

# 湿地松幼林施肥五年生长反应\*

洪顺山 胡炳堂 黄小勤 肖齐绪 李祖勋

**摘要** 在江西省永丰县恩江林场贫瘠的第四纪低丘红土立地进行湿地松幼林施肥试验,用以检验幼林对 N、P、K 肥效的反应,和不同施肥期对幼林生长的影响。施肥后五年的生长统计分析表明: N、P 配合施用效果最佳;施用量为 N 100 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 kg/hm<sup>2</sup> 时,立木蓄积达到 42.01 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,比不施肥增加 90%;单施磷肥湿地松幼林的生长反应也达到极显著水平。造林施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 50~200 kg/hm<sup>2</sup> 时,立木蓄积比不施肥增加 34%~74%;P 肥不同用量水平的肥效差异不显著;作基肥优于追肥,同等 P 量分次追施优于一次性施肥。K 肥效果不明显。单施 N 肥在施后前三年有显著负效应,至第五年负效应消失。

**关键词** 湿地松幼林 施肥 生长效应 低丘红壤

我国湿地松(*Pinus elliottii* Engelm.)引自美国东南部,原产地大多作纸浆用材林培育,并实行短轮伐期管理。1968 年美国对南方松(包括湿地松)开始进行较系统的施肥试验,随后对试验结果陆续有所报道<sup>[1~3]</sup>。1979 年, W. L. Pritchett<sup>[4]</sup>对湿地松施肥研究作了较全面的总结,1989 年, Jokela 等<sup>[5]</sup>发表了长达 25 a 的施肥研究结果,肯定了湿地松施肥的明显反应可以持续到林分成熟期。湿地松施肥在美国东南部已经推广应用,并随我国湿地松的引种栽培介绍到国内<sup>[6,7]</sup>。国内有些省区在培育湿地松丰产林中开始应用有机肥、复合肥或 P 肥。鉴于湿地松已为我国培育速丰林的重要树种之一,系统开展其施肥试验实有必要,本题着重研究第四纪低丘红土立地湿地松幼林施用 N、P、K 的肥效反应,同时探讨不同施肥期和使用方法对肥效的影响。试验从 1991 年春开始,施肥后前三年的结果已作过较详细报道<sup>[8,9]</sup>,本文分析和讨论第五年的试验结果。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验立地条件

试验地位于江西省永丰县恩江林场, 27°30' N, 115°30' E, 平缓低丘台地, 最高海拔 85 m。植被稀疏, 部分为光板地, 并有明显的冲刷沟。土壤为第四纪红色粘土洪积物, 土层深厚, 一般超过 1 m; 土壤质地属重壤至轻粘土, 表土容重变化较大, 变幅 0.80~1.40 g/cm<sup>3</sup>, 平均 1.17±0.15 g/cm<sup>3</sup>。土壤理化指标为(8 个表土样品平均值): 水提 pH 4.83~4.94, 有机质含量 7.68±1.98 g/kg, 全 N 0.89±0.11 g/kg, 全 P 0.31±0.08 g/kg, 全 K 7.71±0.58 g/kg, 水解 N 83.95±6.66 mg/kg, 速效 P 0.85±0.56 mg/kg, 速效 K 25.44±2.79 mg/kg, 水解性酸 5.61

1996—07—15 收稿。

洪顺山研究员, 胡炳堂(中国林业科学研究院亚热带林业研究所 浙江富阳 311400); 黄小勤, 肖齐绪, 李祖勋(江西省永丰县林业局)。

\* “八五”国家造林项目“主要树种施肥试验林、示范林研究推广”专题的部分研究内容。专题组长李贻铨研究员主持制订试验研究方案, 特此致谢。

$\pm 0.60$  cmol/kg, 代换量 6.38 cmol/kg, 盐基饱和度 12.1%。

## 1.2 试验设计

试验内容分两部分, 即 N、P、K 三要素配比基施试验和不同施肥期试验。肥料配比设置 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 CK; 各肥料要素施用量按有效成份 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 计量, 其施肥水平为 N 100、P<sub>1</sub> 50、P<sub>2</sub> 100、P<sub>3</sub> 200、K<sub>1</sub> 100、K<sub>2</sub> 200 kg/hm<sup>2</sup>。施肥时期试验设置 10 个处理, 都是单一元素不同使用时期对比, 其中等量 P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 kg/hm<sup>2</sup>) 设 5 种施肥期, 等量 N (100 kg/hm<sup>2</sup>) 设两种施肥期, 等量 K (K<sub>2</sub>O 100 kg/hm<sup>2</sup>) 设两种施肥期, 另设一个不施肥的对照处理。所有处理小区均为 36 株树, 4 次重复。

## 1.3 生长调查和统计分析

每块标地 (试验小区) 固定中心 14 株树为测量标准木, 剔除个别严重病株或断梢株, 以小区算术平均数进行方差分析, 处理平均数作 Duncan 检验比较其差异程度。

# 2 结果分析

## 2.1 施肥量及其配比的生长反应

湿地松造林施肥试验于 1991 年春实施, 5 a 后 (6 年生) 生长调查统计经方差分析和 Duncan 多重比较结果汇总于表 1。其 N、P、K 生长反应分述如下。

表 1 湿地松幼林施肥配比 5 年生长比较

| 处 理                            | 树 高 (m) |                 |            | 胸 径 (cm) |      |            | 蓄 积 (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ) |     |            |     |    |     |
|--------------------------------|---------|-----------------|------------|----------|------|------------|--|-----|------------|-----|----|-----|
|                                | 均值      | 差异 <sup>①</sup> | 与 CK 比 (%) | 均值       | 差异   | 与 CK 比 (%) | 均值                                     | 差异  | 与 CK 比 (%) |     |    |     |
| NP <sub>2</sub>                | 4.94    | a               | A          | 125      | 8.12 | a          | A                                      | 130 | 42.01      | a   | A  | 190 |
| NP <sub>2</sub> K <sub>1</sub> | 4.77    | ab              | A          | 121      | 8.12 | a          | A                                      | 130 | 40.87      | ab  | A  | 185 |
| P <sub>1</sub>                 | 4.73    | ab              | A          | 120      | 7.88 | ab         | AB                                     | 127 | 38.59      | abc | A  | 174 |
| P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>  | 4.57    | ab              | A          | 116      | 7.61 | bc         | AB                                     | 121 | 35.26      | abc | A  | 159 |
| P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>  | 4.54    | ab              | A          | 115      | 7.58 | bc         | AB                                     | 121 | 34.78      | bc  | A  | 157 |
| P <sub>2</sub>                 | 4.58    | ab              | A          | 116      | 7.39 | bc         | B                                      | 118 | 33.51      | c   | AB | 151 |
| P <sub>3</sub>                 | 4.54    | ab              | A          | 115      | 7.34 | c          | B                                      | 117 | 33.31      | c   | AB | 150 |
| K <sub>1</sub>                 | 3.97    | c               | B          | 101      | 6.59 | d          | C                                      | 105 | 24.60      | d   | B  | 111 |
| N                              | 3.80    | c               | B          | 96       | 6.44 | d          | C                                      | 103 | 22.67      | d   | B  | 102 |
| K <sub>2</sub>                 | 3.68    | c               | B          | 93       | 6.30 | d          | C                                      | 100 | 21.24      | d   | B  | 96  |
| CK                             | 3.94    | c               | B          | 100      | 6.27 | d          | C                                      | 100 | 22.14      | d   | B  | 100 |

①Duncan 检验,  $P=0.05$  差异水平用小写英文字母表示,  $P=0.01$  差异水平用大写英文字母表示。

2.1.1 N 肥效应 单施 N 肥当施用量为纯 N 100 kg/hm<sup>2</sup> 时, 造林当年出现显著负效应, 树高生长量只及对照的 70%<sup>[9]</sup>, 但是随着生长的持续, 其负作用逐渐减弱, 至施肥后第 5 年, N 肥的负效应基本消失, 树高生长量为对照的 96%, 胸径为 103%, 立木蓄积为 102%, 在统计上不存在显著差异 (表 1)。

如果 N 肥与 P 肥配合施用, 其生长效应与 N 肥单施相反, 呈显著正效应, NP<sub>2</sub> 和 NP<sub>2</sub>K<sub>1</sub> (K 素肥效不明显, 下文将讨论) 处理比 P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、P<sub>3</sub> 的各处理生长更好, 胸径和立木蓄积差异显著, 其中立木蓄积增长 16%~40% (表 1)。美国对南方松的研究结果认为<sup>[4]</sup>, 在缺 P 的立地, 只有先矫正缺 P, N 肥才有正效应, 同本题试验结果极为相似。

2.1.2 P 肥效应 已有的研究报道揭示, 湿地松施肥中, 幼林施肥以 P 肥肥效最好, 因此, 本

项研究有关 P 的处理组合最多, 11 个处理中有 7 个含 P 处理。持续五年试验结果表明, 单施 P 肥在树高、胸径和立木蓄积三方面都有显著至极显著反应(表 1), 与对照相比, 树高增长 15% ~ 20%, 胸径增长 17% ~ 27%, 蓄积增长 50% ~ 74%, 在幼林阶段, 施肥量在  $P_2O_5$  50 ~ 200  $kg/hm^2$  的不同用量水平之间, 生长反应差异不显著, 说明幼林阶段 P 肥适宜用量为  $P_2O_5$  50  $kg/hm^2$ 。

P 肥和 N 肥有明显的交互作用, 然而 P 肥与 K 肥的交互作用却不明显。 $P_1K_1$ 、 $P_2K_1$  与  $P_1$ 、 $P_2$  处理之间没有显著的生长差异;  $NP_2K_1$  与  $NP_2$  之间生长差异也不显著。

2.1.3 K 肥效应 表 1 结果显示, 单施 K 肥  $K_2O$  100  $kg/hm^2$  使立木蓄积比对照增加 11%, 施  $K_2O$  200  $kg/hm^2$  蓄积下降 4%, Duncan 检验均没有达到显著水平, 其差异可能由立地差异引起, 也可能是其它试验误差造成的。说明尽管低丘红色粘土有效 K 含量偏低, 但尚能满足湿地松幼林生长的需要。K 与 N、P 的交互作用同样表现不明显,  $NP_2$  与  $NP_2K_1$  及  $P_1K_1$ 、 $P_2K_1$  与单施 P 肥比较, 差异均不显著。在国外, 湿地松栽培很少施用 K 肥<sup>[4]</sup>, 都说明 K 肥在湿地松栽培措施中没有重要作用。

## 2.2 不同施肥期对生长的影响

施肥期试验实施后第 5 年末, 10 个处理的生长统计分析汇总于表 2。

表 2 湿地松幼林施肥期生长比较

| 序号 | 处 理                  |               | 树 高       |                 |               | 胸 径        |      |               | 立木蓄积                 |     |               |     |    |     |
|----|----------------------|---------------|-----------|-----------------|---------------|------------|------|---------------|----------------------|-----|---------------|-----|----|-----|
|    | 施肥量<br>( $kg/hm^2$ ) | 施肥时间<br>(年—月) | 均值<br>(m) | 差异 <sup>①</sup> | 与 CK 比<br>(%) | 均值<br>(cm) | 差异   | 与 CK 比<br>(%) | 均值<br>( $m^3/hm^2$ ) | 差异  | 与 CK 比<br>(%) |     |    |     |
| A  | $P_2O_5$ 100         | 1991 年造林时     | 4.63      | a               | A             | 115        | 7.72 | a             | A                    | 116 | 36.68         | a   | A  | 145 |
| D  | $P_2O_5$ 50          | 1991 年造林时     | 4.57      | a               | A             | 113        | 7.41 | a             | A                    | 112 | 33.66         | a   | A  | 134 |
|    |                      | 1993—04       |           |                 |               |            |      |               |                      |     |               |     |    |     |
| E  | $P_2O_5$ 50          | 1992—04       | 4.40      | a               | AB            | 109        | 7.33 | a             | A                    | 110 | 32.06         | a   | A  | 127 |
|    |                      | 1993—04       |           |                 |               |            |      |               |                      |     |               |     |    |     |
| B  | $P_2O_5$ 100         | 1992—04       | 4.15      | b               | BC            | 103        | 6.63 | b             | B                    | 100 | 25.47         | b   | B  | 101 |
| J  | CK                   |               | 4.03      | bed             | C             | 100        | 6.64 | b             | B                    | 100 | 25.21         | bc  | BC | 100 |
| I  | $K_2O$ 100           | 1993—04       | 4.00      | bed             | C             | 99         | 6.65 | b             | B                    | 100 | 24.86         | bc  | BC | 99  |
| H  | $K_2O$ 100           | 1992—04       | 3.83      | cde             | CD            | 95         | 6.50 | bc            | B                    | 98  | 23.34         | bcd | C  | 93  |
| C  | $P_2O_5$ 100         | 1993—04       | 4.04      | bc              | C             | 100        | 6.34 | bc            | BC                   | 95  | 23.21         | bcd | C  | 92  |
| F  | N 100                | 1992—04       | 3.64      | e               | D             | 90         | 6.06 | cd            | BC                   | 91  | 19.49         | cd  | C  | 77  |
| G  | N 100                | 1993—04       | 3.58      | e               | D             | 89         | 5.92 | d             | C                    | 89  | 18.80         | d   | C  | 75  |

①Duncan 测验, 小写英文字母表示  $P = 0.05$  水平差异显著, 大写为  $P = 0.01$  水平差异显著。

2.2.1 P 肥作基肥与追肥的肥效比较 等量 P 肥, 每公顷用量都为  $P_2O_5$  100  $kg$ , 按 5 种施肥期进行比较(见表 2), 处理 5 年后显示, P 肥在造林时一次性作基肥施入肥效最佳, 与不施肥的对照比较, 树高增长 15%, 胸径增加 16%, 立木蓄积增加 45%, 方差分析后经 Duncan 检验, 其差异均达到极显著水平; 同等 P 量在造林后 1 a 间追肥, 追肥后 4 a 的树高比不施肥的对照处理只增长 3%, 胸径与对照持平, 立木蓄积只增加 1%, 方差分析差异不显著。再推迟 1 a 追施等量 P 肥, 其肥效仍然不佳。如果将等量 P 肥分成两半, 一半在造林时作基肥, 另一半在造林后 2 a 追施, 其效果也不及造林时全部作基肥, 立木蓄积下降 11 个百分点。等量肥料分两半在造林后第 2 和第 3 年施用, 其肥效仍比作基肥差, 但比一次性作追肥好, 与对照比较树高增长 9%, 胸径增加 10%, 立木蓄积增加 27%。究其原因可能与 P 肥特性有关。P 肥尤其钙镁磷肥

(本试验用肥品种)为拘溶性肥料,属缓效性,溶出缓慢,且因 P 在土壤中移动性差,只有施入根际土壤与根系接触,P 肥才有机会提供植物吸收。而刚造幼林,根系分布范围较小,只有作基肥才能为幼林吸收 P 肥创造充分有利的条件。如果造林后需要补施 P 肥,应该尽量接近根系,其追肥的效果也会明显提高。

由于林木生长周期长,有的研究者经过长期的观察,发现一次性施肥和分次施肥最终的效果并没有明显的差别<sup>[10]</sup>,这种可能性肯定存在,所以持续的结果如何还有待于进一步观察。

2.2.2 N、K 肥追施效果 表 2 中有关 N 和 K 的追肥处理,其生长排序都列在对照之后。单独追施 N 肥呈显著负效应;离施肥时间越近,湿地松生长负效应越大。单独追施 K 肥,肥效反应在统计上不显著,这些结果与肥料配比试验的结果相似,进一步证明肥料配比试验有关 N、K 肥效结论的可靠性。

### 3 结 论

(1) 缺 P 的低丘红土立地湿地松造林施用 N 肥呈现两种截然不同的效应,单施 N 肥在短期内呈负效应,在施 N 量  $100 \text{ kg/hm}^2$  时,施肥后 2~3 a 内对生长有显著的抑制作用,但持续到第 5 年其负作用基本消失。N 与 P 肥配合施用有明显的交互作用,N 肥有显著的正效应,N、P 配合施用肥效最佳。

(2) 湿地松造林单用 P 肥作基肥,对幼林生长有极显著的促进作用。P 肥作基肥的效果优于造林后作追肥;同等 P 量分次追施又优于一次性追施。

(3) K 肥对湿地松幼林生长的影响不明显,K 肥单施或配合 N、P 施用,肥效反应均不显著。

### 参 考 文 献

- 1 Pritchett W L, Smith W H. Forest fertilization in the U. S. Southeast. Forest Soils and Forest Land Management. Edited by Bernier, B. and C. H. Winget. Québec: les presses de l'université laval, 1975, 467 ~ 476.
- 2 Fisher R F, Garbett W S. Response of semi-mature slash and loblolly pine plantations to fertilization with nitrogen and phosphorus. Soil Sci. Soc. Amer. Jour., 1980, 44: 850 ~ 854.
- 3 Atkinson W A, Morison I G. The Pacific Northwest Regional Fertilization Project, an integrated approach to forest nutrition research. Forest Soils and Forest Land Management. edited by Bernier, B. and C. H. Winget. Québec: les presses de l'université laval, 1975, 477 ~ 484.
- 4 Pritchett W L. Properties and management of forest soils. New York: John Wiley and Sons, 1979, 347 ~ 348.
- 5 Jokela R B, Harding Nowak C A. Long-term effects of fertilization on stem form, growth relations, and yield estimates of slash pine. Forest Sci., 1989, 35(3): 832 ~ 842.
- 6 潘志刚. 美国南方松林的经营情况. 林业科技通讯, 1989, (7): 27 ~ 30.
- 7 朱志淦. 丁衍畴主编. 湿地松. 广州: 广东科技出版社, 1993, 199 ~ 206.
- 8 李贻铨, 洪顺山, 周文龙, 等. 杉、松、桉幼林两年施肥效应研究. 林业科学研究, 1995, 8(3): 235 ~ 240.
- 9 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.
- 10 Jokela E J, Stephen C. Stearns-Smith. Fertilization of established southern pine stands: effects of single and split nitrogen treatments. South. J. Appl. For., 1993, 17(3): 135 ~ 138.

## Five Years Growth Response of Young Slash Pine to Fertilization

*Hong Shunshan Hu Bingtong Huang Xiaoqin  
Xiao Qixu Li Zuxun*

**Abstract** The fertilization trial of young slash pine (*Pinus elliottii*) was established on the quarternary period red earth with low organic matter content in Yongfeng County of Jiangxi Province to examine the growth responses of N、P、K application and the effects at different dressing period. The growth responses during the first five years after fertilizing showed that the maximum stocking was  $42.01 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  from the NP treatment, as dressing N 100,  $\text{P}_2\text{O}_5$  100  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , resulting in 90% volume increase. Alone phosphours fertilizing, as dressing  $\text{P}_2\text{O}_5$  50, 100, 200  $\text{kg}/\text{hm}^2$  at planting, resulted in 34% ~ 74% volume increase. No significant differences of growth response occurred in various fertilizing levels of alone P treatments. However, fertilizing P at planting gave more growth response than dressing after planting. Though obvious negative response in N alone application during the first three years after dressing, the negative response disappeared by the end of the fifth year. No significant response occurred in K application.

**Key words** fertilization young slash pine red earth on hill area growth response

---

Hong Shunshan, Professor, Hu Bingtong (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF Fuyang, Zhejiang 311400); Huang Xiaoqin, Xiao Qixu, Li Zuxun (Forest Bureau of Yongfeng County, Jiangxi Province).