

# 土壤条件与桤木结瘤固氮的关系\*

刘国凡 邓廷秀

(中国科学院成都分院土壤室)

## 摘 要

具有不同性质和肥力水平的紫色土,明显影响到桤木的结瘤和固氮。沙溪庙组两种紫色土和蓬莱镇钙质轻壤土上,桤木结瘤和固氮能力较高,而高含钙量重壤土和强酸性土上,结瘤少、固氮能力较弱。土壤温度在20—32℃范围对桤木固氮较为适宜,低于20℃时活性逐渐下降。土壤水分过多或缺乏,都导致固氮活性极大降低。在多种紫色土上栽植桤木都能增加土壤的生物氮源,有利于土壤改良。

桤木 (*Alnus cremastogyne* Burk) 广泛分布于我国西南山丘地区。它是一种非豆科根部结瘤树种,具有较强的结瘤固氮能力<sup>[1]</sup>。正大量用作荒山造林的先锋树种和混交林的伴生树种。树叶是优质绿肥,可促进作物增产。关于木本植物固氮的土壤生态问题,文献报道较少。作者通过控制实验和田间调查,探讨了不同土壤和水热因素对桤木固氮的影响,为适地适树、发挥固氮资源的潜力、提高固氮效率提供科学依据。

## 一、材料和方法

选择了四川盆地有代表性的五种紫色土进行盆栽实验。土壤采自宜林山坡表层。土壤基本性质见表1。同时在桤木面积较大的人工林区,进行田间调查研究。

盆栽用陶瓷钵,每盆装过筛土约3公斤,每种处理重复4—5次。控制水分和温度实验,重复5—8次。实验的管理除浇水保湿外未进行施肥。

表1 紫色土的基本性质\*

Table 1 Basic properties of purple soils

土 壤 Soil	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	有机质(%) Organic matter	全N(%) Total	全 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%) Total	全 K <sub>2</sub> O (%) Total	呼吸强度 (CO <sub>2</sub> , mg/g) Respiratory intensity
夹关组酸性中壤土	4.6	0	1.35	0.066	0.020	2.26	0.19
沙溪庙组微酸性沙壤土	5.8	0	1.31	0.061	0.047	1.70	0.15
沙溪庙组中性中壤土	7.7	0.7	2.25	0.138	0.110	1.63	0.64
蓬莱镇组钙质轻壤土	8.2	8.0	0.99	0.054	0.049	1.26	0.13
蓬莱镇组钙质重壤土	8.4	13.3	0.34	0.028	0.058	2.04	0.09

\* 毛建华、邓廷秀同志分析。

固氮活性的测定采用乙炔还原法<sup>[2]</sup>。根瘤放入反应瓶后,抽出6%的空气,注入等体积的乙炔,就

\* 兰凌同志参加部分工作。

地培养一小时。盆栽样品及时检测,田间试样则用饱和食盐水终止反应,带回实验室测定。检测用上海分析仪器厂的 103 型气相色谱仪, GDX-502 层析柱长 2 米,氢焰鉴定器检测,用峰高比法计算乙烯生成量,根瘤以鲜重为基础计算。固氮酶还原 3 克分子乙炔相当于还原 1 克分子的氮,以此根据固氮活性和根瘤量计算植株的固氮量。

## 二、结 果

### (一) 不同土壤对结瘤的影响

供试土壤的性质和养分状况,明显影响桤木的结瘤率和结瘤量(表 2)。在钙质轻壤土和中性中壤土上结瘤量较高,在含钙量过高和质地粘重、或酸性强的土壤结瘤量大大降低。苗龄 14 个月的桤木,在钙质重壤土中结瘤量有所增加,这说明它对钙质土有一定的适应能力。

田间调查的资料表明,植株个体间结瘤量的差异是很大的。而总的趋势是根瘤的数量随年龄而增加。年龄相同的人工林,沟谷地比坡地一般结瘤较多,可能与适宜水分条件的持续供应有关。

表 2 不同土壤中桤木的结瘤量

Table 2 Amount of nodulation of alder in different soils

盆栽实验 Pot culture (单位: 克(鲜重)/株)							
土 壤 Soil	结瘤率(%) Nodulation rate	苗龄(1981—82年) Seedling age		苗龄(1983年) Seedling age			
		8 个月	14 个月	8 个月			
夹关组酸性中壤土	20	0.08	0.09	0.04			
沙溪庙组微酸性沙壤土	—	—	—	0.26			
沙溪庙组中性中壤土	50	0.31	2.58	0.33			
蓬莱镇组钙质轻壤土	70	0.38	1.22	0.39			
蓬莱镇组钙质重壤土	10	0.08	0.63	—			
田间调查 Field observation							
土壤 Soil	林分组成(桤木株数/公顷) Stand constituent (Alder No. / ha.)	树龄(年) Tree age (yr.)	取样株数 Sampling No.	平均瘤重 (g/plant) Mean weight of nodule	衰败瘤(%) Declining nodule rate	活瘤重 (g/plant) Alive nodule weight	结瘤量 [kg (f.w.) / ha.] Nodulation amount
坡地 钙质轻壤土	桤柏混交林	8	8	53.25±51.05	25.2	39.80	107.5
		4	8	29.20±9.09	23.7	22.28	60.2
沟谷地钙质 中壤土	桤木纯林	8	8	77.80±72.78	10.8	69.38	266.0
		4	9	25.40±16.30	13.6	21.96	84.3
		2	34	5.41±3.83	0	5.41	—

### (二) 水热条件对固氮活性的影响

为了解水分、温度对固氮活性的影响,探讨适于根瘤固氮的最佳水热条件,我们用蓬

莱镇组钙质轻壤土装盆, 移植结瘤的幼苗, 待苗龄达15个月后, 树苗平均高  $23.7 \pm 6.7$  厘米时, 分别控制不同的水热梯度级。

土壤湿度控制分为三级: 一级是浇水后待其自然干燥到接近凋萎湿度; 二级是正常供水管理; 三级达饱和含水量持续 5 天。同时取根瘤测定其活性(表 3)。试验表明, 过高或过低的含水量, 皆可导致大量根瘤丧失活性。持续 5 天失活率达 65% 以上, 即使没有失活的根瘤, 活性也显著降低<sup>[8]</sup>。说明土壤湿度是影响活性的重要因素。

盆钵土壤温度的控制分为四级: 一级是将盆钵置于带多量冰块的土中; 二级是将盆钵置于带少量冰块的土中; 三级是处于自然温度; 四级是周围用热水控制盆钵。使盆钵中的土壤梯温保持相对稳定, 梯温持续 4 小时, 取根瘤测定其活性(表 4)。在调控范围内, 随着土壤温度的增加, 活性逐渐增高,  $14.2-20.4^{\circ}\text{C}$  之间活性增长幅度较大,  $20.4-32.0^{\circ}\text{C}$  之间活性增加幅度小。可见  $20^{\circ}\text{C}$  以上对桉木根瘤固氮是较适宜的温度条件。

表 3 土壤湿度对根瘤活性的影响

Table 3 Effect of soil moisture on nodule activity

土壤水分(%) Soil moisture	取样数(株) Sampling No.	固氮活性 ( $\mu\text{M}/\text{g} \cdot \text{h}$ ) Nitrogen fixation activity	根瘤失活率(%) Rate of nodule loss activity
8.8	12	$1.871 \pm 2.382$	66.7
17.4	12	$11.245 \pm 3.183$	0
37.6	11	$0.241 \pm 0.011$	72.7

表 4 土壤温度对根瘤活性的影响

Table 4 Effect of soil temperature on nodule activity

土壤温度( $^{\circ}\text{C}$ ) Soil temperature	取样数(株) Sampling No.	固氮活性 ( $\mu\text{M}/\text{g} \cdot \text{h}$ ) Nitrogen fixation activity
14.2	9	$4.924 \pm 2.624$
20.4	9	$9.906 \pm 4.260$
27.0	17	$10.940 \pm 4.600$
32.0	8	$11.279 \pm 4.558$

### (三) 固氮活性日变化

根瘤活性由于受环境因素的影响, 常产生有规律的日变化。我们选择蓬莱镇钙质轻壤土培育的桉木 1 年生苗作为研究对象, 每隔 1 小时取 5 株结瘤苗木样品, 检测它们的活性, 尽管受植株个体变异的影响, 但从大量的资料仍可看出活性变化的趋势。

9 月末和 11 月初两次测定的结果见图 1。固氮酶的活性在夜间可以是连续的, 并未表现出昼夜的显著差别, 可能由于白天光照提供了足够能源和碳水化合物的供应, 并有适宜温度和湿度条件相配合, 固氮作用可连续进行。桉木固氮酶活性保持较高水平, 有时可达  $20 \mu\text{M}/\text{g} \cdot \text{h}$  以上。活性的日变化, 白天午后和夜间 12 点前各有一次升高, 0—3 点活性减弱, 此后波状起伏, 有增高的趋势。根瘤活性的变化不如气温、土温和光照的变化规

律明显,也并非完全一致,但起伏的基本特征与温度和照度的影响是有关系的。

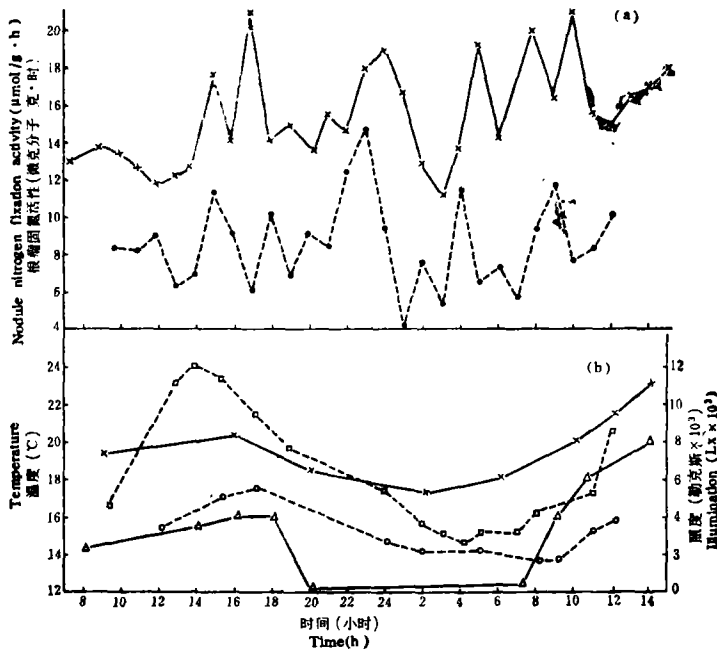


图1 (a)柾木固氮活性在1983年9月27日(x)和11月4日(·)的日变化  
Fig. 1(a) Daily variation of nitrogen fixation activities on September 27(x)  
and November 4(·), 1983

(b) 记录该实验过程9月27日气温(x)、光强( $\Delta$ )和11月4日气温( $\square$ )、土温( $\circ$ )的变化  
Fig. 1(b) Records of variations in air temperature (x) and light intensity ( $\Delta$ ) on September 27 and air temperature ( $\square$ ) and soil temperature ( $\circ$ ) on November 4 during the process of the experiment

#### (四) 不同土壤种类与固氮活性和固氮量的关系

土壤是综合因素起作用,研究不同性质和肥力水平的土壤种类与固氮活性和固氮量的关系有很大实践意义。

表5 不同土壤上柾木固氮活性和固氮量

Table 5 Nitrogen fixation activity and its amount of alder in different soils

土壤 Soil	根瘤固氮活性 ( $\mu\text{M/g} \cdot \text{h}$ ) Nitrogen fixation activity of nodule	固氮量 ( $\text{g/plant} \cdot \text{h}$ ) Nitrogen fixation amount
夹关组酸性中壤土	$5.692 \pm 4.000$	$2.125 \pm 1.493$
沙溪庙组微酸性砂壤土	$7.111 \pm 2.188$	$17.255 \pm 5.309$
沙溪庙组中性中壤土	$13.216 \pm 5.346$	$40.704 \pm 16.465$
蓬莱镇组钙质轻壤土	$7.055 \pm 1.332$	$25.679 \pm 4.848$

对盆栽实验的1年生幼苗根瘤测定结果表明(表5):沙溪庙母质中性中壤土,根瘤固氮能力最高;蓬莱镇组钙质轻壤土也有利于根瘤发育和固氮;夹关组土壤尽管养分含量

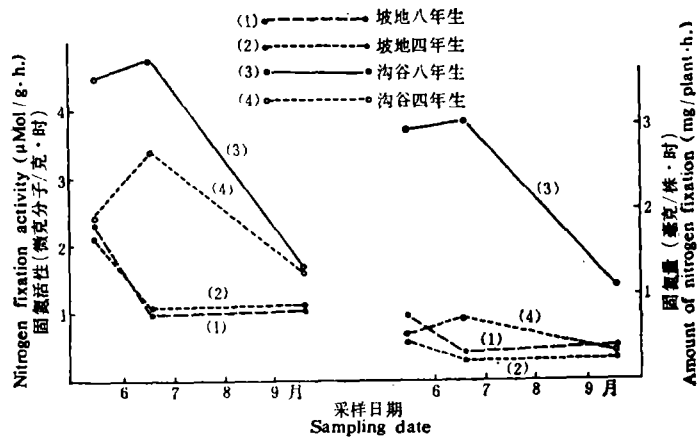


图2 不同生态条件根瘤固氮活性及固氮量

Fig. 2 Nitrogen fixation activity and its amount of nodules under different ecological conditions

优于蓬莱镇组土壤,但结瘤固氮量却很低,可能是土壤酸度大,有碍根瘤的形成和固氮;沙溪庙微酸性土固氮能力亦较好。

蓬莱镇钙质土上进行几次田间调查结果(图2),沟谷条件普遍较坡地结瘤多、活性高。沟谷土层深厚、土壤水分、养分条件有利于树木生长和固氮作用的进行。

### (五) 固氮作用对叶含氮量和植株生长的影响

前人工作表明<sup>[2]</sup>,根瘤固定的氮素大部分输送给植株地上部分。树苗叶片的含氮量(表6),与根瘤固氮作用具有一致性,也明显有利于植株的生长。

表6 不同土壤树叶含氮量与植株生长

Table 6 Relationship between nitrogen content in tree leaves and seedling growth in different soils

土壤 Soil	叶含氮量(%) Nitrogen content in tree leaves	幼苗高(cm) Seedling height
夹关组酸性中壤土	2.17	15.32±2.1
沙溪庙组中性中壤土	3.63	39.90±11.9
蓬莱镇组钙质轻壤土	3.20	26.50±5.7
蓬莱镇组钙质重壤土	1.90	10.16±1.1

## 三、讨 论

1. 柃木根瘤是多年生的瘤簇,瘤量随树龄而增加。Bond<sup>[4]</sup>认为,结瘤与土壤中存在内生菌感染有关。迄今还没有见到这种菌在土中生态习性的报道。我们实验表明,结瘤量的多少与土壤生态条件密切相关。因此在利用固氮树种造林时,了解该种土壤生态条件与结瘤的可能性是很必要的。

2. 根瘤活性的测定表明,根瘤个体之间活性差异较大,即使在同一植株,不同的根瘤个体也存在着差异。而在人工控制的实验个体间差异则可大大缩小,在自然条件下,活性差异达3—5倍是常见的。Akkermans<sup>[3]</sup>认为主要是受瘤片形态和钼的含量的影响。根据我们测定来看,固氮活性的差异受根瘤的发育阶段和微域生态条件的影响更大。根系上及瘤簇中不同生育阶段的小瘤并存,是引起差别的重要原因,这点我们将另文讨论。

3. 关于影响根瘤固氮的土壤生态因素, Lie<sup>[7]</sup>就土壤各别因素对豆科植物的影响进行过较详细的评述。而土壤条件对非豆科植物弗氏放线菌所形成多年生根瘤的影响,迄今资料不多。实验表明,土壤种类、水热条件对桉木结瘤固氮的影响是明显的,并有它自己的特点。Wanghman<sup>[9]</sup>认为,固氮作用最适温度随植物种而改变。Dart等<sup>[5]</sup>发现豆科植物最高活性温度是20—30℃之间,高于此值时活性很快下降。而桉木的最适温度范围要略宽一些。

活性的日变化表明,光照强弱并不直接影响到固氮活性,而光合作用的产物可能作为根瘤菌的能源和营养物质的供应对根瘤活性产生影响。

### 参 考 文 献

- [1] 刘国凡、邓廷秀, 1983: 不同紫色土上几种树苗结瘤固氮及其对植株生长的影响。生态学报, 第3卷4期, 349—354页。
- [2] 陈华葵、李卓禄, 1982: 生物固氮作用。植物生理生化进展, 第1期, 8—22页。
- [3] Akkermans, A. D. L. and Dijk, C. V., 1976: The formation and nitrogen fixing activity of the root nodule of *Alnus glutinosa* under field condition. In: "Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants" (Nutman P. S. ed.), p. 511—520.
- [4] Bond, G., 1974: Root-nodule symbioses with actinomycete-like organisms. In: "The Biology of Nitrogen Fixation" (Quispel, A. ed.), p. 342—378.
- [5] Dart, P. J. and Day, J. M., 1971: Effects of incubation temperature and oxygen tension on nitrogenase activity of legum root nodules. *Plant and Soil*, Special Volum. 167—184.
- [6] Hardy, R. W. F. et al., 1968: The acetylene-ethylene assay for  $N_2$ -fixation: Laboratory and Field evaluation. *Plant Physiol.* 43(8): 1185—1207.
- [7] Lie, T. A., 1974: Environmental effects on nodulation and symbiotic nitrogen fixation. In: "Biology of Nitrogen Fixation" (Quispel, A. ed.), p. 555—578, North-Holland Publishing Company.
- [8] Masterson, C. L. and Murphy, P. M., 1980: The acetylene reduction technique. In: "Recent Advances in Biological Nitrogen Fixation". (Subba Rao, N. J. ed.), p. 8—33.
- [9] Wanghman, G. J., 1977: The effect of temperature on nitrogenase activity. *Journal of Experimental Botany.* 28: 949—960.

## THE INFLUENCE OF SOIL CONDITIONS ON NODULATION AND NITROGEN FIXATION OF *ALNUS CREMASTOGYNE*

Liu Guofan and Deng Tingxiu

(*Department of Pedology, Chengdu Branch, Academia Sinica*)

### Summary

The purplish soils with the different properties and fertility had obvious influence on nodulation and nitrogen fixation of the alder. More nodule numbers and higher N<sub>2</sub>-fixing capacity occurred on two Shaqimiao purplish soils and Penlaizhing calcium light loam, but less nodule numbers and lower N<sub>2</sub>-fixing capacity was found on the heavy loam with high calcium content and the strongly acid soils. The soil temperature in the range from 20°—32° C was more suitable to N<sub>2</sub>-fixing activity. It was obvious that the activity declined gradually with decreasing of temperature below 20°C. Deficiency or excess of water in the soil could cause the tremendous decline of the nitrogenase activity. Planting the alder on various purplish soils may increase soil nitrogen and be beneficial to soil amelioration.