

浙北夏季干旱对不同土壤上桉木生长 和结瘤固氮的影响

吴晓丽

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)

关键词 桉木; 立地条件; 抗旱性; 结瘤; 固氮

桉木 (*Alnus cremastogyne* Burk) 原分布于我国西南山丘, 是一种非豆科固氮树种, 由于其固氮能力强, 具有特殊的耐瘠性而被广泛种植^[1]。但是桉木的固氮能力受到多种因素的影响, 围绕着如何提高其固氮能力, 刘国凡对四川省桉木结瘤固氮特性及不同土壤条件与桉木结瘤固氮关系作了研究^[2~4]。近十年来浙江省等亚热带地区引种栽培桉木面积日趋扩大, 但对引种后桉木结瘤固氮的特性研究甚少。本文从浙江富阳气候特点出发, 结合当地典型土壤, 观察夏季高温干旱期及旱期过后桉木的生长和结瘤固氮情况, 以了解桉木对本地土壤和气候的适应性, 为适地适树引种桉木提供依据。

1 林分立地环境概述

桉木林种植在富阳县有代表性的三种土壤上。①富阳中沙富春江岸河滩地: 沿河堤外侧种植, 林带宽约10 m, 平坦, 1988年造林, 株行距约1.5 m × 2 m, 未经抚育, 受旱前桉木生长正常; ②虎山苗圃低丘山地: 中坡, 坡度25°, 坡向西南, 林地平坦开阔, 1988年造林, 行距1 m, 株距0.5 m~1 m, 未经抚育, 受旱前生长正常; ③本所食堂后沟谷台地: 常年有地下水渗入, 多雨季常造成林地积水, 土壤经多年种植蔬菜, 已经熟化, 1989年造林, 株行距无规则, 相距0.5 m~1 m, 干旱前生长正常。

林地土壤的主要理化性质见表1。

表1 林地土壤的主要理化性质

地点	地形	土壤类型	颜色	质地	容重 ^① (g/cm ³)	pH	有机质 (%)	全N (%)	速N (ppm)	全P (P ₂ O ₅) (%)	速P (ppm)	全K (K ₂ O) (%)	速K (ppm)
中沙	江岸河滩	河流沉积土	灰白	砂壤	1.15	5.7	0.95	0.068	59	0.059	6.4	2.74	40.2
虎山	低丘	山地红壤	红色	中壤	0~20cm 1.10 20~40cm 1.27	4.4	1.01	0.057	69	0.059	12.1	1.24	35.7
所本部	沟谷台	熟化红壤	浅灰黑	中壤	0.95	5.1	1.50	0.089	99	0.159	18.3	1.50	36.5

①取土深度为0~40 cm土层, 因低丘红壤在20 cm深处明显分为耕作层和心土层, 所以容重分两层测定。

富阳县地处北亚热带季风气候区的南缘, 气候温暖湿润, 雨量充沛, 全年降水不均, 6

本文于1991年2月5日收到。

*本文承蒙周国璋副研究员提出宝贵意见, 土壤和植物样品分析得到李桂梅、陆哲、王舟莲等的帮助, 谨此一并致谢。

月和9月降雨较多,常出现洪涝,而7、8月为全年高温期,降水少,常有伏旱。年降水量1550 mm,年均气温15.5℃,无霜期220天左右。

调查期间,当地于1990年7月初连续3天下雨94 mm,而后26天均无雨,出现高温干旱,旱情严重,直到7月30日下午才下午后第一场大雨,雨量89 mm,而后8月1~5日连降几场中、小雨使旱情解除。8月下旬和9月上中旬又因热带风暴的影响,连降几场大暴雨并连续阴雨,其它时间无特殊天气。调查期间天气要素见表2。

表2 调查期间富阳县主要天气要素

月 份	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月平均气温(℃)	30.3	28.3	23.0	17.6	13.2	5.8
月最高气温(℃)	39	38	31.6	26.1	26.0	22.9
月最低气温(℃)	22.6	21.3	13	5	1	-4
空气相对湿度(%)	73	83	89	83	86	79
日平均日照时数(h)	9.5	6.2	2.5	4.3	4.2	4.4
月降雨量(mm)	184	272	192	79	129	59
月雨日(天)	5	13	16	8	7	11

注:资料来自富阳县气象站。

2 调查内容与方法

早期调查于7月27~29日进行,旱情解除后调查于8月9日进行。以后每月调查一次,直到12月桉木停止生长。

2.1 桉木地上部分调查

测量生长势、叶色、叶片数量。

2.2 根系和根瘤生长情况及结瘤量

每次调查,都选生长正常、大小基本一致的3~5株树,在规定的时间内挖取全根,冲净泥土,对根及根瘤的生长进行观察后,分别剪下每株根上所有根瘤,吸干外表水分,逐株称根瘤总鲜重,取平均值。

2.3 根瘤固氮活性测定

在中午12~13时分别采下每株上所有根瘤(当鲜瘤重/株超过30 g时混匀取一半),分别称2 g放入青霉素小瓶中,盖好橡皮塞后用石蜡封口,而后用医用1 ml注射器准确注入1 ml乙炔气,在和当时地温相近的温度下放置2 h后,用上分厂103型气相层析仪测定乙烯、乙炔峰高比,用峰高比法计算乙烯生成量,以鲜重为基础计算根瘤固氮活性。色谱固定相为Porapak-N(80—100目),柱长1 m,检测器FID^[6]。固氮量计算,利用C₂H₄:N₂的理论转换系数为3而求出^[6]。

2.4 叶片采集及含氮量分析

干早期于7月27~29日采自受旱后幸存仍保留有大部分绿叶的桉木。干旱后于10月18~20日采自己恢复正常生长的桉木。叶含氮量分析采用开氏定氮法,用半自动定氮仪分析^[7]。

2.5 土壤样品的采集及理化性质分析

土壤样品于7月27~29日干旱时分别在三种林地内多点采集,采集深度为0~40 cm土层。土壤理化性质分析采用中国林科院林研所土壤室暂定的森林土壤标准分析方法。

3 调查结果与分析

3.1 干早期及其前后不同土壤上桉木的生长情况

从表3可以看出:高温干旱对桉木的地上生长有显著影响,不仅使幼树大量死亡,而且

表 3 干旱前后及干旱期三种土壤上桉木地上部分生长情况

地 点	土 壤	树 龄	树 高 (m)	基 径 (cm)	冠 幅 (m)	干旱前	干旱期	旱后恢复期及恢复后					
						6 月底	7 月 27~29日	8 月 9 日	9 月中旬	10 月中旬	11 月中旬	12 月中旬	
中	江岸 河流 沉积 土	3 年生	2.5 { 3	3 { 3.3	1.2 { 1.5	生长正常	40%~50% 植株死亡,存 活株叶色枯 黄	未死株 树叶开始 返绿,叶 片较多	长出少 量新叶	新叶长 齐生长正 常			
		4 年生	4 { 4.5	5 { 5.5	1.9 { 2.3	生长正常	无明显受旱 迹象	生长正 常	生长旺 盛,长出 大量新叶	生长旺 盛	生 叶		
虎 丘	低 丘 红 壤	3 年生	2 { 2.2	2.5 { 2.9	1 { 1.2	生长正常	5%~10% 植株死亡,存 活株叶色枯 黄	未死株 树叶开始 返绿,叶 片较少	长出较 多新叶	新叶长 齐生长正 常	长		枯 黄 脱
		4 年生	3.8 { 4.2	4.5 { 5.1	1.8 { 2.2	生长正常	叶少量枯 黄,无明显受 旱迹象	生长正 常	长出大 量新叶	生长旺 盛	盛		落
本 所 本 部	沟谷 台地 水熟 湿化	3 年生	2.2 { 2.5	2.9 { 3.2	1.2 { 1.4	生长正常	叶个别枯 黄,无明显受 旱迹象	生长正 常	长出较 多新叶	新叶长 齐生长正 常			

幼树恢复正常生长至少要 2 个月的时间。不同土壤上桉木受旱程度不同,沟谷水湿台地桉木基本未受旱,江岸河流沉积土和低丘红壤上桉木受旱较重。桉木的抗旱性和树龄有关,4 年生以上的桉木对干旱的抵抗力较强,而 3 年生以下的幼树抗旱力较弱。

3.2 干旱期和旱情解除后不同土壤上桉木叶片的含氮量

从表 4 可以看出,3 年生桉木受旱后叶片含氮量明显低于受旱后恢复正常生长时叶片含氮量。沟谷台地桉木虽然在外表上未见有明显的受旱迹象,但叶片含氮量的变化已说明遭受到干旱的影响。4 年生桉木叶片含氮量无显著变化,说明 4 年生桉木已具有抵抗干旱的能力。但总的来看江岸河流沉积土和沟谷台地上桉木叶片含氮量高于低丘红壤上桉木,这可能是由于三地土壤的含氮量水平及桉木的结瘤固氮水平不同之故(见表 1 和图 1、2、3)。

3.3 干旱期和旱后恢复期桉木根系和根瘤的生长

早期江岸河流沉积土和低丘红壤上桉木须根和细侧根及幼瘤明显干枯,侧根和根瘤表面干燥明显失水。而沟谷台地上桉木根系和根瘤无明显受旱迹象。但三处土壤上桉木此时根瘤量都较少,且未见长有新幼瘤。证明它们都受到干旱影响。

早期过后 10 天(8 月 9 日),江岸河流沉积土和沟谷台地上桉木根系均明显长出幼嫩的新

表 4 干旱期和旱情解除后不同土壤上桉木叶片的含氮量(%干重)

测定时期	江岸河流 沉积土	沟谷水湿台 地熟化红壤	低丘红壤	
	3 年生	3 年生	3 年生	4 年生
7 月 27~29 日	3.26	3.41	3.11	3.25
10 月 17~20 日	3.71	3.84	3.43	3.26

瘤,以后几个月前者随水分供应充足新瘤大量长出,并不断长大,而后者根系的结瘤量却无显著增加,甚至下层根系上根瘤变黑死亡,而在根基交接的茎上却结出少量瘤,直到10月中旬后结瘤量才明显增加,但瘤主要集中在上层根系上。低丘红壤上桉木在受旱后的早期和中期根系和根瘤量增加缓慢,直到10月中旬以后须根量才明显增加,且须根上长出许多幼瘤,壮瘤也明显长大。三种土壤上桉木在干旱期和干旱过后的结瘤量变化见图1。图1中江岸河流沉积土上桉木结瘤量明显较另两地桉木多,且干旱过后根瘤量增加很快,而沟谷水湿台地和低丘红壤地桉木干旱过后尤其是在8月中下旬到10月中旬的多雨季节,结瘤量增加十分缓慢,这主要是受土壤通气不良的影响。桉木根系和根瘤的生长不仅需要水分而且需要空气^[8]。江岸河流沉积土为砂壤质,通气透水性好,有利于根系和根瘤的生长。另外,砂质土的含氮量低,刺激固氮植物的结瘤固氮^[8];沟谷台地桉木在多雨季节因土壤积水,通气性很差;而低丘红壤耕作层薄有机质含量少,经雨水冲击土壤分散,结构很差,再加上心土层土壤紧实,使土壤的通气透水性也很差。10月以后由于降雨明显减少,同时温度降低、蒸发减少,土壤的水气状况变得较为协调,结瘤量迅速提高。11月底又由于温度明显下降,根系结瘤和根瘤生长趋于停止。江岸河流沉积土上桉木结瘤量在12月下降可能是属于桉木个体之间的差异,调查中发现株间同时期结瘤量最多相差可达十几克。

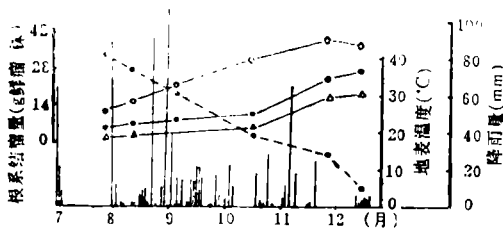


图1 干旱期和干旱过后不同土壤上3年生桉木的结瘤量变化

—○—示江岸河流沉积土; —□—示沟谷水湿台地熟化红壤; △—△示低丘红壤; ……示地表温度; ——示降雨量

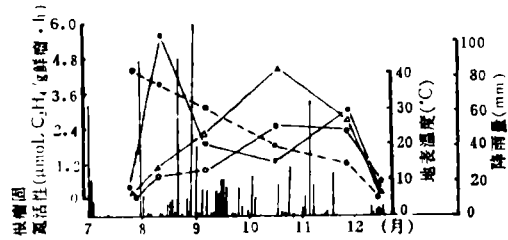


图2 干旱期和干旱过后不同土壤上3年生桉木根瘤固氮活性的变化

—○—示江岸河流沉积土; —□—示沟谷水湿台地熟化红壤; △—△示低丘红壤; ……示地表温度; ——示降雨量

3.4 干旱期和干旱过后不同土壤上桉木根瘤的固氮活性

干旱对桉木根瘤固氮活性有明显影响,受旱时全部叶片枯黄的桉木根瘤固氮活性为零;存少量绿叶的桉木根瘤也无活性;存有大部分绿叶或甚至外表无明显受旱迹象的桉木根瘤活性仍存在,但近似于零。不同土壤上桉木由于受旱程度不同,根瘤固氮活性也有明显差异。据7月27~29日测定三地桉木根瘤固氮活性:江岸河流沉积土桉木为 $0.009 \mu\text{mol C}_2\text{H}_4/\text{g鲜瘤} \cdot \text{h}$,低丘红壤桉木为 $0.022 \mu\text{mol C}_2\text{H}_4/\text{g鲜瘤} \cdot \text{h}$,沟谷水湿台地桉木为 $0.24 \mu\text{mol C}_2\text{H}_4/\text{g鲜瘤} \cdot \text{h}$ 。

随着干旱解除三地幸存的桉木根瘤固氮活性逐步提高,但仍有各自的特点(见图2)。图2看出:①沟谷台地桉木受旱较轻,干旱过后10天根瘤固氮活性已迅速提高,基本可达到原产地桉木的水平^[2]。而江岸河流沉积土和低丘红壤上桉木受旱较重,固氮活性的恢复非常缓慢。②8月中下旬至9月的多雨期,江岸河流沉积土和低丘红壤上桉木根瘤固氮活性仍继续缓慢上升,到10月中旬达最高峰,但只有原产地桉木的 $1/4 \sim 1/7$ ^[2],而这时沟谷台地桉木由于排水不良,根瘤固氮活性却急剧下降,并一直持续到10月中旬。③10月中旬以后由于气温下

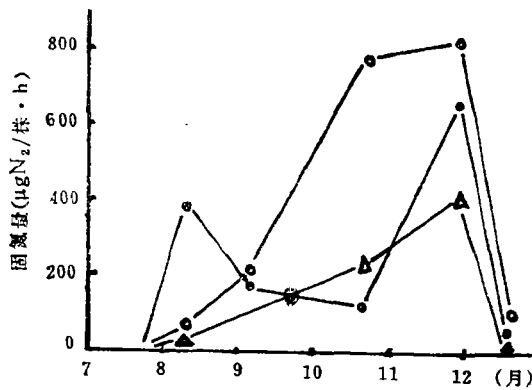


图3 干旱期和干旱过后不同土壤上3年生桉木的固氮量
○—示江岸河流沉积土；●—示沟谷水湿台地熟化红壤；△—△示低丘红壤

壤上以江岸河流沉积土上桉木的固氮量最大。

降固氮活性高峰期已过，12月后急剧下降维持在较低水平。结果从7月至11月本地三种土壤上桉木根瘤固氮活性远低于原产地生长的桉木^[2]。

3.5 受早期和干旱过后不同土壤上桉木根瘤的固氮量

从图3可以看出：受干旱的影响江岸河流沉积土和低丘红壤上桉木在干旱期及干旱恢复期的早期固氮量很低，固氮量高峰主要在10月下旬至11月上旬。沟谷台地桉木不仅受干旱的影响，还受雨季排水不良的影响，它的固氮高峰期主要在干旱解除后早期及10月下旬到11月的低温少雨季节。三种土

参 考 文 献

- [1] 谢光福, 1990, 固氮树种人工混交林的研究概况, 福建林业科技, 59(3): 57~60。
- [2] 刘国凡等, 1988, 桉木根瘤特点和固氮能力的研究, 四川林业科技, 9(4): 8~12。
- [3] 刘国凡等, 1985, 土壤条件与桉木结瘤固氮的关系, 土壤学报, 22(3): 251~256。
- [4] 刘国凡等, 1987, 再论土壤条件与桉木结瘤固氮的关系, 土壤学报, 24(1): 59~65。
- [5] 上海植物生理学会, 1985, 植物生理学实验手册, 上海科学技术出版社, 259。
- [6] [英] Sprent, J.I. (刘永定等译, 1985), 固氮生物生物学, 农业出版社, 191。
- [7] 南京农学院主编, 1980, 土壤农化分析, 农业出版社。
- [8] 尤崇杓等, 1987, 生物固氮, 科学出版社, 332。

*The Influence of High Temperature and Drought
on the Growth, Nodulation and Nitrogen-Fixation of
Alnus cremastogyne in Different Kinds of Soils*

Wu Xiaoli

(The Research Institute of Forestry CAF)

Abstract Investigations were conducted during the drought and after the drought on the growth, nodulation and nitrogen-fixation of *Alnus cremastogyne* Burk planted in local soils of three typical categories. The results showed: 4-year-old or over 4-year-old *A. cremastogyne* had fairly high drought-resistance, but *A. cremastogyne* of three years old or younger are sensitive to drought. The trees damaged by the drought the most in river alluvial deposit soil, the second in hangh red soil, the third in gully fen aging red soil. Drought killed many trees of *A. cremastogyne*, the nitrogen content in leaves of the survivors decreased. Leaves, roots and nodules of the survivors partly withered. Drought also made nitrogen-fixation activity of root nodules dropped down to zero. After drought at least two months are needed for *A. cremastogyne* to recover. Although *A. cremastogyne* which grew in gully fen aging red soil didn't suffer much from drought during drought period, whereas in raining season when the soil was filled with water the growth of roots and nodules of *A. cremastogyne* stopped. Therefore from July to November the growth and nitrogen-fixation amount of *A. cremastogyne* cultivated in local soil were far less than that grew in the original place.

Key words *Alnus cremastogyne*; site condition; drought-resistance; nodulation; nitrogen-fixation