

文章编号: 1000-5692(2005)03-0291-05

## 西南桦优树选择的研究

陈强<sup>1</sup>, 周跃华<sup>2</sup>, 常恩福<sup>1</sup>, 李品荣<sup>1</sup>, 毕波<sup>1</sup>, 赵永红<sup>3</sup>, 管经粟<sup>1</sup>

(1. 云南省林业科学院, 云南 昆明 650204; 2. 云南省林业技术推广总站, 云南 昆明 650204; 3. 云南省林业科学院 普文试验林场, 云南 景洪 666102)

**摘要:** 通过对西南桦 *Betula alnoides* 分布区的调查, 实测了 25 个县 261 株西南桦候选优树的数量性状、质量性状及环境因子, 对候选优树 9 个性状进行相关分析后选择出材积和通直度作为西南桦选优的主要性状。采用数量化回归的方法来制定优树选择的指标, 建立了各立地因子、林分类型和树龄与材积的多元数量化模型, 其复相关系数达 0.920 815。西南桦材积实测值与理论值间差值的频率分布呈正态分布, 以其差值作为西南桦优树选择的选择指标  $I_i$ , 以  $\bar{I} \pm 0.5 \delta$  作为分级依据, 结合通直度制定出西南桦优树选择的标准为① I 级优树: 通直度为 I 级, 同时  $I_i \geq 0.381 257$ 。② II 级优树: 通直度为 I 级或 II 级,  $-0.381 257 < I_i < 0.381 257$ 。③ 一般林木(III级木):  $I_i \leq -0.381 257$ 。用此标准筛选出西南桦 I 级优树 46 株, 占候选优树的 17.62%, II 级优树 145 株, 占候选优树的 55.56%。图 2 表 2 参 11

**关键词:** 林木遗传育种学; 西南桦; 优树选择; 选择指标

**中图分类号:** S791.248 **文献标识码:** A

云南省热区面积达 9.8 万  $\text{km}^2$ , 约占全省土地的 1/4, 具有气候湿热、林木生长快、树种与土地资源丰富等发展林业的优势。云南省林业科学院经过长期研究, 从乡土树种中筛选出的西南桦 *Betula alnoides* 是优良的热区速生珍贵用材树种, 其木材价值高, 生长速度快, 对土壤适应性广, 生态效益好, 是能够改良土壤的“自肥树种”, 已成为云南省热区速生丰产林基地建设的主要树种之一。西南桦因其较高的经济价值, 多年来被大量采伐, 现在完整保留下来的天然林已经很少, 特别是生长好的西南桦砍伐得很厉害, 遗传资源的保护已迫在眉睫。为了保护其种质资源, 为生产提供优良的种子, 改变生产上随意采种, 种子良莠不齐的状况, 提高生产力, 亟须进行遗传改良。

### 1 研究方法

#### 1.1 野外调查

西南桦为亚热带常绿阔叶林区次生林的先锋树种, 具有较强的天然更新能力, 分布于滇中高原以南和横断山脉南部地区以及相毗邻的桂西和桂西南, 越南、老挝、缅甸北部也有分布, 垂直分布海拔 200~2 600 m, 生长分布区的极限高温达 40.3  $^{\circ}\text{C}$ , 极限低温为 -4.0  $^{\circ}\text{C}$ ~-5.0  $^{\circ}\text{C}$ , 云南为西南桦的主要分布区, 在西双版纳、思茅、红河、临沧、保山、德宏、文山、怒江、玉溪、大理和楚雄等 11 个地(州)的 52 个县有分布<sup>[1,2]</sup>(图 1)。

收稿日期: 2004-09-08; 修回日期: 2005-03-15

基金项目: 云南省发展与改革委员会和云南省林业厅资助项目(林科字[2002]04)

作者简介: 陈强, 副研究员, 从事林木遗传育种、森林资源培育及岩溶生态环境治理等研究。Email: chone1056@sina.com

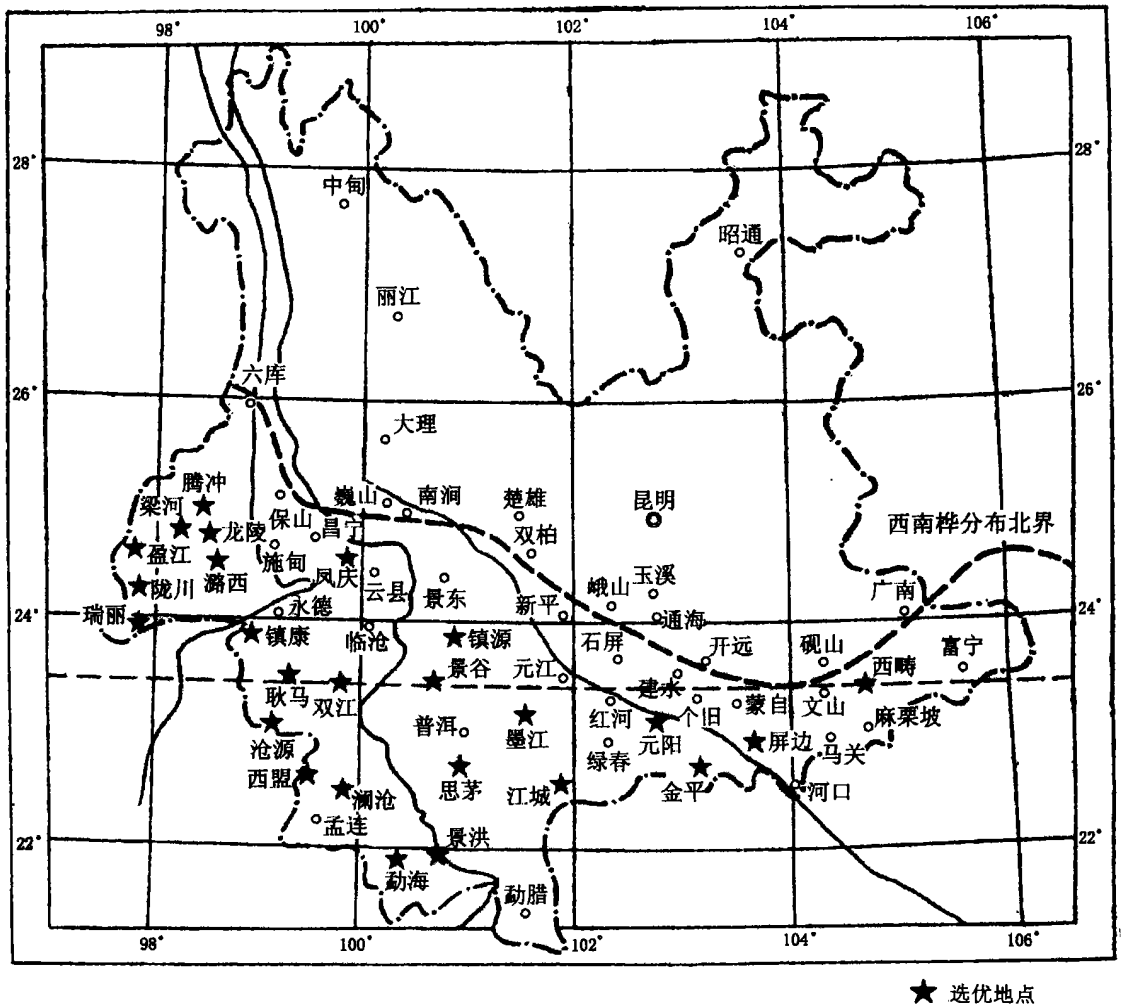


图1 西南桦及实测候选优树分布图

Figure 1 Distributive areas of *Betula alnoides* and superior trees which are awaited to select

在广泛收集西南桦有关资料，通过群众报优，在全面调查了解情况的基础上，制定了“西南桦优树选择野外调查方案”。去除分布较少地区长势不好的外，于2002年10月至2003年1月到西南桦集中分布的西双版纳、思茅、红河、临沧、保山、德宏、文山等7个地（州）的38个县对各地所报的西南桦进行了调查，测定各候选优树的形质性状、数量性状、开花结实情况及抗病虫害能力，现场剔除一些长势不太好，形质指标较差及未开花结实的植株后，实际测定了25个县共计261株候选优树（图1）。调查范围在22°00′~25°01′N，97°35′03″~104°04′E，海拔高度在539~2010m，坡度在8°~60°，黑土层厚度在9~60cm。调查内容包括树龄、树高、胸径、冠幅、通直度、侧枝粗细（第3轮侧枝与主干之比）、冠型、健康状况、开花结实状况，海拔、坡向、坡度、坡位、坡形、基岩、土壤、黑土层厚度、林分类型及GPS定位，计算了材积、径高比和冠宽等指标。

### 1.2 数据处理方法

西南桦价值较高，天然林被采伐了很多，现存的大多处于散生状态，许多生长优良的西南桦已找不到对比木，利用通常所采用的林分选择方法<sup>[3,4]</sup>和对比木法<sup>[5-7]</sup>都无法进行西南桦选优，因此考虑采用生长量指标与环境因子进行回归以剔除环境因子的影响，减少表型选择的误差<sup>[9]</sup>，筛选出遗传基因较好的西南桦优树。由于环境因子中包含有定性因子和定量因子，因此采用多元数量化回归模型I来处理。

设自变量有  $h$  个定量因子，它们在第  $i$  个样本中的数据为  $x_{i(u)}$  ( $u = 1, 2, \dots, h; i = 1, 2, \dots, n$ )，有  $m$  个定性因子（项目），其中第  $j$  项目有  $r_j$  个类目，它们在第  $i$  个样品中的反应是  $\delta_{(j,k)}$  ( $j = 1, 2, \dots, m; i =$

1, 2, ..., n), 因变量为  $y$ , 它在第  $i$  个样本中的数据为  $y_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 。则有如下的线性模型:

$$y_i = \sum_{u=1}^n b_u x_{i(u)} + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \hat{\phi}_{(j,k)} b_k + \epsilon_i$$

这里  $b_u (u = 1, 2, \dots, h)$ ,  $b_{jk} (j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, r_j)$  是未知常数,  $\epsilon_i (i = 1, 2, \dots, n)$  是随机误差<sup>[9]</sup>。

## 2 结果分析

### 2.1 西南桦各生长量因子间的相关分析

以 261 株候选优树为样本, 对树高、胸径、材积、径高比、冠幅、冠宽、冠型、通直度和侧枝粗细等 9 个性状进行相关分析, 结果见表 1。

表 1 9 个性状间相关系数

Table 1 Correlation among 9 characteristics

性状	树高	胸径	材积	径高比	冠幅	冠宽	冠型	通直度
胸径	0.389 5 **							
材积	0.513 8 **	0.951 5 **						
径高比	-0.132 4 *	0.851 1 **	0.710 0 **					
冠幅	0.340 6 **	0.695 9 **	0.725 1 **	0.543 9 **				
冠宽	-0.125 9	0.559 8 **	0.517 3 **	0.665 5 **	0.880 5 **			
冠型	0.222 3 **	0.390 6 **	0.417 2 **	0.282 5 **	0.279 7 **	0.175 5 **		
通直度	-0.011 0	0.034 2	0.023 2	0.040 2	-0.006 3	-0.012 8	-0.106 7	
侧枝粗细	-0.249 7 **	-0.235 4 **	-0.254 0 **	-0.102 9	-0.230 7 **	-0.114 2	-0.125 8	-0.036 5

说明: \* 和 \*\* 分别指在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

由表 1 可见, 除通直度与其他性状间相关不密切外, 其他性状的相关均很密切, 说明通直度是一个相对独立的性状, 而其他性状间受连锁基因的作用, 存在着多重共线性<sup>[10]</sup>。在树高、胸径、材积、径高比、冠幅、冠宽和冠型诸性状间, 除树高与冠宽间相关不显著、树高与径高比间呈显著负相关外, 其余性状间均存在着极显著的正相关, 表明这些性状在选择上具有较高的一致性。侧枝粗细则与树高、胸径、材积及冠幅等性状呈极显著的负相关, 说明相对于主干来说, 侧枝较细的生长量较大, 而侧枝较粗壮的生长量较小。在树高、胸径和材积 3 个生长量性状中, 以材积和其他性状间的相关最紧密, 材积是这些性状在生长过程中的综合体现, 其较高的生长量也是生产上所追求的目标, 因此选择材积作为这次选优的主要生长量性状, 而通直度作为选优的控制指标。

### 2.2 西南桦生长量与环境因子多元数量化模型的建立

以坡向、坡位、坡形、基岩、土壤、林分类型、树龄、海拔、纬度、经度、坡度和黑土层厚度等 12 个因子为自变量, 材积为因变量进行多元回归, 结果见表 2。由表 2 可见, 材积受树龄影响最大, 但以年平均材积为因变量进行多元数量化回归, 其复相关系数仅达 0.777 262, 拟合度较低, 故以材积作为选择性状较为可靠。在环境因子中, 对西南桦生长影响较大的性状主要是基岩、林分类型、土壤、坡位、黑土层厚度和纬度等 6 个因子, 而海拔和经度对西南桦生长影响相对较小。

### 2.3 西南桦优树的选择

将 261 株西南桦候选优树的立地因子分别代入回归方程, 得到每株树的材积理论值, 用实测值减去理论值得到其差值。根据差值的频率分布绘制出频率分布图(图 2), 可见其频率分布呈正态分布。

以西南桦材积实测值与理论值间的差值作为西南桦优树选择的选择指标  $I_i$ , 它反映了西南桦在去除环境因子影响后的生长表现, 能够在很大程度上代表其基因型值, 减少了表型选择的误选率, 因而可作为划分优树等级的主要依据, 故以  $I_i$  与差值平均值  $\bar{I} \pm$  标准差  $\delta$  相比较<sup>[11]</sup>, 结合通直度来确定西南桦优树选择的标准。

I 级优树: 通直度为 I 级, 同时  $I_i \geq \bar{I} + 0.5 \delta$  即  $I_i \geq 0.381 257$ 。II 级优树: 通直度为 I 级, 同时

$\bar{I} + 0.5 \delta > I_i > \bar{I} - 0.5 \delta$  即  $0.381257 > I_i > -0.381257$ ; 通直度为 II 级, 同时  $I_i > \bar{I} - 0.5 \delta$  也就是说  $I_i > -0.381257$ ; 一般林木 (III 级木):  $I_i \leq \bar{I} - 0.5 \delta$  即  $I_i \leq -0.381257$ 。

用以上选择标准计算出 261 株候选优树中, 入选优树为 191 株, 占候选优树的 73.18%, 其中 I 级优树为 46 株, 占候选优树的 17.62%, II 级优树为 145 株, 占候选优树的 55.56%, 一般林木 (III 级木) 为 70 株, 占候选优树的 26.82%。鉴于所调查的候选优树为全省生长表现最好的西南桦, 从 73.18% 的入选率和 191 株入选优树来看, 既可以在一定程度上保证入选优树的质量, 又能满足生产上营建西南桦种子园的需要。

### 3 结论与讨论

①通过群众报优和对西南桦分布区的调查, 去除分布较少地区长势不好、形质指标较差及未开花结实的植株后, 实测了 25 个县 261 株西南桦的数量性状、质量性状及环境因子, 通过对 261 株候选优树 10 个性状进行相关分析, 选择体现林木生长量综合指标的材积及木材质量指标之一的通直度作为西南桦选优的主要性状。

②采用数量化理论 II 建立了各立地因子、林分类型和树龄与材积的多元数量化模型, 其方差为 3.192192, 剩余方差为 0.485531, 复相关系数为 0.920815。在环境因子中, 对西南桦生长影响较大的性状主要是基岩、林分类型、土壤、坡位、黑土层厚度和纬度等 6 个因子, 而海拔和经度对西南桦生长影响相对较小。③西南桦材积实测值与理论值间差值的频率分布呈正态分布, 以其差值作为西南桦优树选择的选择指标  $I_i$ , 以  $\bar{I} \pm 0.5 \delta$  作为分级依据, 结合通直度来确定西南桦优树选择的标准为 I 级优树: 通直度为 I 级, 同时  $I_i \geq 0.381257$ , II 级

表 2 西南桦材积多元数量化回归方程有关统计值

Table 2 Statistics values of multiple entry quantity regression model

项目	类目	回归系数	偏相关系数
		$b_0 = 2.512128$	
坡向	阳坡	$b_{11} = 0.057524$	0.095948
	半阳坡	$b_{12} = 0.011057$	
	半阴坡	$b_{13} = 0.153064$	
	阴坡	$b_{14} = 0$	
坡位	上	$b_{21} = -0.431220$	0.161600
	中	$b_{22} = -0.254526$	
	下	$b_{23} = 0$	
坡形	直线坡	$b_{31} = -0.000931$	0.086996
	凹形坡	$b_{32} = 0.137713$	
	凸形坡	$b_{33} = 0$	
基岩	砂页岩	$b_{41} = -1.125390$	0.310983
	页岩	$b_{42} = -0.744328$	
	砂岩	$b_{43} = -0.895189$	
	花岗岩	$b_{44} = -0.640979$	
	石灰岩	$b_{45} = 0$	
土壤	黄壤、黄棕壤	$b_{51} = 0.013924$	0.184881
	红壤、棕红壤	$b_{52} = -0.337373$	
	赤红壤	$b_{53} = -0.022453$	
	砖红壤	$b_{54} = 0$	
林分类型	纯林	$b_{61} = -0.361776$	0.216875
	混交林	$b_{62} = -0.518402$	
	散生木	$b_{63} = -0.472802$	
	孤立木	$b_{64} = 0$	
树龄		$b_7 = 0.113990$	0.872344
海拔		$b_8 = -0.000030$	-0.010401
纬度		$b_9 = -0.173367$	-0.128994
经度		$b_{10} = 0.011164$	0.018120
坡度		$b_{11} = -0.003975$	-0.055231
黑土层厚度		$b_{12} = 0.013776$	0.137756
方差 = 3.192192		剩余方差 = 0.485531	$R = 0.920815$

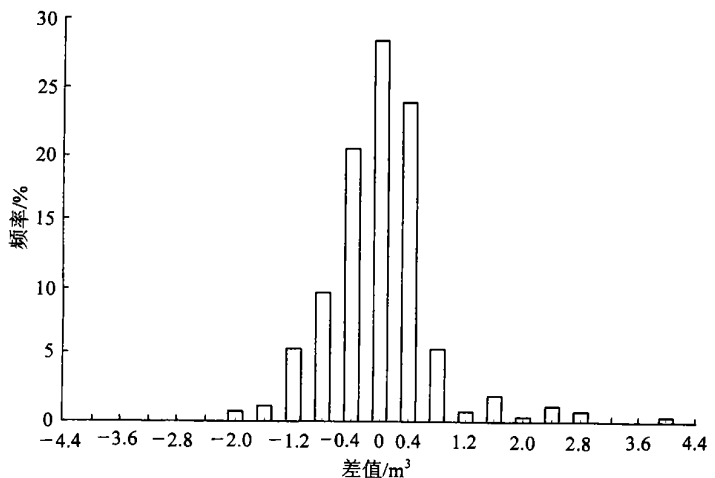


图 2 261 株西南桦候选优树实测值与理论值差值的频率分布图

Figure 2 The frequency distribution of differences between theoretical

and realistic volumes of 261 selected trees

优树: 通直度为 I 级, 同时  $0.381\ 257 > I_i > -0.381\ 257$ ; 通直度为 II 级, 同时  $I_i > -0.381\ 257$ 。一般林木 (III 级木):  $I_i \leq -0.381\ 257$ 。用此标准筛选出西南桦优树 191 株, 占 261 株候选优树的 73.18%, 其中 I 级优树 46 株, 占 17.62%, 2 级优树 145 株, 占 55.56%。

采用数量化回归的方法来进行优树选择指标的制定, 反映了西南桦在剔除环境因子影响后的生长表现, 能够在很大程度上代表其基因型值, 减少了表型选择的误选率, 因而可作为划分优树等级的主要依据, 但其效果有待于子代测定的检验。

### 参考文献:

- [1] 王达明. 西南桦的分布与生态环境[J]. 云南林业科技, 1992, (4): 3-8.
- [2] 云南省林业科学研究所. 云南主要树种造林技术[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1985. 123-125.
- [3] 马阿滨, 张海廷. 天然林坚果型红松优树选择方法及标准研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2000, 16(1): 60-65.
- [4] 杨培华, 郭俊荣, 谢斌, 等. 油松优树选择方法的研究[J]. 西北植物学报, 2000, 20(5): 720-726.
- [5] 朱积余, 蒋, 潘文. 广西红锥优树选择标准研究[J]. 广西林业科学, 2002, 31(3): 109-113.
- [6] 顾万春. 林木遗传育种基础[M]. 南宁: 广西人民出版社, 1984. 53-58.
- [7] 云南省林业厅. 云南主要林木种质资源[M]. 昆明: 云南科学技术出版社, 1996. 48-57.
- [8] 张懋高, 尹嘉庆, 董福美, 等. 滇西地区云南松天然优良林分选择的研究[J]. 云南林业科技, 1986, (1): 1-11.
- [9] 董文泉, 周光亚, 夏立显. 数量化理论及其应用[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1979. 1-48.
- [10] 陈强, 常恩福, 董福美, 等. 云南松天然优良林分自由授粉混合种子子代测定[J]. 林业科学, 1998, 34(5): 38-44.
- [11] 李淡清, 蓝枝, 直干桉优树选择研究[J]. 林业科学, 1990, 26(2): 167-173.

## Selection of superior trees of *Betula alnoides*

CHEN Qiang<sup>1</sup>, ZHOU Yue-hua<sup>2</sup>, CHANG En-fu<sup>1</sup>, LI Pin-rong<sup>1</sup>, BI Bo<sup>1</sup>, ZHAO Yong-hong<sup>3</sup>, GUAN Jin-shu<sup>1</sup>

(1. Yunnan Academy of Forest, Kunming 650204, Yunnan, China; 2. Forest Technical Extension Station of Yunnan, Kunming 650204, Yunnan, China; 3. Puwen Experiment Forest Farm, Yunnan Academy of Forestry, Jinhong 666102, Yunnan, China)

**Abstract:** The quantitative properties, qualitative properties and environmental factors of 261 candidate *Betula alnoides* trees in 25 counties were measured. The correlation analysis of 9 properties of these candidate trees showed that volume and straightness of stem could be used as the main indexes for selection of superior trees of *B. alnoides*. The indexes of tree-selection were defined by quantity regression. The multiple entry quantity model was established for different locality factors, stand types and ages of tree with volume. Its multiple correlation coefficient was 0.920 815. There was a difference between theoretical and realistic volume; the frequency of difference was in normal distribution. The difference was the selection index  $I_i$  for superior trees selection and  $\bar{I} \pm 0.5 \delta$  was the foundation of classification. The superior tree selection standards were as follows: (1) Class I superior tree: Class I straightness of stem,  $I_i \geq 0.381\ 257$ . (2) Class II superior tree: Class I or II straightness of stem,  $-0.381\ 257 < I_i < 0.381\ 257$ . (3) Class III superior tree (normal tree):  $I_i \leq -0.381\ 257$ . The 46 class I superior trees and 145 class II superior trees were selected by the standards. They accounted for 17.62% and 55.56% in all candidate superior trees respectively. [Ch, 2 fig, 2 tab, 11 ref.]

**Key words:** forest tree breeding; *Betula alnoides*; selection of superior tree; selective index