

## 两种相思叶片光合作用对干旱的反应

孙谷畴 林植芳 林桂珠 王伟

(中国科学院华南植物研究所, 广州)

莫熙穆

(华南师范大学生物系, 广州)

**摘要** 比较了绢毛相思和大叶相思的叶特性, 旱季的田间光合速率和供水短缺对光合速率、气孔传导率和蒸腾速率的影响。绢毛相思的比叶重、单位叶面积的叶绿素含量和叶绿素a/b均较大叶相思高, 但叶片含水量略低。绢毛相思的中午时叶片水势为 $-0.6 \pm 0.05 \text{MPa}$ , 而大叶相思则为 $-1.18 \pm 0.07 \text{MPa}$ 。绢毛相思叶片水势降低时, 叶片鲜重的变化较大叶相思大。旱季10月, 两种相思的日平均光合速率相近似, 但绢毛相思有较高的气孔传导率和蒸腾速率。干旱处理引起大叶相思叶片水势降低较绢毛相思大。当绢毛相思叶片水势从 $-0.76 \text{MPa}$ 降至 $-1.35 \text{MPa}$ , 日平均光合速率降低49.4%; 而大叶相思, 叶片水势从 $-1.22 \text{MPa}$ 降低至 $-2.2 \text{MPa}$ , 日平均光合速率降低55.0%。大叶相思叶片水势降低的幅度比较大, 光合速率降低亦大。

**关键词** 绢毛相思和大叶相思; 光合作用; 水分胁迫

### 前 言

绢毛相思 (*Acacia cincinata*) 和大叶相思 (*Acacia auriculaeformis*) 适于南亚热带地区生长, 是该地带丘陵荒坡改造和水土改良的优良树种。由于相思树生长快, 冠层繁茂, 又是丘陵山地的绿化植物。目前在广东的丘陵山地已陆续开始种植。但对于它们的生理特性和对环境因素的反应仍所知甚小。阐明干旱所引起叶片水势降低对两种相思树叶片光合速率、气孔传导率和蒸腾速率的影响, 将有助进一步了解两种相思树对干旱的生理适应性, 为扩大种植和南亚热带丘陵荒地的利用改造, 因地制宜地选择树种提供依据。

### 材 料 和 方 法

绢毛相思和大叶相思树种植在本所植物园。树高3米。选取三棵植株进行测定。每棵植株选三枝枝条, 每枝枝条选三片叶片。叶片为东南矢向的阳叶。另在温室内盆栽两种相思树。植株高1米左右。分别进行灌水和干旱两种处理。并在不同停水时间测定叶片水势、光合速率、气孔传导率和蒸腾速率。

叶片水势的测定: 中午时自三棵植株各取下三枝带叶的小枝条, 放入塑料袋和置于冰瓶内, 以避免叶片失水。在室内利用PMS压力室(PMS Instrument, Corvallis, Oregon)法测定。

叶片光合速率的测定: 利用北京分析仪器厂的QGD-07型红外线二氧化碳分析仪, 采用封闭式二氧化碳测定系统进行测定。叶室体积350立方厘米。外界二氧化碳浓度 $360 \mu\text{l} \cdot \text{l}^{-1}$ 。

气流流速 $0.51 \cdot \text{min}^{-1}$ 。

叶片气孔传导率和蒸腾速率的测定：利用 LI-COOR 1600型稳态气孔计进行测定。所测得的气孔阻抗换算为气孔传导率。

### 结 果

#### 一、绢毛相思和大叶相思叶片特性的比较

从表 1 可见，绢毛相思叶片的含水量较大叶相思略低，但比叶重和以叶面积为单位的叶绿素含量则较高。绢毛相思叶片的叶绿素 a/b 较大叶相思高，表明前者的叶绿素 a 比例较大。在田间条件下，绢毛相思的中午时叶片水势为 $-0.6 \pm 0.05 \text{ MPa}$ ，而大叶相思则达 $-1.18 \pm 0.07 \text{ MPa}$ 。中午时，大叶相思的叶片水势较低。

表1 绢毛相思和大叶相思的叶片特性  
Table 1 The leaf characteristics for *Acacia auriculaeformis* and *Acacia cincinnata*

	叶片含水量 water content %	比叶重 ratio of area and weight $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$	叶绿素 chlorophyll		
			含量 content		%
			$\mu\text{gchl} \cdot \text{cm}^{-2}$	$\text{mg/gFW}$	
绢毛相思	$70.75 \pm 1.91$	10.17	13.02	1.836	3.53
大叶相思	$71.25 \pm 4.31$	8.32	11.58	2.065	2.76

图 1 表明，绢毛相思叶片水势降低时，由于水分散失引起叶片鲜重的变化较大叶相思大。表现为叶片水势降低与叶鲜重变化关系的直线斜率较缓，即在相同叶片水势降低时，绢毛相思叶片的相对含水量变化较大。

#### 二、两种相思田间光合速率、气孔传导率和蒸腾速率的日变化

10月的田间测定表明（图 2），两种相思有着相近似的叶片光合速率日变化进程。日出

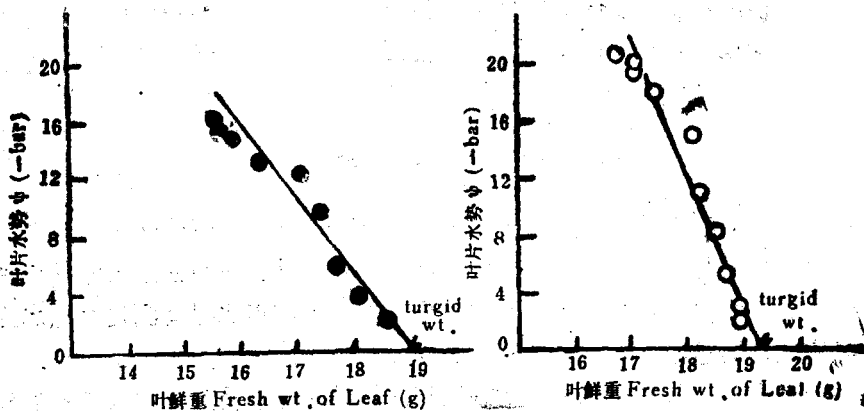


图 1 绢毛相思(●)和大叶相思(○)叶片水势降低时叶片鲜重的变化  
Fig.1 The change of leaf fresh weight in *Acacia auriculaeformis* (○) and *Acacia cincinnata* (●) during leaf water potential developed

后,随着光合光子流通量增高(图2 右上角),叶片光合速率增高。约在10:30和11:30时,光合速率达至最大值,随后则逐渐降低。两种相思树的叶片日平均光合速率相近似(绢毛相思和大叶相思分别为 $9.56$ 和 $9.04 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ )。早上,两种相思的气孔传导率最高,随着时间推移,气孔传导率明显地降低。有趣的是,绢毛相思气孔传导率和蒸腾速率较大叶相思高。日出后,叶片蒸腾速率增高,在11:00,蒸腾速率达至最大值,随后则逐渐降低。绢毛相思的叶片蒸腾速率明显地高于大叶相思(图3和4)。结果表明,在上午,两种相思的光合速率随光合光子流通量增高而增大,但午后则很快降低。两种相思的日平均光合速率相近似。但绢毛相思的气孔传导率和蒸腾速率均明显地较大叶相思高。表明,在常态下绢毛相思气孔多处于开启状态,叶片蒸腾失水亦较高。但叶片水势则高于大叶相思。可能绢毛相思有

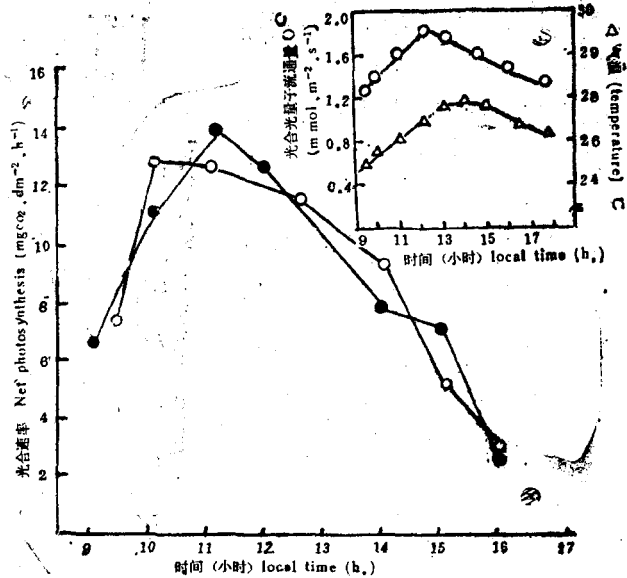


图2 绢毛相思(●)和大叶相思(O)叶片光合速率的日变化进程。右上角图表现光合光子流通量和气温的日变化

Fig. 2 Diurnal changes of photosynthetic rate in leaves of *Acacia auriculaeformis* (O) and *Acacia cincinata*(●). The changes of photosynthetic photon density and air temperature were measured as shown in the figure inset

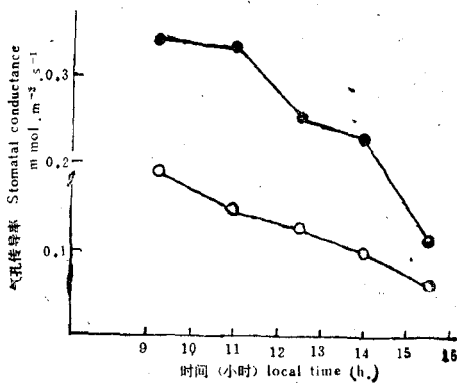


图3 绢毛相思(●)和大叶相思(O)气孔对水分传导率的日变化

Fig. 3 Diurnal changes of stomatal conductance in leaves of *Acacia auriculaeformis* (O) and *Acacia cincinata* (●).

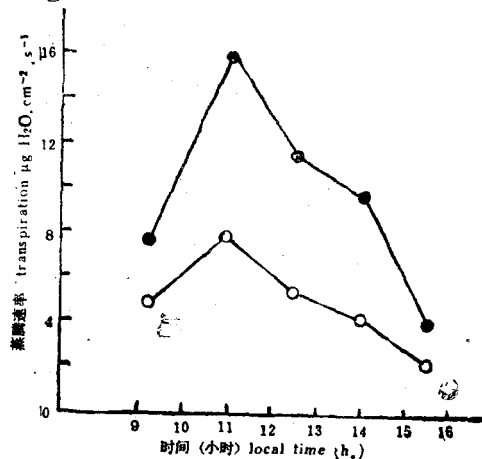


图4 绢毛相思(●)和大叶相思(O)叶片蒸腾速率的日变化

Fig. 4 Diurnal changes of transpiration in leaves of *Acacia auriculaeformis* (O) and *Acacia cincinata* (●)

较强大的根系吸水系统, 从土壤吸收水分来补充叶片的蒸腾失水和维持高的叶片水势。

### 三、干旱处理对两种相思叶片光合速率、气孔传导率和蒸腾速率的影响

图5表明, 在浇水条件下, 绢毛相思中午时叶片水势为-0.76MPa。日出后, 叶片光合速率增高, 约在11:00达至最大值。午后则降低。表现明显的日变化进程。早上11:30, 气孔传导率和蒸腾速率均达至最大值。在停水5天, 中午时叶片水势降低至-0.92MPa, 最大光合速率较浇水处理低22.6%。与此同时, 最大气孔传导率和蒸腾速率亦分别降低62.5%和52.6%。表明水分供应的暂时短缺引起绢毛相思叶片水势明显降低和气孔的关闭, 光合速率和蒸腾速率减低。当停水11天, 叶片水势达-1.35MPa, 除上午时光合速率略高外, 11:00以后, 光合速率明显减低。最大光合速率仅为浇水时的55.0%。一天中气孔传导率和蒸腾速率很低(图6和7)。表明多数气孔完全关闭, 蒸腾速率很低。

在浇水条件下, 大叶相思的中午时叶片水势较低(-1.22MPa)。上午时的叶片最大光合速率达 $16.8 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ , 略低于绢毛相思(图8)。当停水5天, 中午时叶片水势为-1.4MPa, 最大光合速率降低26.0%。早上9:00, 气孔传导率和蒸腾速率较高, 但近中午时的气孔传导率和蒸腾速率较浇水处理低50.0%和66.6%(图9)。当停水11天, 大叶相思的中午时叶片

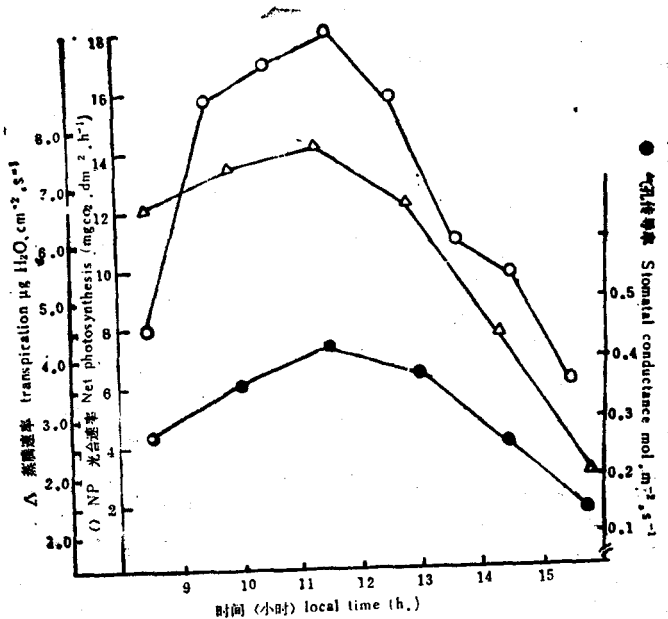


图5 灌水处理的绢毛相思叶片光合速率(O), 气孔传导率(●)和蒸腾速率(Δ)的日变化  
Fig. 5 Diurnal changes of photosynthetic rate (O), stomatal conductance (●) and transpiration (Δ) in leaves of *Acacia cincinata* in watering condition.

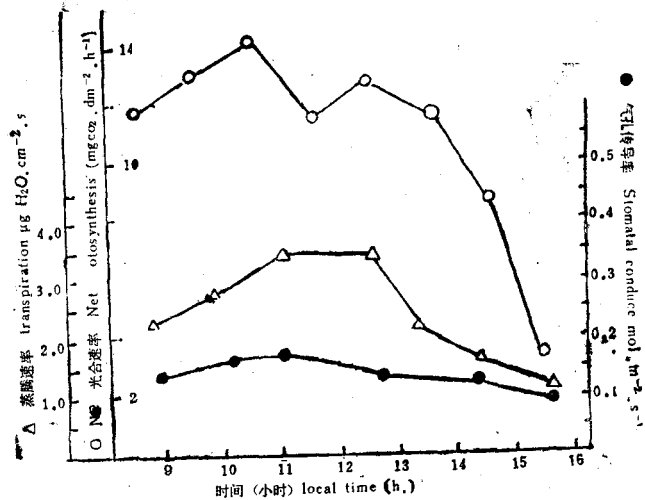


图6 停水5天处理绢毛相思叶片光合速率(O)、气孔传导率(●)和蒸腾速率(Δ)的日变化  
Fig. 6 Diurnal changes of photosynthetic rate(O), stomatal conductance (●) and transpiration (Δ) in leaves of *Acacia cincinata* during stop watering for 5 days.

水势达-2.2MPa, 最大光合速率较浇水处理降低39.80%。气孔传导率和蒸腾速率很低(图10)。

表2表明, 干旱处理引起大叶相思叶片日平均光合速率降低的幅度较绢毛相思大。结果表明, 短暂性的供水不足引起两种相思叶片水势降低的程度不同。在常态下, 大叶相思叶片水势较绢毛相思低, 水分供应短缺引起大叶相思的叶片水势降低亦较绢毛相思明显。可能由于水分短缺, 使气孔关闭和气孔传导率降低, 从而引起叶片光合速率的下降。大叶相思叶片光合速率对缺水的反应较绢毛相思大。

### 讨论

两种相思树是适于南亚热带丘陵山地生长的树种。绢毛相思的比叶重较大叶相思大, 叶较厚。由于厚叶的常绿叶片是大量的碳素投资到具光合能力的结构上, 光合速率亦较高。绢毛相思的叶片具绒毛。这一结构有利于反射投落在叶片上的太阳辐射, 降低了叶温。Dunn (1975)<sup>[1]</sup>认为硬叶的内在阻力大, 减少蒸腾的水分散失, 同时也限制了二氧化碳的吸收。但在常态下, 绢毛相思有着较高的气孔传导率, 气孔开放大, 因而硬叶结构对CO<sub>2</sub>吸收的限制较小。同时, 蒸腾速率和叶片水势亦较高。绢毛相思有发达的根系, 可以从土壤吸收水分, 源源不断地补充叶片水分散失和维持较高的叶片水势。大叶相思的叶片有明显的角质层结构, 这有利于减少水分的散失, 表现叶片对干旱的适应性<sup>[3, 4]</sup>。在常态下, 大叶相思的

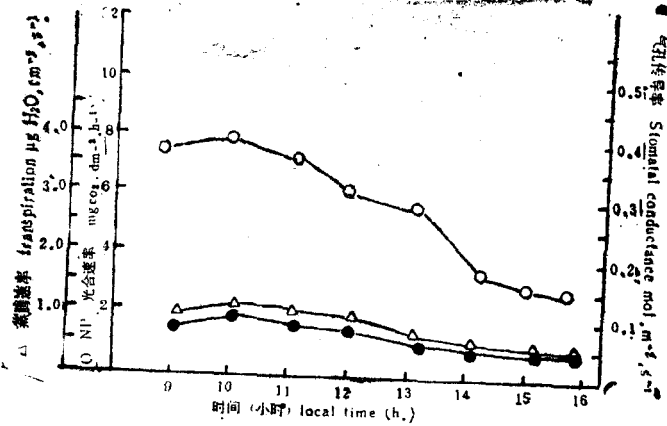


图7 停水11天处理绢毛相思叶片光合速率(O)、气孔传导率(●)和蒸腾速率(Δ)的日变化  
Fig. 7 Diurnal changes of photosynthetic rate (O), stomatal conductance (●) and transpiration (Δ) in leaves of *Acacia cincinata* during stop watering for 11 days

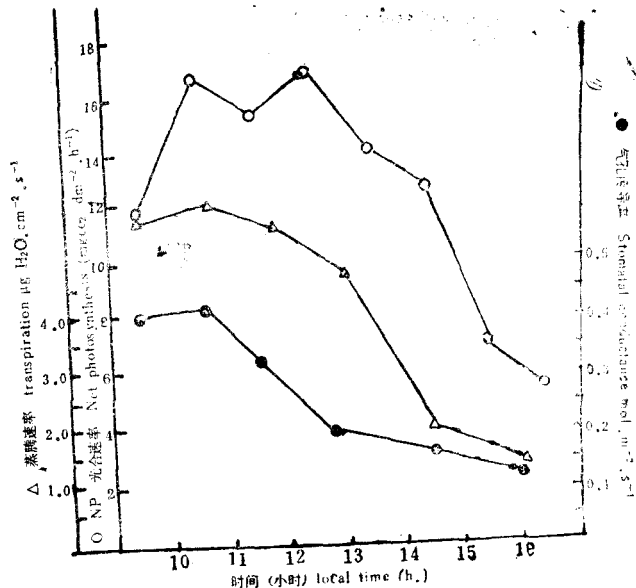


图8 灌水处理大叶相思的叶片光合速率(O)、气孔传导率(●)和蒸腾速率(Δ)的日变化  
Fig. 8 Diurnal changes of photosynthetic rate (O), stomatal conductance (●) and transpiration (Δ) in leaves of *Acacia auriculiformis* in watering condition

气孔传导率和蒸腾速率都明显地较绢毛相思低。中午时叶片水势亦较低。Duhme (1974) <sup>21</sup>曾指出,低叶片水势是植物忍耐干旱的一种信号,气孔的关闭反应有利于植物对干旱的躲避。两种相思的叶片含水量相近似。当叶片水势降低时,大叶相思叶片鲜重的减少较绢毛相思小,即叶片水势降低引起组织含水量波动较小。Walter和Kreeb (1970) <sup>9</sup>把植物分为“水稳定种”和“水不稳定种”,这反映出植物对水分胁迫的不同适应性。当叶片水势降低时,叶组织能保持适量的水分,将有利于维持代谢活性部位的结构,无疑,这是对干旱适应的一种反应。两种相思树都表现对干旱胁迫不同的适应特性。

干旱引起叶片水势降低时,光合速率的降低,可能主要是由于气孔关闭,气孔传导率下降,从而限制了二氧化碳的吸收,而不是干旱对光合代谢的直接作用(Mooney等1974) <sup>[6]</sup>。在常态下,绢毛相思有高的气孔传导率,当水分供应短缺时,叶片水势降低至-0.92 MPa,气孔表现部分地关闭。大叶相思叶片水势降低至-1.4 MPa,气孔传导率降低达50%。气孔对叶片水分亏缺的反应有助于估计干旱对植物光合代谢的影响。本文结果表明,水分亏缺引起大叶相思叶片水势降低的幅度较绢毛相思大,日平均光合速率的降低亦较大。

有关两种相思树生长量及生物量形成对干旱的反应另文报道。

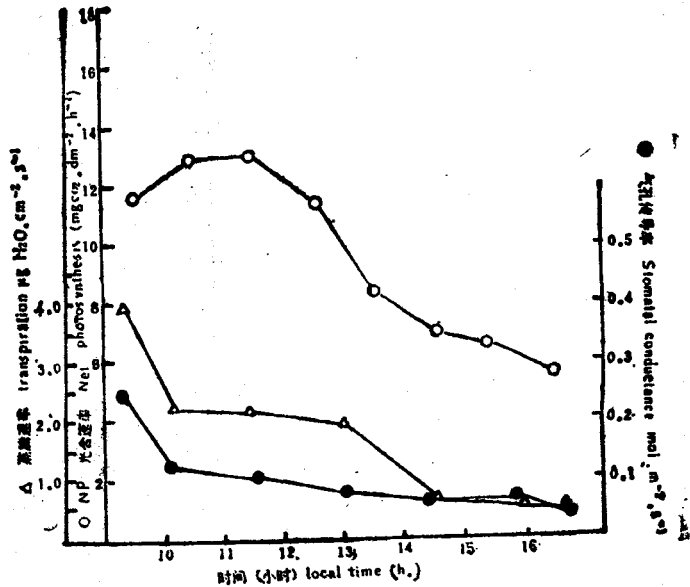


图9 停水5天处理大叶相思叶片光合速率(○)、气孔传导率(●)和蒸腾速率(△)的日变化  
Fig. 9 Diurnal changes of photosynthetic rate (○), stomatal conductance (●) and transpiration (△) in leaves of *Acacia auriculiformis* during stop watering for 5 days

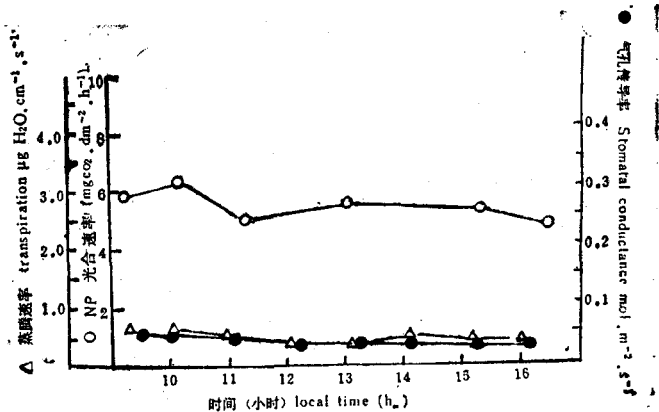


图10 停水11天处理大叶相思叶片光合速率(○)、气孔传导率(●)和蒸腾速率(△)的日变化  
Fig. 10 Diurnal changes of photosynthetic rate (○), stomatal conductance (●) and transpiration (△) in leaves of *Acacia auriculiformis* during stop watering for 11 days

表2 浇水和干旱处理下绢毛相思和大叶相思日平均光合速率变化  
 Table 2 Daily average rate of photosynthesis in leaves of *Acacia cincinnata* and *Acacia auriculaeformis* during well-watering and water stress developed

处 理	绢 毛 相 思		大 叶 相 思	
	日平均光合速率 $\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$	降低 %	日平均光合速率 $\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$	降低 %
浇 水	12.61	—	12.15	—
停水5天	10.63	15.70	9.87	18.76
停水11天	6.38	49.40	5.39	55.03

## 参 考 文 献

- (1) Dunn, E. L., 1975: Environmental stress and inherent mition affecting  $\text{CO}_2$  exchange in evergreen sclophylls in mediterranean climates. in. Perspectives of biophysical ecology. Ecological Studies, Vol. 12, eds. by Gates, D.M., Schmerl, R.B., PP. 159—181. New York-Heidelberg.
- (2) Duhme, F., 1974: Die kennzeichnung der ökologischen Konstitution von Gehölzen im Hinblick auf den Wasserhaushalt Dissertationes Botanicae Vol. 28. Lehre
- (3) Hsiao, T. C., 1973: Plant response to water stress. An. Rev. Plant Physiol. 24: 519—570
- (4) Jarvis, P.G., et al., 1963: The water relations of tree seedlings. Physiol., Plantarum. 16: 501—516
- (5) Mooney, H., et al., 1974: Arid climatic and photosynthetic systems. Carnegie Inst. Year Book. 73: 805—809, Stanford, California
- (6) Water, H., et al., 1970: Die Hyratation und Hydratur des protoplasmas der Pflanze und ihre öko-physiologische Bedeutung. Wien and New York, Springer

## RESPONSE OF PHOTOSYNTHESIS IN LEAVES OF ACACIA SPECIES ON WATER STRESS

Sun Guohou, Lin Zhifang, Lin Guizhu and Wang Wei  
(South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou)

Mo Ximu  
(Department of Biology, South China Normal University, Guangzhou)

**Abstract** Leaf characteristic, net photosynthesis which was measured in the field and green house, the effects of water stress on photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration in leaves of *Acacia auriculaeformis* and *Acacia cincinata* were studied. The ratio between weight and area in leaf, chlorophyll content and chlorophyll a/b in *Acacia cincinata* were greater than that of *Acacia auriculaeformis*. But higher water content in leaves was found in *Acacia auriculaeformis*. Leaf water potential at noon was  $-0.6 \pm 0.05$  MPa for *Acacia cincinata* and by  $-1.18 \pm 0.07$  MPa for *Acacia auriculaeformis* in same condition. The change of leaf fresh weight for *Acacia auriculaeformis* was greater than that of *Acacia cincinata* during leaf water potential fall down.

A same rate of photosynthesis which was measured in the field was found for these species. But apparently higher stomatal conductance and transpiration were observed in leaves of *Acacia cincinata*. It may be beneficial for CO<sub>2</sub> assimilation for this species in the field during dry season of a year. The greater fall of leaf water potential in *Acacia auriculaeformis* was found during water stress developed as compared with that of *Acacia cincinata*. And diurnal average rate of photosynthesis decreased by 49.4% as leaf water potential fall from  $-0.75$  MPa to  $-1.35$  MPa in leaves of *Acacia cincinata* whereas a fall by 55.0% in leaves of *Acacia auriculaeformis* as leaf water potential declined from  $-1.22$  MPa to  $-2.2$  MPa.

**Key words** *Acacia cincinata* and *Acacia auriculaeformis*; photosynthesis; water stress