孔传导率的变化

日出后气孔传导率增大。除白格在较早时达到最大值外, 格木和马占相思在上午 11 时为最大; 而其他一些植物, 如绢毛相思、黄檀和大叶相思气孔传导率在 13 时或稍后才达到最大。几种木本豆科植物的气孔传导率为 0.08 至 0.1 mol·m⁻²s⁻¹。白格最高, 达 0.54 mol·m⁻²s⁻¹, 这与其高的光合和蒸腾速率相一致 (图 3 和 5)。

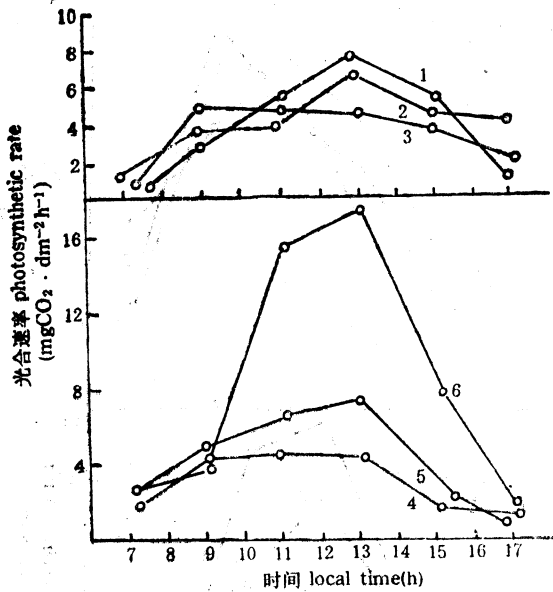


图3 光合速率的日变化

Fig. 3 The daily courses of the change of net photosynthesis in leaves of plants

1. 绢毛相思 (*Acacia cincinata*)
2. 大叶相思 (*A. auriculaeformis*)
3. 马占相思 (*A. mangium*)
4. 格木 (*Erythrophleum foridii*)
5. 黄檀 (*Dalbergia hupeana*)
6. 白格 (*Albizzia procera*)

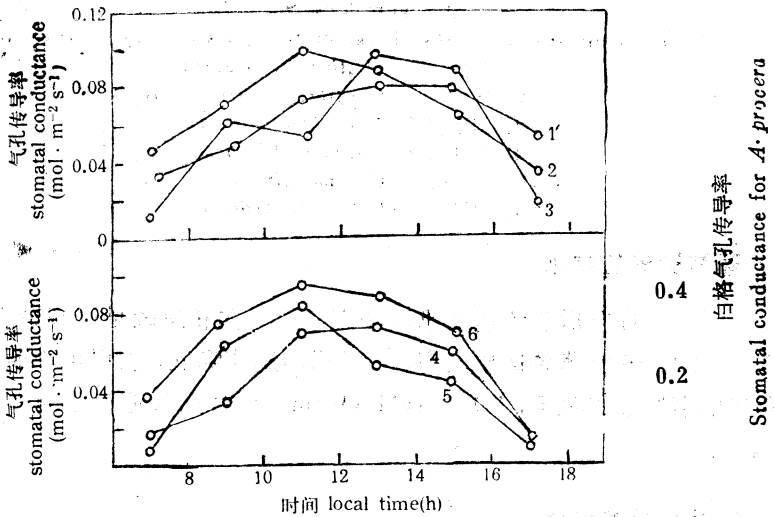


图4 叶片气孔传导率的日变化

Fig. 4 The daily courses of the change of stomatal conductance in leaves of plants

1. 黄檀 (*Dalbergia hupeana*)
2. 格木 (*Erythrophleum foridii*)
3. 绢毛相思 (*Acacia cincinata*)
4. 大叶相思 (*A. auriculaeformis*)
5. 马占相思 (*A. mangium*)
6. 白格 (*Albizzia procera*)

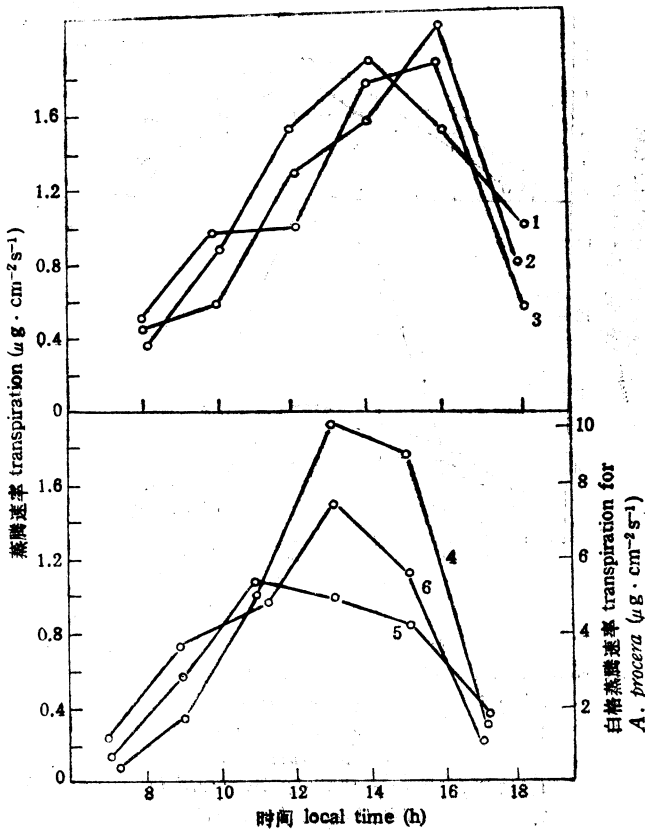


图5 叶片蒸腾速率的日变化

Fig.5 The daily courses of the change of transpiration rate in leaves of plants

1. 黄檀 (*Dalbergia hupeana*)
2. 格木 (*Erythrophleum foridii*)
3. 绢毛相思 (*Acacia cincinata*)
4. 大叶相思 (*A. auriculaeformis*)
5. 马占相思 (*A. mangium*)
6. 白格 (*Albizzia procera*)

(四) 蒸腾速率的变化

图5表明,在日出后蒸腾速率迅速增高。除马占相思较早达到最大值外,其他几种植物分别在14和16时蒸腾速率最高。16时后则迅速降低,表现单峰曲线的日变化进程。其中以白格的蒸腾速率最高,为 $7.5 \mu\text{gH}_2\text{O}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,而其他植物为 1.5 至 $1.9 \mu\text{gH}_2\text{O}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

(五) 叶片水势的变化

图6表明,几种木本豆科植物上午时叶片水势为 -1.0 至 -1.1 mPa 。随后叶片水势降低。新银合欢、大叶相思的中午时叶片水势为 -1.65 至 -1.75 mPa ;格木、黄檀、白格和绢毛相思则达到 -2.1 和 -2.5 mPa 。午后叶片水势有回升。新银合欢和白格约在16时恢复至晨时的叶片水势。

翌年1月,较低气温和阴雨使叶片蒸腾减少,干旱胁迫部分缓解。早上和中午时叶

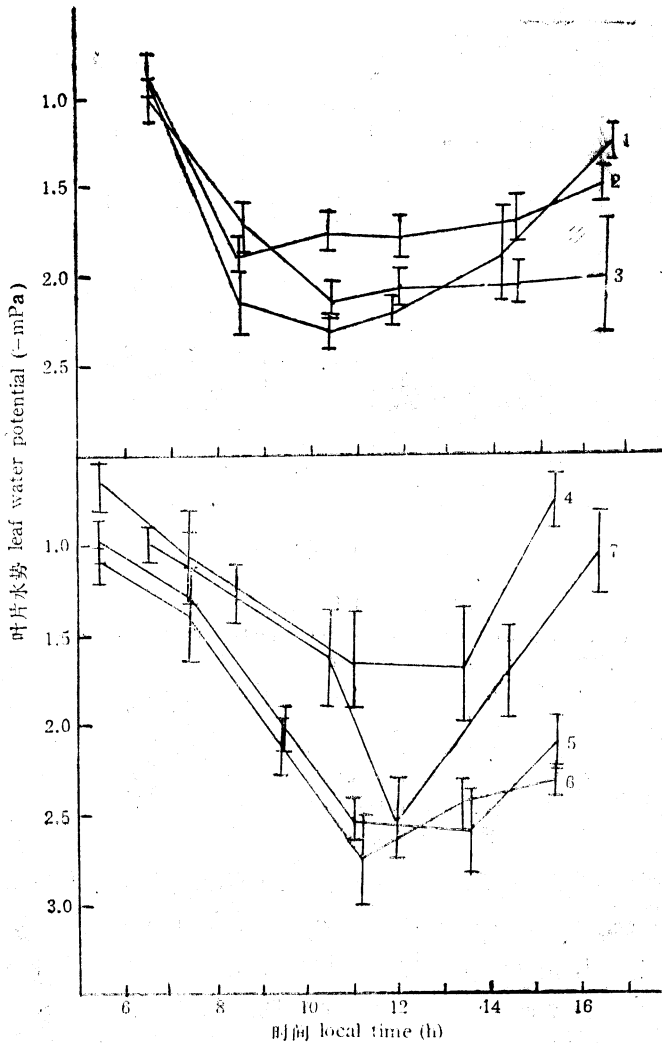


图6 叶片水势的日变化

Fig. 6 The daily courses of the change in leaf water potential of plants

1. 绢毛相思 (*Acacia cincinata*)
2. 马占相思 (*A. mangium*)
3. 大叶相思 (*A. auriculaeformis*)
4. 新银合欢 (*Leucaena leucocaphala*)
5. 格木 (*Erythrophleum foridii*)
6. 黄檀 (*Dalbergia hupeana*)
7. 白楸 (*Albizzia procera*)

片水势明显较去年11月高(图7)。

四、讨 论

在旱季,由于土壤和空气的干旱,新银合欢、黄檀和绢毛相思有部分叶片脱落。但大叶相思和马占相思叶片繁茂,外观上不表现受旱的症状,表现一定的耐旱特性。绢毛相思、大叶相思和马占相思叶片叶绿素 a/b 略高于 2, 与其他适宜于空旷地生长的植物相似。可能由于干旱使黄檀叶片略有转黄,叶绿素 a/b 和胡萝卜素含量都较其他树种低。

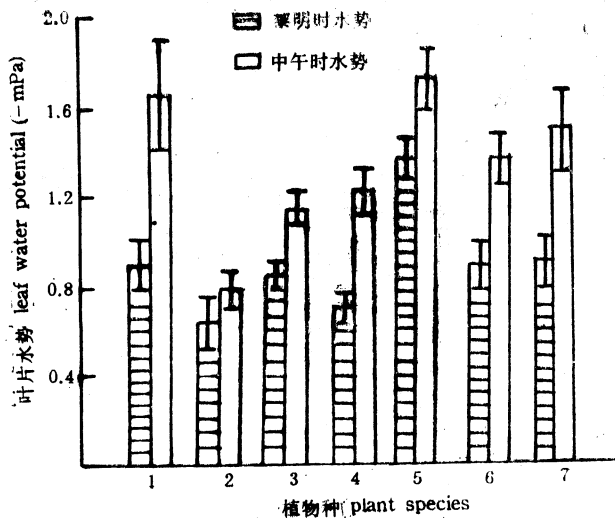


图7 木本豆科植物1月份的叶片水势

Fig. 7 The leaf water potential in leaves of the woody legume plants in January

1. 白格 (*Albizzia procera*)
2. 新银合欢 (*Leucaena leucocephala*)
3. 黄檀 (*Dalberia hupeana*)
4. 格木 (*Erythrophleum foridii*)
5. 绢毛相思 (*Acacia cincinata*)
6. 马占相思 (*A. mangium*)
7. 大叶相思 (*A. auriculaeformis*)

新银合欢和格木的光合作用光饱和点和光补偿点相似于大多数 C_3 植物^[1, 2]。表明所引种的木本豆科植物适于一般生长条件, 光强在 $0.7 \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的环境最适宜。过低光强, 或过分密植时叶片相互遮荫, 都会引起叶片光合速率的明显降低。

旱季, 由于叶片光合速率低, 植物生物产量较低。如马占相思叶片光合速率约 $3 \text{mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, 以平均日照时间 8.5h , 每公顷叶面积 $84 \times 10^3 \text{m}^2$ 计算^[4], 日 CO_2 积累量为 $21.42 \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$; 相当日干物质积累 $13.7 \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。植物光合速率低, 主要是旱季的低气孔传导率限制了外界 CO_2 向细胞内扩散, 减少了 CO_2 的供给, 而不是干旱对光合代谢的直接作用^[6]。这从我们的结果也得到证明。

不同植物种类气孔对温度和湿度变化有不同反应。日出后太阳辐射增高使气孔开启, 气孔传导率增大。但叶温升高又使得蒸汽压陡度增高。马占相思气孔可能对这一变化反应敏感, 气孔传导率达到最大值后, 则下降。而绢毛相思和黄檀, 可能气孔对温度变化反应敏感, 午后叶温较高, 植物气孔传导率增高和蒸腾速率提高, 有利加强通过腾蒸来降低叶温, 这是植物对环境适应的一种特性。在午后较长的高温下, 由于腾蒸强度增大直接改变了叶片的水分状况, 而使气孔传导率下降。由于种间气孔对温度和湿度的不同反应, 形成不同的气孔传导率和蒸腾速率日变化进程。

白格具有较高气孔传导率和光合速率的这一结果, 再一次证明两者间存在直接的关系。植物要维持较高的光合速率, 必须保持最大的气孔传导率, 以提供羧化部位所需要的 CO_2 , 但气孔的开启又不可避免地导致叶片蒸腾作用的加剧, 在这一关系中, 叶片水势变化将起着一定的调节作用^[3]。当失水过多, 叶片水势明显下降时, 便引起气孔保卫

细胞膨压消失,使气孔孔隙变小,或引起气孔关闭。当植物根从土壤吸收水分,引起叶片水势回升,气孔则又重新开启。无疑,气孔传导率的变化还受到光、温和空气水分饱和和亏缺等因素影响^[5]。

白格叶片蒸腾速率较黄檀、绢毛相思和大叶相思大,但水分利用效率($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1} / \text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)相近似。白格、黄檀、绢毛相思和大叶相思在旱季的水分利用效率分别为7.75, 6.25, 7.08和6.44,这些树种的水分利用效率较野生植物高^[1]。

早上的叶片水势较中午高,翌年1月的叶片水势较前一年11月高。表现空气相对湿度和土壤水分状况的任何变化,都会反映在植物叶片水势的变化上。南亚热带丘陵山地的土壤表层含水量低,旱季时一般气温仍较高,叶片蒸腾失水大,这是造成叶片水势降低的主要原因^[3]。几种木本豆科植物具有较高水分利用效率,表明它们适应这一环境条件。

参 考 文 献

- [1] 孙谷畴, 林植芳, 1989: 鼎湖山自然保护区热带季风常绿阔叶林光合生态生理研究及展望。中国科学院华南植物研究所集刊。第5集, 科学出版社, 109—116页。
- [2] 孙谷畴, 1987: 荷树的气体交换对某些环境因子的反应。林业科学, 23: 403—442。
- [3] 孙谷畴, 莫熙穆, 1990: 两种相思树光合作用对干旱的反应。广西植物, 10: 215—222。
- [4] 余作岳, 彭少麟, 张文其, 1989: 广东鹤山亚热带丘陵人工林群落分析Ⅱ, 马占相思林的群落结构。中国科学院华南植物研究所集刊。第5集, 科学出版社, 85—94页。
- [5] Lange, O.L., R.Losch, E-d. Schuize and L.Kappen, 1971: Responses of stomata to changes in humidity. *Planta*, 100: 76—86。
- [6] Mooney, H., J. H. Troughton and J. A. Berry, 1974: Arid climatic and photosynthetic systems. *Carnegie Inst. Year Book*, 73: 805—809。

PHOTOSYNTHESIS AND TRANSPIRATION IN LEAVES OF SOME WOODY LEGUME PLANTS IN THE DRY SEASON

Sun Guchou, Wei Chuazhao,

Zhao Ping and Yu Zuoyue

(Heshan Downland Interdisciplinary Experimental Station, Academia
Sinica, Heshan, Guangdong 529700)

Abstract

The water content, chlorophyll content and the daily courses of net photosynthesis, transpiration rate and leaf water potential of some woody legume plants, including *Albizzia procera*, *Dalbergia hupeana*, *Erythrophleum foridii*, *Acacia auriculaeformis*, *A. cincinnata*, *A. mangium* and *Leucaena leucocaphate* were measured in November in the field.

The leaves of *Leucaena leucocaphate* had much higher chlorophyll content ($51.6\mu\text{g chl cm}^{-2}$) as compared with the others. *Acacia cincinnata* and *A. auriculaeformis* had higher chl a/b in leaves. At leaf temperature of 25°C , the

light compensation point of photosynthesis in leaves of *Leucaena leucocaphala* and *Erythrophleum foridii* occurred at 0.03 to 0.05 $\text{m mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, and the photosynthesis was saturated at light intensity of 0.75 $\text{m mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

During the day time, the photosynthetic rate in leaves of above species increased as the sun raised and reached the maximum value at 13 PM, then fell to the lowest value at 17PM. Among these species, much higher photosynthesis was observed in the leaves of *Albizia procera*. An average photosynthetic rate with $9.03 \pm 7.28 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ was found for this plant while by 4.78 ± 2.79 , 4.61 ± 4.51 and $4.59 \pm 2.79 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ for leaves of *Dalbergia hupeana*, *Acacia cincinata* and *A. auriculaeformis*, respectively. The higher stomatal conductance occurred in leaves of *Albizia procera* but lower values of 0.08 to 0.1 $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ for the others. The water use efficiency was $7.75 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2}\text{s}^{-1} / \text{m mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ for leaves of *Albizia procera* and by 6.26 to 7.08 for the others. Leaf water potential in the morning was similar with -1.0 to -1.1 mPa in all these plants, but showed the difference with -1.65 to -2.5 mPa at noon. When the water stress released partly in January next year, the values of water potential measuring in the morning or at noon were higher than in last November.

Key words: Woody legume plants; Photosynthetic rate; Stomatal conductance; Leaf water potential