

# 大气污染地区火炬松幼林施肥效应\*

孙翠玲 唐国银 彭久联 刘祖芬

**摘要** 在四川省大气污染地区的隆昌县境内,1990~1992年进行了火炬松人工幼林7种(含对照)处理的施肥试验,试验林分6 hm<sup>2</sup>,观测区1.8 hm<sup>2</sup>。结果表明,不同施肥处理,在树高、胸径、地径的生长量差异都极显著( $\alpha=0.01$ ),6种施肥处理中,含P、Ca、N元素的肥料配方效果最好,在施肥后的3a中,最佳处理比对照树高相对生长量增加80%~166%。施肥处理减缓了火炬松幼林污染危害症状。施肥第二年5月,叶黄化率比对照减轻13%~60%,落叶量减少25%~77%。

**关键词** 火炬松、大气污染、施肥

火炬松(*Pinus taeda* L.)生长快、适应性强,在我国长江中下游及其以南地区大面积栽培<sup>[1,2]</sup>。四川盆地是火炬松主栽区之一,也是我国大气污染区与酸雨分布的中心区<sup>[3]</sup>。目前,在四川一些地区,火炬松中幼林生长不良,普遍表现出针叶变黄、枯死、提早落叶等现象,幼林生长量逐年下降。比较典型的如隆昌县、宜宾市等地区,甚至出现大面积森林衰亡<sup>[3,4]</sup>。为了探讨大气污染地区火炬松幼林施肥对林木生长的影响,本文总结了四川省隆昌县1990~1992年火炬松幼林培肥试验结果,为人工林生态研究提供有关科学依据。

## 1 试验地条件和研究方法

### 1.1 试验地自然条件和大气污染状况

研究地位于四川省内江市隆昌县森林经营所境内,地处29°30' N,105°04' E,为半丘陵山地。年均温度17.5℃,绝对最低温度-0.6℃,年降水量1045 mm,无霜期356 d,成土母岩为沙质页岩,土壤为山地黄壤,质地为重壤土。

根据隆昌县80年代大气监测资料,本地区大气污染和酸雨危害严重,二氧化硫、氮氧化物、颗粒物总平均浓度分别达0.13、0.10、8.40 kg/m<sup>3</sup>,而氟化物日平均浓度达0.004~0.015 kg/m<sup>3</sup>,大部分超标。土壤pH值4.0~5.5。

### 1.2 试验林地选择

在隆昌县境内1200 hm<sup>2</sup>火炬松林地中,选取污染及生长状况中等的幼林地6 hm<sup>2</sup>作试验林,从中随机设置试验小区和重复。被抽样的试验林海拔450 m,坡向东偏南,坡度12~15°,坡位低山中部,土层厚度30~40 cm。试验林于1986年营造,穴状整地,每公顷2500株。1990年5月实施培肥试验时,林木平均树高、胸径、地径分别为2.75 m、3.55 cm、5.55 cm。

### 1.3 试验设计与观测

1993-10-15 收稿。

孙翠玲副研究员(中国林业科学研究院森林生态环境研究所 北京 100091);唐国银,彭久联,刘祖芬(四川省隆昌县林业局)。

\* 本文为国家自然科学基金项目“大气污染地区营养调控对森林衰亡的复苏作用”部分研究内容。李斌协助计算机计算,特此致谢。

1.3.1 试验处理 设7种不同施肥处理,即A、B、C、D、E、F和不施肥作对照G(表1)。采用随机区组设计,3次重复,共21个小区,每小区0.07 hm<sup>2</sup>。在各小区的中心位置定位观测15株树。各重复区和小区间设置隔离带。

1.3.2 试验观测和数据处理 每年5、8、11月对试验林各小区的15株树的胸径、树高、地径的生长量及针叶受害症状进行观测、记载,共获3年9组数据,其中1990年5月

为本底观测数据列于表2,4,受害症状在统计分析前对百分率进行对数变换。

#### 1.4 统计分析

采用中国农科院计算机分析软件<sup>[5]</sup>,对试验处理(施肥)、年代、每年3次(月份)观测及重复进行多因素方差分析,以探求不同施肥处理对幼林生长的影响;施肥后3年间的生长量;1 a中5、8、11月的生长差异以及上述因素对树木黄化、落叶的差异。为比较施肥处理与对照对林木生长的影响程度,用标准化回归系数( $\bar{b}$ )作比较<sup>[6,7]</sup>。凡 $\bar{b}=1$ 为与对照相同,无处理效果, $\bar{b}>1$ 者为效果较好, $\bar{b}<1$ 者则相反,分别对树高、胸径、地径判别6个处理中优于或差于对照的施肥处理,从而提供火炬松幼林的合理施肥配方。

## 2 结果与分析

### 2.1 施肥对火炬松人工幼林生长效果

试验表明,各种施肥处理对树高、胸径和地径生长明显优于对照。从表2看到,1990年处理当年,树高绝对生长量除E与对照(0.3 m)相持平外,其余变幅为0.4~0.8 m,明显优于对照。1991、1992年树高绝对生长量对照分别为0.4和0.5 m,仅处理E和A与对照相当,其余处理都优于对照,变幅分别为0.7~1.1和0.6~0.9 m。在粗生长中,除个别E(1992年胸径)外,其它均优于对照,F表现最优。以上差异程度可以在方差分析中得到证明,施肥不同处理、重复、年代及每年3次观测数据间的绝对生长量,在树高、胸径和地径等3个性状方面,差异都极显著( $\alpha=0.01$ )(见表3)。施肥后1~2年效果最好,特别是粗生长,第3年相对生长量略有下降。从生长节律来看,一年中5~8月生长最快,8~11月明显减弱。

### 2.2 施肥对火炬松幼林污染症状的减轻

表4看到,在施肥处理后的第二年(1991年),5月份平均落叶、黄化对照为44%与40%,6个处理变幅为10%~33%与16%~36%;8月份,对照分别为52%与56%,6个处理变幅为16%~46%与24%~48%;11月份对照为62%与60%,而处理中除落叶(A、B)外,其余变幅为28%~54%与41%~60%。不难看出,在生长的5~8月,各处理的黄化、落叶症状轻于对照。表5表明,通过处理,年代、月份的方差分析差异都极显著( $\alpha=0.01$ ),处理F、C等危害症状轻,优越于对照,这一结论与处理对生长的影响相一致。

表1 试验地不同施肥量

处理	肥料种类	数量 (g/株)	处理	肥料种类	数量 (g/株)
A	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	100	D	MgSO <sub>4</sub>	80
B	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	77		KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	50
	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	150	E	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	35
C	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	35		MgSO <sub>4</sub>	80
	MgSO <sub>4</sub>	80	F	[Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ]	150
	CaO	30		CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	150
D	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	G	对 照	0

表2 火炬松试验林生长量调查

年份	项目	月份	A		B		C		D		E		F		G	
			总和	平均	总和	平均	总和	平均	总和	平均	总和	平均	总和	平均	总和	平均
1990	树高 (m)	05	9.3	3.1	8.3	2.8	8.8	2.9	9.0	3.0	8.9	3.0	7.5	2.5	9.0	3.0
		08	10.1	3.4	9.3	3.1	10.2	3.4	9.9	3.3	9.6	3.2	9.4	3.1	9.3	3.1
		11	10.7	3.6	9.7	3.3	11.0	3.7	10.3	3.4	10	3.3	9.8	3.3	9.9	3.3
	胸径 (cm)	05	12.3	4.1	10.8	3.6	10.2	3.6	10.2	3.4	10.3	3.4	8.8	2.9	12.0	4.0
		08	14.8	4.9	13.4	4.8	14.6	4.9	14.4	4.8	12.0	4.0	13.1	4.4	13.3	4.4
		11	15.5	5.2	14.8	4.8	15.8	5.3	15.2	5.1	12.7	4.2	14.6	4.9	13.8	4.6
	地径 (cm)	05	17.7	5.9	15.5	5.2	17.4	5.2	18.7	6.2	16.3	5.4	15.6	5.2	15.6	5.2
		08	20.5	6.8	18.4	6.1	20.4	6.8	21.1	7.0	18.3	6.1	19.5	6.5	17.8	5.9
		11	21.2	7.0	19.3	6.4	21.2	7.1	21.7	7.2	19.2	6.4	20.4	6.8	18.2	6.1
1991	树高 (m)	05	11.4	3.8	10.8	3.6	11.6	3.9	11.4	3.8	10.7	3.6	10.7	3.6	10.4	3.5
		08	12.3	4.1	11.8	3.9	12.8	4.3	12.1	4.0	11.8	3.9	12.3	4.1	11.3	3.8
		11	12.7	4.2	12.3	4.1	13.8	4.6	13.5	4.5	12.2	4.0	14.1	4.7	11.6	3.9
	胸径 (cm)	05	16.8	5.6	16.1	5.4	17.4	5.8	16.2	5.4	13.5	4.5	16.5	5.5	14.7	4.9
		08	18.2	6.0	18.1	6.0	19.1	6.4	18.2	6.1	15.3	5.1	19.2	6.4	16.3	5.4
		11	19.2	6.4	18.9	6.3	20.0	6.7	18.7	6.2	15.9	5.3	20.4	6.8	16.7	5.6
	地径 (cm)	05	22.5	7.5	20.7	6.9	22.5	7.5	22.8	7.6	20.5	6.8	21.8	7.3	17.2	6.4
		08	24.4	8.1	22.9	7.6	24.6	8.2	24.5	8.2	22.3	7.4	25.4	8.4	20.7	6.9
		11	25.0	8.3	23.5	7.8	25.2	8.4	25.3	8.4	22.9	7.6	26.0	8.7	21.1	7.0
1992	树高 (m)	05	13.9	4.3	12.7	4.2	14.1	4.7	13.8	4.6	12.9	4.3	14.4	4.8	12.1	4.0
		08	14.2	4.7	14.0	4.6	15.2	5.1	14.4	4.8	13.6	4.5	15.2	5.1	12.9	4.3
		11	14.4	4.8	14.4	4.8	15.8	5.3	15.6	5.2	14.4	4.8	17.1	5.7	13.5	4.5
	胸径 (cm)	05	19.6	6.6	19.7	6.6	20.6	6.9	19.6	6.5	16.8	5.6	21.5	7.2	17.5	5.8
		08	20.8	6.9	21.0	7.0	21.6	7.2	20.9	7.0	17.9	6.0	23.4	7.8	18.6	6.2
		11	21.2	7.1	21.6	7.2	22.5	7.5	21.4	7.1	18.3	6.1	23.8	7.9	19.0	6.3
	地径 (cm)	05	26.1	8.7	24.3	8.1	26.2	8.7	26.3	8.8	23.1	7.7	27.2	9.1	22.2	7.4
		08	26.8	8.9	25.4	8.4	27.2	9.1	27.4	9.1	24.0	8.0	29.4	9.8	22.8	7.6
		11	27.2	9.1	25.9	8.6	28.0	9.3	27.9	9.3	24.4	8.1	30.0	10.0	23.1	7.7

表3 树高、胸径、地径方差分析

项目	误差来源	离差平方和	自由度	均方	F值	显著性
树高	重复	22.8515	2	11.42577	97.387	**
	处理	7.9226	6	1.32044	11.255	**
	年份	77.0723	2	38.53616	328.46	**
	月份	7.5237	2	3.76184	32.064	**
	剩余误差	20.6489	176	0.11732		
	合计	136.0191	188			
胸径	重复	78.6112	2	39.00561	131.564	**
	处理	23.2798	6	3.87996	13.087	**
	年份	184.7312	2	92.36560	311.545	**
	月份	26.9882	2	13.49408	45.515	**
	剩余误差	52.1797	176	0.29648		
	合计	365.1900	188			
地径	重复	15.4385	2	32.71925	73.768	**
	处理	39.6283	6	6.60741	14.891	**
	年份	190.8427	2	95.42136	215.135	**
	月份	28.9262	2	14.46308	32.608	**
	剩余误差	78.0635	176	0.44354		
	合计	402.8992	188			

注:\*\*表示1%水平上显著。

表 4 火炬松试验林受害症状调查<sup>①</sup> (单位:%)

年 份	1990						1991						1992						
	落 叶			黄 化			落 叶			黄 化			落 叶			黄 化			
月 份	5	8	11	5	8	11	5	8	11	5	8	11	5	8	11	5	8	11	
处	A	32	30	46	27	26	30	28	24	72	21	32	56	56	58	78	44	52	64
	B	30	32	48	25	31	45	32	46	65	31	48	56	46	60	72	42	56	62
	C	37	24	47	34	28	40	25	33	54	27	22	50	40	50	66	42	48	60
	D	44	23	38	40	25	37	30	40	46	35	40	45	52	56	78	49	58	60
理	E	38	30	48	42	34	46	33	28	52	36	32	60	44	64	76	50	56	77
	F	40	20	36	37	19	28	10	16	28	16	24	41	24	37	44	41	47	56
	G	35	40	54	26	38	52	44	52	62	40	56	60	58	68	80	57	61	74

注:①为三次重复的平均值。

表 5 落叶、黄化方差分析

项目	误差来源	离差平方和	自由度	均 方	F 值	显著性
落 叶	重 复	0.250 1	2	0.125 04	1.457	NS
	处 理	8.282 7	6	1.380 46	16.083	**
	年 份	7.594 1	2	3.797 06	44.239	**
	月 份	8.496 0	2	4.238 01	49.379	**
	剩 余 误 差	15.106 2	176	0.085 83		
	合 计	39.709 2				
黄 化	重 复	0.454 2	2	0.226 22	3.413	NS
	处 理	3.708 8	6	0.618 13	9.325	**
	年 份	9.254 0	2	4.627 01	69.806	**
	月 份	5.351 1	2	2.675 5	40.365	**
	剩 余 误 差	11.666 0	176	0.066 28		
	合 计	30.432 3				

注:\*\*表示1%水平上显著,NS表示不显著。

### 3 结论与讨论

(1)本项试验结果以 D、C、B 处理较好,F 处理最佳。从处理配方来看,在该地区,P、Ca 或 N 元素肥料配合施用效果明显优于单施 N 肥(A)。同时,在混合施用肥料时,要注意数量比例,应特别保证 P 肥的施用量。林地施肥,必须针对土壤需求,才能发挥施肥效果。

(2)试验结果看出,最佳处理与林地对营养元素的需求正好相吻合。此外,根据试验结果(表 2),为了稳定和提高大气污染地区火炬松人工幼林生产率,2~3 年施一次肥十分必要,这与国内外林地培肥试验结果基本相同<sup>[8,9]</sup>。

(3)合理的林地培肥措施,由于改善了土壤营养水平,提高了林木生长量及自身的生活力,也提高了林木对污染环境的抵抗能力,从而减轻了林木受污染危害的症状。

### 参 考 文 献

- 1 吴中伦,等. 国外树种引种概论. 北京:科学出版社,1993. 144~147.
- 2 潘志刚,等. 湿地松火炬松. 北京:科学出版社,1991. 87~190.
- 3 中国林学会主编. 酸雨与农业. 北京:中国林业出版社,1988. 14~20.
- 4 孙翠玲,彭久联,刘祖芬. 土壤酸度对火炬松幼林生长的影响. 林业科技通讯,1992. (1):20~21.
- 5 张贤珍. BASIC 语言农业数理统计计算程序. 北京:农业出版社,1990. 253~335.

- 6 顾万春. 刺槐无性系 G×E 互作的研究——遗传稳定性和生长适应性的评价. 林业科学研究, 1991, 4(6): 623~628.
- 7 明万考辉. 检定技术の開発と系统评价. 林木育种, 1987, (144): 10~15.
- 8 Ralph Amateis, Harold E Burkhart. Site index curves for loblolly pine plantations on cutover site-prepared lands. South J. Appl. Forestry, 1985, August: 166~169.
- 9 罗汝英. 森林土壤学. 北京: 科学出版社, 1983. 209~212.

## The Effect of Fertilization on the Young Loblolly Pine Plantation in Polluted Region

*Sun Cuiling Tang Guoyin Peng Jiulian Liu Zufen*

**Abstract** From 1990~1992, experiment on the effect of nutrition adjustment on the young loblolly pine plantation in polluted region has been conducted in Sichuan Province through fertilization treatment. The size of the experimental plot is around 6 hm<sup>2</sup> and the area for observation 1.8 hm<sup>2</sup>. The result showed that the effects of different treatments on the growth height, DBH and ground diameter of the trees were very significant ( $\alpha=0.01$ ), Fertilizer containing Ca, P, N was the best one among the 6 treatments. After 3 years, the height growth of the best treatment increased by 80%~166% than that of the control. After fertilization, the symptom of pollution damage lessened; yellow needles reduced by 13%~60%; fallen needles reduced by 25%~77% in May of the following year. It showed that using nutrition adjustment to reduce the pollution damage is effective.

**Key words** loblolly pine, air pollution, fertilization

---

Sun Cuiling, Associate Professor (The Research Institute of Forest Ecology and Environment, CAF Beijing 100091); Tang Guoyin, Peng Jiulian, Liu Zufen (Forest Bureau of Longchang County, Sichuan Province).