

# 页岩红壤上湿地松幼林施肥效应\*

纪建书 钟秋平 胡炳堂 李贻铨 张 瑛 陈道东

**摘要** 1992~1995年试验结果表明,在江西省分宜县页岩坡积物发育的红壤上,湿地松幼林施用N、P、K肥及其配合,使树高、胸径、蓄积等总生长量分别达到3.72~4.03 m、7.20~7.93 cm、27.650~34.158 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,较对照显著增长5.1%~13.8%、7.0%~17.8%、15.2%~42.4%。在各种施肥处理中,以P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>配合的效果最佳;单施N、P、K肥均有效,但不同剂量间无明显差异。P肥的肥效与施肥时间有关,P肥对高、径的连年生长效应持续到第3年,对蓄积指标则持续到第4年仍显著;单施N、K肥对生长的明显影响主要表现在施肥当年,次年略有后效。

**关键词** 页岩红壤 湿地松 施肥效应

湿地松(*Pinus elliottii* Engelm.)合理施肥,能明显促进幼林生长<sup>[1,2]</sup>,我国亦于近期陆续报道了在第四纪红土母质发育的红壤<sup>[3,4]</sup>,花岗岩、砂岩发育的砖红壤、赤红壤<sup>[5]</sup>的土壤肥力较差立地条件下的显著肥效。为进行系统多点研究,结合NAP造林项目的实施,在立地条件、土壤肥力水平相对略好的页岩坡积物发育的红壤上,布置了试验,现将1992~1995年的研究结果报道如下。

## 1 试验地概况

试验林位于江西省分宜县的中国林业科学研究院亚热带林业实验中心山下林场野鸡毛工区,27°30'N、114°30'E。中亚热带季风湿润气候,年均温16.8℃,年雨量1590.9 mm,蒸发量1290 mm,相对湿度82.3%。海拔100~180 m,坡度25~35°,坡向东。土壤为页岩坡积物发育的低丘红壤,造林前为杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)人工林皆伐迹地,A层厚度15 cm,有效土层(A+B)厚度80 cm左右,有机质、全N、速N、K含量均较高,土壤肥力水平相对略好。试验前表土(0~20 cm)理化性状为:容重变化较大,范围0.907~1.295 g/cm<sup>3</sup>,平均1.117±0.162 g/cm<sup>3</sup>(20~40 cm为1.304 g/cm<sup>3</sup>),粘粒含量26.19%,质地为重壤;pH4.45~4.75,有机质29.98±5.07 g/kg,全N、P、K分别为1.369±0.181、0.230±0.030、13.66±2.52 g/kg,速效N、P、K分别为199.2±30.3、1.798±0.518、43.64±5.10 mg/kg。

## 2 材料与方 法

### 2.1 试验设计与施肥方法

2.1.1 施肥量及配比试验 设11个处理:P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, N, K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, NP<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>, NP<sub>2</sub>K<sub>1</sub>和

1996—10—03收稿。

纪建书工程师,钟秋平(中国林业科学研究院亚热带林业实验中心 江西分宜 336600);胡炳堂(中国林业科学研究院亚热带林业研究所);李贻铨,张瑛,陈道东(中国林业科学研究院林业研究所)。

\* 1991~1995年林业部世界银行贷款国家造林(NAP)项目“主要树种丰产林施肥技术研究和推广”课题和“八五”国家科技攻关“主要工业用材林施肥技术与维护地力措施研究”的部分内容,课(专)题负责人李贻铨研究员,亚热带林业实验中心山下林场协助造林并负责管理护林,特此致谢。

CK(不施肥),重复3次,植树前(基肥,单施N、K的3个处理为造林第2年)和第3年(追肥)各施肥料总量的1/2。

2.1.2 施肥时间试验 设10个处理:A:P<sub>2</sub>(基肥),B:P<sub>2</sub>(第2年施),C:P<sub>2</sub>(第3年施),D:P<sub>1</sub>(基肥)+P<sub>1</sub>(第3年追肥),E:P<sub>1</sub>(第2年追肥)+P<sub>1</sub>(第3年追肥),F:N(第2年施),G:N(第3年施),H:K<sub>1</sub>(第2年施),I:K<sub>1</sub>(第3年施),J:CK(不施肥),重复3次。

2.1.3 施肥设计 上述两个试验采用随机区组设计,因子水平为:N(尿素含N 46%)设1个水平即N 100 kg/hm<sup>2</sup>,P(钙镁磷肥含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)设3个水平即P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 50、100、200 kg/hm<sup>2</sup>,K(氯化钾含K<sub>2</sub>O 56%)设2个水平即K<sub>2</sub>O 100、200 kg/hm<sup>2</sup>。小区状况及施肥品种、方法等均与NAP项目永丰点<sup>[3,4]</sup>完全一致。

## 2.2 苗木状况与造林、抚育管理

1992年1月底植树,密度2500株/hm<sup>2</sup>(2m×2m),造林成活率较高。幼树本底值为:平均地径0.69cm、平均高20.4cm,方差分析表明苗木在处理、区组间差异均不显著。其它情况类同永丰点<sup>[3,4]</sup>。

## 2.3 试验调查、统计分析

每年底调查总生长量,据胸径、树高计算全林蓄积。以小区平均值进行方差分析和处理平均数LSD法多重比较。

# 3 结果分析

## 3.1 湿地松幼林施肥4a总生长量

表1可见,分别在造林时和第3年单施N、P、K肥及其配合的10个处理,使湿地松幼林树高H、胸径DBH、蓄积V的总生长量分别较对照增加5.1%~13.8%、7.0%~17.8%、15.2%~42.4%,与CK有(极)显著差异。在各处理中,以P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>配合的效果最佳,上述3项总生长量指标,在4年生时分别达到:4.03m、7.80cm、34.158m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;而CK的各项值分别仅为

表1 湿地松施肥量及配比试验第4年总生长量

处 理	H (m)			DBH (cm)			V(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )					
	均值	差异	%	均值	差异	%	均值	差异	%			
P <sub>1</sub>	3.73	d	BC	105.4	7.25	d	BCD	107.7	28.622	c	BCD	119.3
P <sub>2</sub>	4.01	ab	A	113.3	7.42	bcd	ABC	110.2	30.960	abc	ABC	129.0
P <sub>3</sub>	3.87	bcd	AB	109.3	7.55	abcd	ABC	112.2	30.886	abc	ABC	128.7
N	3.82	cd	AB	107.9	7.34	cd	BC	109.1	29.337	c	ABC	122.3
K <sub>1</sub>	3.95	abc	AB	111.6	7.73	abc	ABC	114.9	33.078	ab	AB	137.9
K <sub>2</sub>	3.86	bcd	AB	109.0	7.49	bcd	ABC	111.3	30.559	bc	ABC	127.4
NP <sub>2</sub>	3.82	cd	AB	107.9	7.51	bcd	ABC	111.6	30.435	bc	ABC	126.9
P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	3.86	bcd	AB	109.0	7.93	a	A	117.8	33.967	ab	A	141.6
P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	4.03	a	A	113.8	7.80	ab	AB	115.9	34.158	a	A	142.4
NP <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	3.72	d	BC	105.1	7.20	d	CD	107.0	27.650	c	CD	115.2
CK	3.54	e	C	100.0	6.73	e	D	100.0	23.991	d	D	100.0
F <sub>i</sub>	4.75**			3.97**			3.91**					
MSe	0.012 420 14			0.081 676 69			6.704 950					

注: N=N, P=P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K=K<sub>2</sub>O, CK为不施肥(对照); 差异指处理间方差F<sub>i</sub>, 显著时, 进行LSD法多重比较, 字母表示法, 不同英文小、大写字母间分别为α=0.05、0.01显著。

3. 54 m、6. 73 cm、23. 991 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 可见 P<sub>2</sub>K<sub>1</sub> 配合较 CK 分别增加 13. 8%、15. 9%、42. 4%。分析图 1 说明, 造林时或在第 2(或 3) 年时再追一次的单施 P 肥, 使湿地松 *H*、*DBH*、*V* 总生长量分别较 CK 显著地增长 5. 1%~19. 0%、7. 2%~23. 4%、28. 5%~65. 2%; 单施 N 肥亦分别显著增加 7. 9%~10. 1%、9. 1%~13. 9%、22. 3%~36. 6%(参见表 2); 单施 K 肥也分别显著增加 8. 9%~11. 6%、10. 5%~14. 9%、27. 4%~37. 9%(参见表 3)。

表 2 单施 N 肥(100 kg/hm<sup>2</sup> 尿素)与不施肥(CK)的湿地松生长比较 (单位: %)

施 N 次数		2			1		1		
树龄(a) (处理)		2(N50)	3(N50)	4	2(N100)	3	4	3(N100)	4
总生长量	<i>H</i>	104. 6	107. 2*	107. 9**	101. 8	108. 7	109. 2*	107. 5	110. 1*
	<i>DBH</i>	105. 4	103. 9	109. 1	103. 2	115. 1*	111. 3*	113. 1	113. 9*
	<i>V</i>	112. 1	115. 5	122. 3**	106. 9	136. 6*	128. 0*	131. 9	134. 6**
当年生长量	<i>H</i>	112. 9*	112. 5	110. 0	111. 9**	122. 3	110. 8	120. 0	119. 3
	<i>DBH</i>		103. 1	115. 9*		124. 2	107. 1	125. 3*	115. 2*
	<i>V</i>		115. 9	124. 9		142. 2*	124. 8	138. 6*	135. 6*

注: 以 CK 的生长为 100%; 树龄后带括号内容即为当年施肥处理, 此树龄前未施任何肥料(与 CK 相同), 此后树龄时的生长即为后效; \*、\*\* 指生长量(第 1 年为地径 *GLD*)经 *LSD* 检验与 CK 的差异分别达  $\alpha=0.05$ 、0.01 显著水平。

表 3 单施 K(氯化钾)与不施肥(CK)的湿地松生长比较 (单位: %)

K <sub>2</sub> O 水平 (kg/hm <sup>2</sup> )		100						200				
施 K 次数		2		1		1		2				
树龄(a) (处理)		2(K50)	3(K50)	4	2(K100)	3	4	3(K100)	4	2(K100)	3(K100)	4
总生长量	<i>H</i>	112. 6**	112. 5**	111. 6**	103. 6	108. 7	111. 0**	107. 9	108. 9*	113. 2**	106. 1	109. 0**
	<i>DBH</i>	119. 4**	115. 6**	114. 9**	113. 5*	112. 2	112. 9*	114. 8*	110. 5*	120. 2**	117. 7**	111. 3**
	<i>BA</i>	137. 0*	133. 8**	119. 2**	131. 2*	113. 8	125. 3*	129. 0*	120. 6*	141. 2**	138. 4**	122. 0**
	<i>V</i>	150. 3**	142. 6**	137. 9**	130. 5*	125. 4	132. 3*	133. 0*	126. 8*	152. 3**	141. 0**	127. 4**
当年生长	<i>H</i>	116. 1**	112. 5	108. 9	110. 1*	118. 8	118. 1	118. 8	113. 2	130. 1**	97. 3	117. 8*
	<i>DBH</i>		113. 7*	113. 8*		110. 5	114. 5*	120. 0	106. 0		116. 5*	102. 8
	<i>BA</i>		133. 4**	128. 5**		109. 5	130. 3**	131. 3	117. 0		138. 0**	114. 4
	<i>V</i>		141. 9**	136. 1		124. 5	134. 9*	135. 9	124. 6		139. 9**	122. 2

注: 有关说明同表 2。

## 3. 2 施肥对湿地松幼林连年生长量的影响

3. 2. 1 单施 N 肥效应 表 2 可见, 第 2 年施 N 肥 50、100 kg/hm<sup>2</sup> 分别使湿地松当年抽高较 CK 显著增加 12. 9%、11. 9%; 在第 3 年再追施 N 肥 50 kg/hm<sup>2</sup>, 则未引起明显的生长反应; 而在第 3 年一次性施 N 肥 100 kg/hm<sup>2</sup>, 则使其 *DBH*、*V* 当年生长量较 CK 分别显著增加 25. 3%、38. 6%; 这 3 个施 N 肥处理在第 4 年时, 均表现出了一定程度的后效。

3. 2. 2 单施 P 肥效应 表 4 可见, (1) 在造林时施用一半剂量的情况下, 对第一年的当年生长无明显效果反映, 而对第 2 年的树高 *H* 生长则有极显著效果, 较 CK 增加 16. 1%~23. 7%; 到第 3 年再追施另一半剂量, 则仅对胸高断面积 *BA* 和蓄积 *V* 有显著效果, 分别增加 16. 0%~23. 5%、23. 3%~27. 9%, 对 *H* 和 *DBH* 则不显著, 同时说明在阐述反映林木在施肥当年及后效的重要指标<sup>[6]</sup>连(当)年生长效应时, 断面积指标较直径指标更为适宜<sup>[2, 4, 10]</sup>; (2) 施不同剂量 P 的后效在第 4 年则仅有较高剂量(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100~200 kg/hm<sup>2</sup>) 时, 在 *H*、*BA* 单个指标上有显著效果, 较 CK 增加约 20%, 对 *V* 则效果不显著, 但亦较 CK 增加 2. 681~5. 038 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。(3) 在考察不同施 P 肥量间的差异时, 连年生长量并无明显差异。

表 4 单施不同剂量 P 肥(钙镁磷肥)时的湿地松连年生长期

生长指标	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 水平 (kg/hm <sup>2</sup> )	树 龄(a)							
		1(1992)		2(1993)		3(1994)		4(1995)	
H (m)	0	0.41	(100.0)	0.93	(100.0)	1.12	(100.0)	0.90	(100.0)
	50	0.42	(102.4)	1.08**	(116.1)	1.06	(94.6)	0.97	(107.8)
	100	0.40	(97.6)	1.15**	(123.7)	1.14	(101.8)	1.12*	(124.4)
	200	0.37	(90.2)	1.13**	(121.5)	1.15	(102.7)	1.02	(113.3)
DBH (cm)	0	1.43	(100.0)			2.55	(100.0)	2.89	(100.0)
	50	1.54	(107.7)			2.70	(105.8)	2.91	(100.7)
	100	1.52	(106.3)			2.52	(98.8)	3.17	(109.7)
	200	1.41	(98.6)			2.69	(105.5)	3.24	(112.1)
BA (m <sup>2</sup> /hm <sup>2</sup> )	0	0.788	(100.0)			2.545	(100.0)	6.201	(100.0)
	50	0.906	(115.0)			3.144*	(123.5)	6.894	(111.2)
	100	0.898	(114.0)			2.951	(116.0)	7.386*	(119.1)
	200	0.789	(100.1)			3.126*	(122.8)	7.572*	(122.1)
V (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	0					6.036	(100.0)	17.368	(100.0)
	50					7.594*	(125.8)	20.049	(115.4)
	100					7.444*	(123.3)	22.406	(129.0)
	200					7.722*	(127.9)	22.198	(127.8)

注: P 肥分 2 次在造林时和第 3 年 4 月各施该水平的 1/2 剂量; DBH、BA 栏第 1 年数据分别为地径 GLD、地径断面积 GBA; \*、\*\* 分别指当年生长量经 LSD 检验与 CK 差异达  $\alpha = 0.05, 0.01$  显著水平; 括号内数据为相对 CK(不施肥即施 P 肥水平为 0)的%。

3.2.3 单施 K 肥效应 表 3 说明, (1) 第 2 年施 K 肥当年即反映出明显的生长效果; (2) 在第 3 年一次性施 K 则效果不明显, 只有再追施与第 2 年施 K 肥剂量相同的 K 肥时才会有效果; (3) 到第 4 年时的后效虽有所见, 但较当年效果不明显, 充分反映出 K 肥的速效性<sup>[7]</sup>。(4) 考察不同施 K 肥量间的差异, 并无明显区别。

3.2.4 N、P、K 肥配合施用效应 试验说明在不同的 N、P、K 肥配合施用的处理中, 以 P<sub>2</sub>K<sub>1</sub> 处理的湿地松幼林连年生长最好, P<sub>2</sub>、P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 和 NP<sub>2</sub> 次之或不相上下, 再次的 NP<sub>2</sub>K<sub>1</sub> 则与单施 N、P、K 肥大致相同或略低。上述 10 个处理之间, 在 H、DBH、V 指标上, 除在第 4 年的 H 表现出 P<sub>2</sub>K<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> 与 NP<sub>2</sub>、NP<sub>2</sub>K<sub>1</sub> 差异显著外, 其余均无明显区别(参见表 1)。

### 3.3 施肥时间与肥效分析

#### 3.3.1 P 肥

3.3.1.1 同等剂量不同时间一次性施用的效果比较 表 5 可见分别在造林时(基施, 处理 A)、第 2 年(B)、第 3 年(C)一次性施用钙镁磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 kg/hm<sup>2</sup>), 其效果差异明显, 处理 A 显著优于处理 C, 处理 B 则居中。

#### 3.3.1.2 同等剂量隔年各半施用的效果比较

表 5 的 D、E 处理比较可见, E 处理为最佳, 其 DBH、H、V 分别超过 CK 的幅度为 19.0%、23.4%、65.2%, 但 D、E 间无明显区别。

#### 3.3.1.3 P 肥不同分配方式<sup>[8]</sup>的效果比较

表 5 结合图 1 可见, 将同等剂量的 P 肥分两次隔年各半施用(D、E 处理)的效果较一次性施用(A、B、C 处理)为优, 到 4 年生时蓄积超过

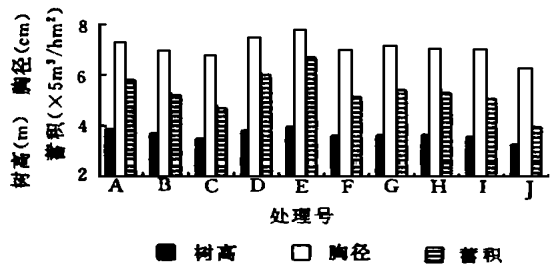


图 1 施肥时间与 4 年生湿地松林总生长量

表 5 湿地松施肥时间试验的当年生长量

处理号	第 1 年(1992)		第 2 年(1993)		第 3 年(1994)		第 4 年(1995)						
	GBA(m <sup>2</sup> /hm <sup>2</sup> )	H(m)	H(m)	H(m)	BA(m <sup>2</sup> /hm <sup>2</sup> )	H(cm)	V(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	BA(m <sup>2</sup> /hm <sup>2</sup> )	H(cm)	V(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )			
A	0.871 ab	0.35	1.19 bc	ABCD	3.258 a	A	1.15**	8.162 ab	AB	6.567	0.97	19.748 abc	ABC
B	0.655 c	0.32	1.23 ab	AB	3.086 abc	A	1.08*	7.638 abcd	AB	5.787	0.87	17.223 bcd	BC
C	0.630 c	0.30	1.15 bcd	BCD	2.451 de	AB	0.97	5.922 ef	BC	6.067	0.89	16.817 cd	BC
D	0.972 a	0.46*	1.12 cd	BCD	3.174 ab	A	1.13*	8.005 abc	AB	7.196**	0.94	20.965 ab	AB
E	0.638 c	0.30	1.29 a	A	3.323 a	A	1.23**	8.690 a	A	7.830**	0.96	23.497 a	A
F	0.673 c	0.31	1.22 ab	ABC	2.634 bcd	AB	1.04	6.540 bcde	ABC	6.514	0.92	18.480 bcd	ABC
G	0.748 bc	0.37	1.11 d	CD	2.583 bcd	AB	1.02	6.372 cde	ABC	7.097*	0.99	20.080 abc	ABC
H	0.650 c	0.33	1.20 bc	ABCD	2.112 de	B	1.01	5.724 ef	BC	7.194**	0.98	19.976 abc	ABC
I	0.719 bc	0.34	1.16 bcd	BCD	2.531 cde	AB	1.01	6.250 def	ABC	6.457	0.94	18.448 bcd	ABC
J	0.766 bc	0.37	1.09 d	D	1.928 e	B	0.85	4.598 f	C	5.520	0.83	14.811 d	B
F <sub>1</sub>	2.53*	2.18	3.80**		3.77**		1.67	3.43*		2.38		2.52*	
MSe	0.014	989 72	0.002 948	761	0.187 547 9			1.446 988				6.995	840

1.092 ~ 9.942 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 其中 D、E 处理与 B、C 处理间存在显著差异, A 处理则居于这两类处理之间。

3.3.2 N、K 肥 从表 2、4、5 可见, 作为速效性的肥料, 在不同施 N 肥时间(处理 F、G)、施 K 肥时间(处理 H、I)之间, 并无明显区别。

## 4 结论与讨论

(1) 在相对肥沃但仍然较缺 P 的页岩坡积物发育的红壤上, 湿地松幼林施用 P 肥的效果显著, 使 H、DBH、V 等 4 a 总生长量较 CK 增加 5.1% ~ 19.0%, 7.2% ~ 23.4%, 16.2% ~ 65.2%; 在各种施 P 肥处理中, 以分两次隔年各半施用的效果最佳, 而以第 3 年一次性施 P 肥的效果最差; 在不同施 P 剂量间无明显差异, 但以施用 100 ~ 200 kg/hm<sup>2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 效果略好。在本试验土壤立地条件下, 将 100 kg/hm<sup>2</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的钙镁磷肥分两次各半隔年施用, 或从施肥成本<sup>[7]</sup>考虑而作为基肥一次性施用, 应成为生产上施 P 肥的首选方式。本结果与供 P 水平更低的第四纪红土母质发育的红壤上湿地松幼林施 P 肥效果<sup>[3,4]</sup>趋势相同, 尽管在同龄 4 年生时, 本试验 H、DBH、V 总生长量分别要超 0.04 ~ 0.58 m、0.99 ~ 1.74 cm、1.174 ~ 15.242 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 但不同之处表现在: 一则肥效发生缓慢, 再则增长效应要低得多, 三则本试验得出经济施 P 剂量<sup>[4,7,8]</sup>要高一倍, 初步可见土壤立地条件、因土施肥及经济施肥的关系<sup>[9]</sup>。

(2) Maftoun 等研究认为, 在严重缺 P 立地上, 施 N 肥会抑制幼林生长, 除非首先补施缺乏的 P<sup>[2]</sup>。与第四纪红土母质发育的红壤<sup>[3,4]</sup>、花岗岩、砂岩发育的砖红壤、赤红壤<sup>[5]</sup>相比较而言, 页岩坡积物发育的红壤的速效 N、P、K 含量明显要高, 尤其是 P。因此在本试验中不但未见施 N 肥的抑制作用, 反而出现了如 Wells 在海岸平原土壤(未见该作者对土壤 P 分析的数据)<sup>[10]</sup>一样的正效应。在连年生

长量上,充分反映了速效性肥料特性<sup>[7]</sup>;在总生长量上,仍表现出其与 CK 的明显差异, $H$ 、 $DBH$  增加 10% 以上, $V$  增加 25% 左右。

(3) 本试验说明,施 K 肥的效果与施 N 肥大致相同。在不同施 K 肥量间无明显差异。

(4) 试验说明,以 P、K 配合的效果最佳,其中又以  $P_2K_1$  为最,其  $H$ 、 $DBH$ 、 $V$  等 4 a 总生长量分别较 CK 增加 13.8%、15.9%、42.4%;但它们与单施 P、K 肥之间无明显区别。值得注意 NPK 完全肥料的效果,尽管与 CK 有显著差异,但较 PK 配合的效果明显要差,原因何在值得进一步研究。

(5) 本试验结果部分证明了 Waring 等的“一次性施肥效果可维持数年之久”的结论<sup>[6]</sup>,但亦表现出不同的趋势。对长效性 P 肥而言<sup>[8,9]</sup>,在同等剂量时,分两次各半隔年施用的效果最佳,但与一次性施基肥的效果间无明显差异。至于速效性的 N、K 肥<sup>[7]</sup>,则在不同施肥时间之间并无明显区别。

## 参 考 文 献

- 1 Broerman F S. Nitrogen-phosphorus fertilization of slash pine. Union Camp Corp Woodlads Res. Note, 1967, (18): 4~8.
- 2 Maftoun M, Pritchett W L. Effects of added nitrogen on the availability to slash pine on two lower coastal plain soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1970, 34(4): 685~690.
- 3 胡炳堂,洪顺山,李祖勋,等.红壤丘陵湿地松造林施肥的效应研究初报.江西农业大学学报,1995,17(1): 45~52.
- 4 胡炳堂,洪顺山,肖齐绪,等.湿地松幼林施肥研究.林业科学研究,1995,8(4): 380~387.
- 5 罗莲香,林书蓉,胡梓汲,等.湿地松施肥效应研究初报.林业科技通讯,1990,(7): 21~23.
- 6 Waring H D. Early fertilization for maximum production. In FAO-IUFRO Int. Symp. For. Fertilization, Paris, 1973, 215~241.
- 7 李贻铨.主要用材树种施肥技术.北京:中国科学技术出版社,1992.
- 8 林葆,林继雄.磷肥不同分配方式与后效.土壤肥料,1988,(2): 6~10.
- 9 廖宗文,林东教,王建林.红壤的磷肥有效性差异及其土壤化学特点的初步研究.华南农业大学学报,1996,17(1): 67~71.
- 10 Wells C G, Crutchfield D M, Trew I F. Five-year volume increment from nitrogen fertilization in thinned plantations of pole-size loblolly pine. Forest Sci., 1976, 22(1): 85~90.

## The Response of Young Slash Pine Plantation to Fertilization on the Shale Red Soil

Ji Jianshu Zhong Qiuping Hu Bingtang  
Li Yiquan Zhang Ying Chen Daodong

**Abstract** The fertilization trial of *Pinus elliottii* plantation was established on the red soil developed from slope deposit of shale in Fenyi County, Jiangxi Province. During the first four years(1992 ~ 1995) investigation show that: 1. The effectiveness of N、P、K or its combined application was tangible in this young plantation. The total growth of height ( $H$ ), diameter breast-high ( $DBH$ ), volume-increment of whole woods ( $V$ ) of treatment plots amounted to 3.72 ~ 4.03 m, 7.20 ~ 7.93 cm, 27.650 ~ 34.158  $m^3/hm^2$ , which were 5.1% ~ 13.8%, 7.0% ~ 17.8%, 15.2% ~ 42.4% over check(CK) plots respectively. 2. The effect of  $P_2K_1$  combined application was the best, but had no significant difference compared with the effect of  $NP_2$ 、 $P_1K_1$ 、 $NP_2K_1$  and single N、P、K application. There was no obvious difference between various N、P、K level treatments. The effect of P partition into two times a half per time was better than once. The total growth of  $V$  was 1.092 ~ 9.942  $m^3/hm^2$  which was higher than the latter. The obvious response of these treatments for the current annual increment lasted to the third year for  $H$ 、 $DBH$ , and to the fourth year for  $V$ . The obvious effect of N、K for the growth was only in the fertilization year. 3. Final results show that according to the response of young slash pine plantation to fertilization, 100  $kg/hm^2$  of  $P_2O_5$  partition into two times fertilization or as once basal fertilization is enough in the soil type of this test.

**Key words** shale red soil slash pine fertilization response

Ji Jianshu, Engineer, Zhong Qiuping (The Experimental Centre of Subtropical Forestry, CAF Fenyi, Jiangxi 336600); Hu Bingtang (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF); Li Yiquan, Zhang Ying, Chen Daodong (The Research Institute of Forestry, CAF).