

## 生态条件对马占相思结瘤固氮的影响

丁明懋 蚁伟民 廖兰玉 傅声雷 余作岳

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

### 摘要

本文研究了马占相思 (*Acacia mangium*) 结瘤固氮和生态条件的关系。结果显示, 马占相思根瘤固氮活性的昼夜变化与固氮能源的供给有关, 它受光、温影响较大, 固氮活性昼夜变化的范围为  $1-5 \mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{g}^{-1} \text{ fresh nodule h}^{-1}$ 。固氮活性的季节性差异也很明显, 且与温、湿度的变化关系密切, 在温、湿度较好的 5 月—10 月, 固氮活性较高, 为  $3-10 \mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{g}^{-1} \text{ fresh nodule h}^{-1}$ 。冬春的干旱和低温会影响根瘤的生长和存活, 造成固氮活性降低甚至失去活性。不同年份和林地的根瘤生物量为  $104-625 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , 以幼林期根瘤生物量较高, 多数样地的根瘤生物量在  $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  以上。随着森林生态系统的发展, 根系往土层深处生长以及林下草本和灌木层的生长等原因, 根瘤生物量会受影响而有所下降。施肥松土能提高根瘤生物量  $57-344 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , 对增加固氮量有重大意义。

关键词: 马占相思; 结瘤; 固氮; 生态条件

马占相思 (*Acacia mangium*) 原产澳大利亚、巴布亚新几内亚及印度尼西亚等地, 属湿热带树种。马占相思耐酸、瘠土壤, 速生, 在东南亚每年树高增长  $3-4 \text{ m}$ , 年平均为  $3.4 \text{ m}^{(13)}$ ; 在我国亚热带和热带地区试种, 年平均树高增长  $2-3 \text{ m}^{(6,12)}$ , 比大叶相思 (*Acacia auriculiformis*) 和新银合欢 (*Leucaena leucocephala*) 的生长还要快<sup>(10,11,12)</sup>。马占相思是造纸、木材、制板、家具制造、建筑用材及薪材等的好原料<sup>(5,9)</sup>。近年来非洲、南美及东南亚等地都在扩大马占相思的种植面积, 仅印度尼西亚已有  $5000 \text{ ha}$  以上<sup>(13)</sup>。我国于 1979 年在广东、广西开始引种马占相思, 其后逐渐扩大种植面积, 并有组织有计划地育苗造林, 对生长发育、病虫害、风害和寒害等进行了较系统的和多方面的研究<sup>(5)</sup>。但在结瘤固氮方面, 国内只有少数文章对马占相思的固氮活性及固氮量进行了报道<sup>(1,8)</sup>, 而在马占相思的结瘤固氮与我国种植地的生态环境关系方面, 还未见有较为详细、深入的研究报告, 本文着重在这方面进行研究, 为马占相思在我国的种植提供科学论据。

### 材料和方法

试验地 鹤山县位于东经  $112^{\circ}53'15''-112^{\circ}54'00''$ , 北纬  $22^{\circ}40'07''$ , 属季风南亚热带湿润气候区, 年平均日照时数及太阳辐射量分别为  $1797.8 \text{ h}$  和  $435762 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$ , 年平均气温

本研究得到中国科学院华南植物研究所所长基金及国家自然科学基金 (华南豆科植物的分类及资源利用研究) 的资助, 蔡锡安先生提供气象资料, 硕士研究生王作明及鹤山林科所职工协助野外调查, 在此一并致谢。

1993-12-08 收稿; 1994-02-01 修回

21.7℃, 最热和最冷月均温为 29.2℃和 12.6℃, 无霜期年平均为 354.1d, 年平均雨量 1801.1mm, 分布不均匀, 有明显的干、湿季之分。所有试验地均选自鹤山县林科所(即中科院鹤山丘陵综合试验站)的马占相思人工林, 在海拔 100m 以下的低丘上。土壤为砂页岩发育而成的赤红壤, 湿土松散、干土板结, pH4.5—5.0。试验地概况如下:

I、鱼塘边山东南坡马占相思林地: 1983年4月播种, 7月13日定植, 株行距 3.3m×3.3m, 9月施氯化钾和尿素各 50g/株。1984年7月等高线带状沟施垃圾肥, 沟宽 0.5m、深 0.2m, 平均每株施肥约 4kg。以下称其为施肥松土试验地。

II、鱼塘边山西北坡马占相思林地: 与 I 号样地位于同一低丘, 种植及施肥管理等同 I 号样地。以下称施肥松土试验地。

III、鹤亭山东南坡马占相思林地: 1983年7月播种, 1984年5月定植, 株行距 3.3m×3.3m, 定植时每株施过磷酸钙及氯化钾各 50g, 表土回坑, 此后不再施任何肥料。以下称不施肥试验地。

IV、鹤亭山西北坡马占相思林地: 与 III 号样地同一丘陵地播种, 定植情况同 III 号样地, 1984年8月根部施垃圾肥约 4kg/株。以下称施肥试验地。

**采样方法** 在一片试验地内沿对角线从右到左分上、中、下三个样方, 每个样方以四株树构成, 面积约 10m<sup>2</sup>, 在四株树构成的田字形的每个交叉点上挖取根瘤, 共挖九个穴, 每穴体积 0.4×0.4×0.2m<sup>3</sup>, 如图 1 所示。

**固氮活性的测定** 用乙炔还原法测定根瘤的固氮活性<sup>[3]</sup>。

**根瘤生物量测定** 根瘤采集完毕后, 清除泥沙、杂物、称鲜重。

气象资料取自鹤山县林科所气象站。

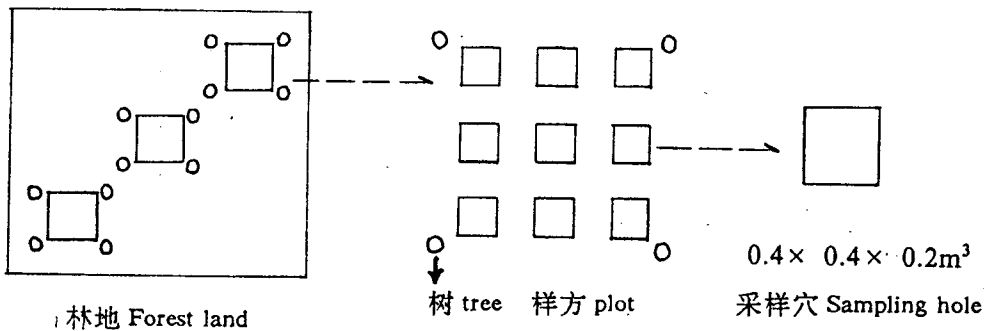


图 1 根瘤采样示意图

Fig. 1 Nodule sampling

## 结果分析

### 一、根瘤生长情况

根据多年的观测, 马占相思从幼苗到不同年龄的植株, 在不接种的情况下, 在鹤山的气候条件及土壤条件下均可结瘤。根瘤刚形成时为圆形、粉红色, 其后逐渐长大, 成长圆筒形或分叉成姜状, 尖端仍为粉红色, 其余部分褐色, 大根瘤的长度可达 1 cm 以上。每年 4 月左

右,随着春雨的到来及气温的回升,新根瘤开始形成并生长。11月左右,由于干旱及低温,不仅难发现新形成的根瘤,而且原有根瘤也逐渐干缩死亡,只有极少数根瘤残存下来,次年继续生长。由于各年的气候条件不尽相同,根瘤的形成和生长时间也有相应的变化。例如,1987年1月—3月地表月平均温度为 $21.2^{\circ}\text{C}$ ,4月即可发现新形成的根瘤。但1988年1月—3月地表月平均温度只有 $17^{\circ}\text{C}$ ,4月份就难于找到新形成的根瘤,直到5月才明显地观察到新生的根瘤。

## 二、根瘤的固氮活性

**固氮活性的昼夜变化** 马占相思根瘤固氮活性的昼夜变化如图2所示,其结果与银合欢和苏门答腊合欢(*Acacia glauca*)的研究结果极其相似,均呈双峰型<sup>[7]</sup>。早晨随着日出和光合产物的供给,固氮活性迅速回升,并在9时—13时出现第一个固氮高峰,15时因高温影响(14时地表温度为 $32.7^{\circ}\text{C}$ ),固氮活性明显下降。已有报告指出,温度在 $25^{\circ}\text{C}$ 左右时,根瘤固氮活性最高,温度低于 $10^{\circ}\text{C}$ 或高于 $30^{\circ}\text{C}$ 时固氮活性均急剧下降<sup>[7]</sup>。17时—21时出现第二个高峰,其后由于植物体内固氮能源的消耗,固氮活性也随之而渐降,至清晨降至最低点。固氮活性的昼夜变化与固氮能源的供给有关,受光、温影响较大。

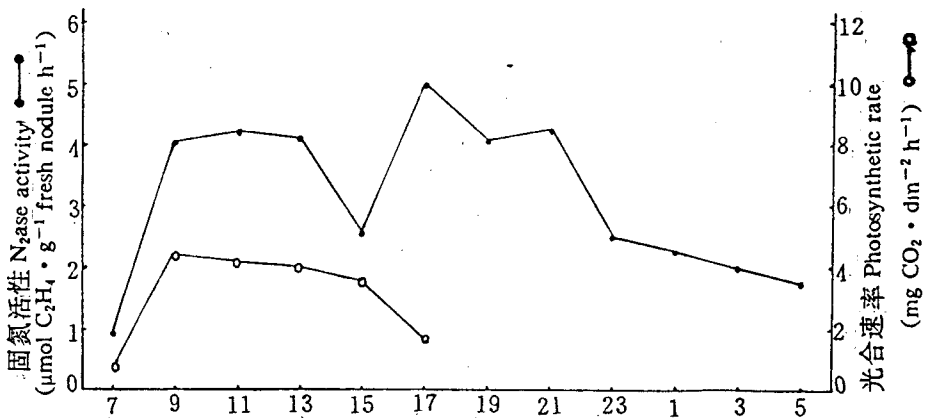


图2 马占相思根瘤固氮活性的昼夜变化\* (1987年10月23日)

Fig. 2 Diurnal variation of nodule  $\text{N}_2$ ase activity of *Acacia mangium* (Oct. 23, 1987)

\* 马占相思的光合速率引自参考文献 [4]

Date of photosynthetic rate are from reference [4]

**固氮活性的季节变化** 不同季节对马占相思根瘤固氮活性的影响,主要是季节性的温、湿度变化引起了植物生长发育的变化,特别是根瘤生长的变化。根据四个试验林地的观测,其结果如表1。从表中可见,11月—4月由于干旱和低温的影响(如前述),固氮活性较低。相反,在温、湿度较好的5月—10月,特别是5月—7月固氮活性较高。根据1987—1988连续两年在I号试验地的观测结果(图3),更可看出温、湿度对马占相思结瘤固氮的影响。比较图3A和B可发现,5月份的固氮活性在图3中A远远高于B,这与图3A中1月—4月的地表温度高于B密切相关。4月份温度图3A比B高,但这个月的固氮活性却是图3A比B低,这

也与温度有关。图 3A 测定时的温度为  $32.5^{\circ}\text{C}$ ，而图 3B 为  $27.5^{\circ}\text{C}$ ， $30^{\circ}\text{C}$  以上高温影响固氮活性降低已如前述。

表 1 马占相思根瘤固氮活性的季节变化\*

Table 1 Seasonal variation of nodule  $\text{N}_2$ ase activity of *Acacia mangium*

试验地 Plots	月 份 Months											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
I	0.4	2.9	0.4	8.2	6.5	10.2	5.0	5.0	3.0	4.0	1.8	
II	0.8	1.3	0.7	9.2	10.3	9.0	7.9	4.8	2.8	1.8	feeble	
III	0.1	0.4	1.6	9.4	10.8	7.8	4.4	4.5	3.4	3.2	0.3	
IV	2.7	0.6	0.3	8.2	7.1	8.0	4.6	3.4	3.3	1.4	feeble	

\* 1. 测定年份 Recorded in 1987

2. 固氮活性 ( $\text{N}_2$ ase activity):  $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{g}^{-1} \text{ fresh nodule h}^{-1}$

3. 因仪器故障, 表中缺 1 月份数据. There is no results in January due to the gas chromatography was out of order.

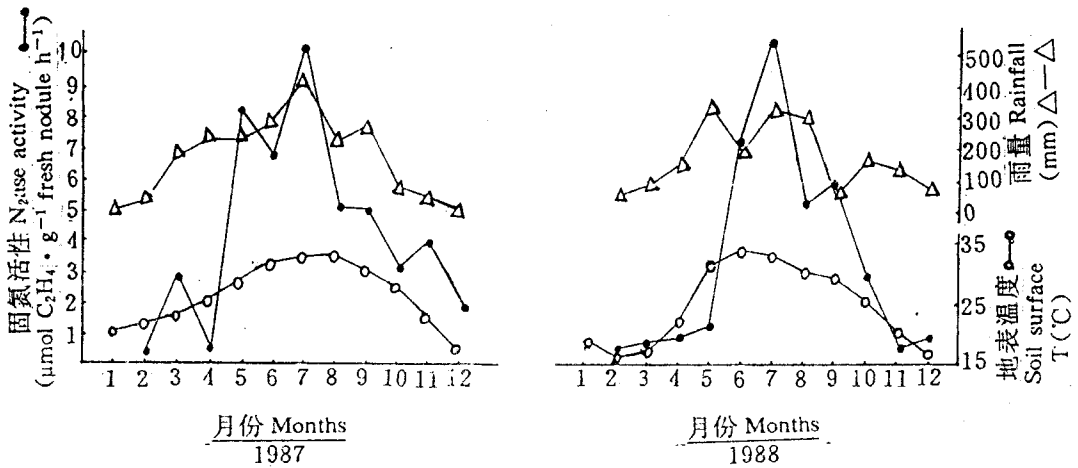


图 3 马占相思根瘤固氮活性的季节变化

Fig. 3 Seasonal variation of nodule  $\text{N}_2$ ase activity

**固氮活性的年际变化** 从 1986 年开始, 连续 8 年对各试验地根瘤生物量及其固氮活性进行了观测, 结果列于表 2。从表 2 可见, 1986 年的根瘤固氮活性较高, 随后则有所降低。其原因是幼林地易选取新鲜、均匀一致的根瘤进行测定, 故活性较高。其后, 随着林龄的增加, 衰老根瘤在林地的积累日渐增多, 而在选择供测定用的根瘤时, 从外观上难于完全把这部分根瘤排除掉, 因此不仅导致固氮活性的降低, 而且还会引起不同样地和年际间测定结果的波动。经过连续多年的观测, 尚未发现马占相思的树龄和根瘤固氮活性之间有明显的关联。但可看出大多数 (72%) 的测定结果, 其固氮活性在  $2-7 \mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{g}^{-1} \text{ fresh nodule h}^{-1}$  之间 (表 2), 表明马占相思人工林有持续结瘤固氮的能力。

表2 马占相思根瘤生物量及固氮活性的年变化\*  
Table 2 The variation of nodule biomass and  $N_2$ ase activity of *Acacia mangium* in different years

年份 Year	试验地 Plots							
	I		I		II		IV	
	B	N	B	N	B	N	B	N
1986	625	8.9±1.0	—	—	281	9.7±0.8	338	6.6±0.6
1987	481	5.8±0.7	356	4.8±0.4	147	4.5±0.8	368	5.1±0.9
1988	392	4.7±0.7	369	7.0±0.4	—	—	211	1.5±0.4
1989	369	4.5±0.5	366	2.9±0.4	—	—	106	1.3±0.3
1990	400	2.8±0.6	131	2.0±0.3	—	—	219	2.7±0.6
1991	139	4.7±1.0	177	2.5±0.3	—	—	114	4.2±1.0
1992	104	0.9±0.4	269	1.8±0.5	—	—	219	1.8±0.8
1993	225	2.1±0.9	175	4.2±0.6	—	—	104	3.2±0.6

\* 1. B=生物量 (Biomass);  $kg \cdot ha^{-1}$

N=固氮活性 ( $N_2$ ase activity);  $\mu mol C_2H_4 \cdot g^{-1} fresh nodule h^{-1}$

2. II号样地的调查工作分别在1986年11月和1987年8月进行。另外该样地于1988年因开路被毁,此后无观测。

The investigations for plot II were conducted in Nov. 1986 and Aug. 1987, and on survey since this plot was destroyed by building a new road in 1988.

**坡向对固氮活性的影响** 从表1可见,坡向的不同对马占相思根瘤固氮活性有所影响。位于东南坡的I和II号试验地,10月—12月份根瘤的固氮活性均高于同一丘陵西北坡的III和IV号试验地,而且10月以后西北坡的根瘤固氮活性比东南坡的下降速度更快,其原因是通常情况下东南坡的温度比西北坡高。

对比表2中1986年和1987年各样地间的根瘤固氮活性,可以认为施肥和松土对固氮活性没有明显的影响。

### 三、根瘤生物量

根据观察,每年10月份左右,马占相思根瘤已基本定形,新生根瘤甚少,所以选择此时期进行根瘤生物量的调查研究,结果见表2。

从表2可见根瘤生物量在幼林期较高,其后有所降低。下降的主要原因是林下草本和灌木层的逐年增长和发展,其根系在表土层占了一定空间,影响了马占相思根系和根瘤的生长。其次,随着林木的长大,根系也随之往土层深处发展,而土层越往下,土壤板结及通气不良情况则越严重,因而影响了根瘤的形成和生长,一般在20cm以下基本上找不到根瘤。

比较表2中1986年不同试验地的根瘤生物量,施肥的I、IV号试验地比不施肥的III号试验地高57—344  $kg \cdot ha^{-1}$ ,由此可见开沟施肥能有效地提高根瘤生物量。因为开沟施肥(施肥松土)改善了土壤的水、肥及通气条件,促进了根系的发展,特别是水平方向的扩展,进而提高了根瘤生物量。再如据1986年的调查,平均每穴根瘤重在近树干基部和离树干较远的株间分别是: I号试验地为10.8g和9.4g,两者甚为接近,表明根瘤水平分布均匀且生物量高;但在不施肥的III号试验地为9.4g和1.2g,两者相差悬殊,根瘤多集中于树干基部周围,而

离树干较远的株间却很少, 故根瘤生物量低。

坡向不同造成温、湿度的差异对根瘤生物量也有轻微的影响。表2中I号和II号试验地在同一丘陵上, 种植、管理的方法相同, 但1987—1993年年平均生物量在东南坡向的I号试验地为  $301 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , 而西北坡向的II号试验地只有  $263 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 。

## 小结和讨论

马占相思是结瘤固氮树种, 因此能否结瘤、根瘤生物量的多少、固氮活性的高低及固氮时间的长短均取决于种植地的生态环境及栽培条件。经多年的调查研究, 鹤山地区引种的马占相思, 自幼苗至不同年龄的树木, 在不接种根瘤菌的情况下均能结瘤固氮, 固氮量为  $56—157 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ <sup>(1)</sup>, 无论是固氮活性、根瘤生物量, 还是固氮量均高于同在鹤山引种的大叶相思<sup>(1)</sup>, 固氮活性也稍高于鼎湖合欢 (*Albizia turgida*) 等5种乡土树种<sup>(2)</sup>。经过连续8年的观测, 马占相思结瘤固氮能力虽有幼林期较好, 其后有所降低的现象, 但到目前为止仍可维持在较好的水平, 表明马占相思人工林是一个能够持续固氮的森林生态系统。因此, 从结瘤固氮方面的研究结果来看, 马占相思可以在鹤山或类似生态条件的地区作为造林绿化、马尾松残林改造和退化生态系统植被恢复等的先锋树种。

## 参 考 文 献

- 1 丁明懋, 蚊伟民, 廖兰玉. 大叶相思 (*Acacia auriculiformis*) 和马占相思 (*Acacia mangium*) 固氮量的研究. 生态学报, 1991; 11 (3): 289—290
- 2 丁明懋, 何道泉, 蚊伟民等. 鼎湖山自然林豆科固氮植物资源的调查研究. 生物多样性, 1993; (1): 1—8
- 3 上海植物生理研究所固氮研究室. 固氮研究中乙炔还原定量测定方法的简化. 植物学报, 1974; 16 (4): 382—384
- 4 孙谷畴, 魏传利, 赵平等. 几种木本豆科植物旱季时的光合和蒸腾作用. 热带亚热带森林生态系统研究, 1990; 第7集: 60—68
- 5 马占相思联合试验组. 马占相思在我国的引种初报. 热带林业科技, 1985; (1): 20—31
- 6 余作岳, 彭少麟, 张文其. 鹤山亚热带丘陵人工林群落分析 1. 马占相思林生物量和生长量. 热带亚热带森林生态系统研究, 1990; 第6集: 145—151
- 7 黄维南. 树木的共生固氮及固氮放线菌. 生物固氮 (尤崇杓、姜涌明、宋鸿遇编). 北京: 科学出版社, 1987; 322—347
- 8 Ding M M, Yi W M, Liao L Y. Effects on nodulation and nitrogen fixation of *Acacia mangium* by fertilization. NFTRR (Nitrogen Fixation Tree Research Report), 1989; 7: 55-56
- 9 Gordon J C, Wheeler C T. Biological nitrogen fixation in forest ecosystem; foundation and application. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk publishers, 1983; 295-315
- 10 Halenda C J, Christine. Performance of *Acacia mangium* Willd. and *Leucocephala* (LAM.) De Wit at Niah Forest Reserve, Sarawak. NFTRR, 1988; 6: 15-17
- 11 Halenda C J. Growth rate of three leguminous tree species on degraded acidic soils. NFTRR, 1990; 8: 40-41
- 12 Huang S N, Zheng H S. Comparative studies on the productivity of some nitrogen fixation tree species grown in a latosol. NFTRR, 1989; 7: 21-24
- 13 Voss R L, Sotarso Priasukmana, Tangketasik J, Daud Leppe. *Acacia mangium* in Kalimantan Timur, Indonesia. NFTRR, 1987; 5: 22-25

## EFFECT OF ECOLOGICAL CONDITIONS ON NODULATION NITROGEN FIXATION OF *ACACIA MANGIUM*

Ding Mingmao Yi Weimin Liao Lanyu Fu Shenglei Yu Zuoyue

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

### Abstract

The nodulation and nitrogen fixation of *Acacia mangium* grown on the hill of Heshan Institute of Forestry in Guangdong was studied. The results showed that the diurnal variation of nodule nitrogenase activity for *Acacia mangium* was related to the energy supply of nitrogen fixation and depended on sunlight and temperature, the range for diurnal variation of nitrogenase activity being 1 to 5  $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{g}^{-1}$  fresh nodules  $\text{h}^{-1}$ . Seasonal variation of nitrogenase activity was related to the temperature and humidity, it ranged from 3 to 10  $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{g}^{-1}$  fresh nodules  $\text{h}^{-1}$  in warm and rainy season from May to October. The growth retardation or death of the nodule and the degradation or loss of nitrogenase activity were affected by dry and low temperature in winter and spring. The nodule biomass for several plots in different years amounted to 104—625  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , and more biomass (over 300  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) appeared in early stage of the forest. Biomass decreased with the increase of forest age due to the herb and shrub developing and the root growth downward to the deep soil. Ditching and fertilizing increased the nodule biomass by 57—344  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , which is significant for increasing the amount of nitrogen fixation.

**Key words:** *Acacia mangium*; Nodulation; Nitrogen fixation; Ecological condition