

# 桉木自然分布区内表型变异的研究\*

陈益泰 李桂英 王惠雄

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 311400, 浙江富阳; 第一作者 57 岁, 男, 研究员)

**摘要** 调查研究了我国桉木自然分布区四川盆地及其周边地区 21 个不同产地桉木天然林或人工林的生长、果实形态、树皮形态、干形、材色和木材密度等表型特征, 发现桉木种内存在着极其丰富的产地变异和(或)个体变异; 其中木材密度和果实形态特征, 产地内株间差异明显大于产地间差异。根据桉木果柄长度、果实大小、形状、木材密度、材色等 8 个性状的产地变异, 采用欧氏距离类平均法进行聚类分析, 将桉木自然分布区初步划分为川西南区、川中-西北区、川北区和鄂西-渝东区 4 个产区, 其中, 川西南产区自然条件优越, 林木生长和木材品质最佳。

**关键词** 桉木; 自然分布和区划; 表型变异; 果实形态; 木材密度

**分类号** S722.3

世界上桉木属植物有 40 余种, 广泛分布于亚洲、欧洲、北美及中南美洲。我国有 11 种, 其中桉木(*Alnus cremastogyne* Burk.) 是最有开发潜力的一种。它生长迅速, 固氮能力强, 既耐水湿又具广泛的适应性。木材可用作矿柱、家具、造纸、人造板或培植食用菌的原材料。落叶量大, 叶片含氮量高, 是很好的肥料或饲料。桉木原产于我国四川盆地及其周边地区, 经近二三十年来广泛引种造林, 已成为长江流域平原水网地区防护林、丘陵山区水土保持林和短周期工业用材林基地建设中的重要造林树种。桉木种内变异和遗传改良的研究资料相当稀少<sup>[1~3]</sup>。1996 年本课题组结合种源试验的采种工作, 对桉木原分布区 20 多个县(市)进行了调查研究, 其主要目的是了解桉木的生境特点和表型变异程度, 为桉木的遗传改良和生产应用提供参考依据。

## 1 调查研究方法

通过查阅资料, 走访林业部门, 在桉木集中分布区内, 由西向东重点选择 21 个县(市)。在每个地点确定 1~2 个代表性林分(或疏林)中选取 10 株左右的优势木、亚优势木作为采种母树(母树之间相距 50 m 以上), 记录主要立地因子(见表 1), 测定母树的胸径、树高, 钻取胸高处木芯确定树龄, 并用饱和含水量法测定木材基本密度, 记录木芯颜色和光滑程度。采下的果实, 每株随机抽取 10 只测定果长、果宽、柄长等形态指标, 脱粒后测定出籽率、种子千粒重。对部分林分记载了树木干形、树皮形态变异情况。

调查采种林分多数是天然异龄林, 也有当地起源的人工林。不同产地的生长变异, 采用相近年龄阶段的树木进行简单比较。果实形态和木材密度等性状的变异按照巢式设计进行方差分析; 根据不同产地的性状特征, 采用欧氏距离类平均法进行聚类分析<sup>[4]</sup>, 确定初步的产区间区划。

\* 该研究属国家“九五”攻关专题“长江中下游防护林植物材料选育与培育技术研究”的部分内容之一。  
1998-11-17 收稿。

表1 桫木采种点基本情况

| 采种点 | 林分起源 | 海拔/<br>m | 地理坐标  |        | 年均温/<br>°C | 极端低温/<br>°C | 年积温/<br>°C | 年降雨量/<br>mm | 相对湿度/<br>% | 日照时数/<br>h | 霜期/<br>d |
|-----|------|----------|-------|--------|------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|----------|
|     |      |          | (°)N  | (°)E   |            |             |            |             |            |            |          |
| 珙县  | 天然   | 550      | 28 16 | 104 43 | 17.5       | - 2.2       | 5 592.7    | 1 153.0     | 83         | 1 103.0    | 43.3     |
| 沐川  | 天然   | 600      | 28 53 | 104 01 | 17.4       | - 2.9       | 5 581.8    | 1 378.7     | 83         | 942.5      | 29.6     |
| 石棉  | 天然   | 1 250    | 29 15 | 102 24 | 17.1       | - 3.9       | 5 469.2    | 762.2       | 69         | 1 267.3    | 52.4     |
| 石草  | 天然   | 1 650    | 29 30 | 102 03 |            |             |            |             |            |            |          |
| 荣县  | 天然   | 380      | 29 31 | 104 22 | 17.8       | - 2.1       | 5 696.8    | 1 018.4     | 78         | 1 260.5    | 39.5     |
| 峨嵋  | 天然   | 900      | 29 36 | 103 30 | 17.2       | - 2.8       | 5 490.3    | 1 593.8     | 80         | 946.8      | 54.9     |
| 雅安  | 天然   | 850      | 30    | 103 03 | 16.2       | - 3.0       | 5 088.6    | 1 805.4     | 79         | 1 005.0    | 57.4     |
| 宣恩  | 天然   | 930      | 29 59 | 109 23 | 15.8       | - 12.7      | 5 001.4    | 1 483.8     | 82         | 1 161.5    | 72.4     |
| 邛崃  | 天然   | 890      | 30 25 | 103 29 | 16.5       | - 4.2       | 5 238.2    | 1 102.0     | 83         | 1 113.3    | 78.3     |
| 金堂  | 人工   | 600      | 30 51 | 104 26 | 16.8       | - 3.8       | 5 380.0    | 963.9       | 79         | 1 272.1    | 82.1     |
| 都江堰 | 人工   | 700      | 30 59 | 103 40 | 15.2       | - 4.6       | 4 690.1    | 1 264.7     | 81         | 1 045.4    | 93.9     |
| 盐亭  | 人工   | 580      | 31 13 | 105 24 | 17.4       | - 5.7       | 5 502.8    | 890.3       | 75         | 1 322.3    | 70.6     |
| 达县  | 人工   | 570      | 31 16 | 107 28 | 17.3       | - 4.7       | 5 555.4    | 1 148.2     | 79         | 1 483.2    | 70.1     |
| 汶川  | 天然   | 1 450    | 31 26 | 103 33 | 13.5       |             | 4 093.3    | 528.7       |            | 1 671.4    | 96.0     |
| 茂县  | 天然   | 1 140    | 31 41 | 103 52 | 14.3       |             | 4 395.9    | 750.0       |            | 1 412.0    | 97.0     |
| 苍溪  | 人工   | 500      | 31 45 | 105 56 | 17.0       | - 2.5       | 5 371.9    | 1 088.3     | 73         | 1 519.6    | 68.5     |
| 南江  | 人工   | 550      | 32 21 | 106 52 | 16.2       | - 6.5       | 5 074.3    | 1 189.0     | 72         | 1 499.7    | 103.5    |
| 平武  | 天然   | 800      | 32 25 | 104 35 | 14.7       | - 7.3       | 4 562.8    | 861.4       | 71         | 1 370.8    | 110.8    |
| 广元  | 人工   | 460      | 32 27 | 105 52 | 16.1       | - 8.1       | 5 065.4    | 973.3       | 69         | 1 432.0    | 114.0    |
| 宁强  | 天然   | 460      | 32 50 | 106 15 | 13.0       | - 9.8       | 3 971.6    | 1 213.5     | 78         | 1 614.3    | 128.5    |
| 文县  | 天然   | 600      | 32 46 | 105 10 |            |             |            |             |            |            |          |

## 2 结果与讨论

### 2.1 桫木的地理分布和生长表现

桫木的自然分布区约在  $26^{\circ} \sim 33^{\circ} \text{N}$ 、 $102^{\circ} \sim 110^{\circ} \text{E}$  的范围之内。南起云南东北部、贵州北部山区,即四川盆地与云贵高原的交接地带,北至甘肃南部的白龙江流域、陕西南部与四川交界的米仓山、大巴山区。西起四川盆地与川西高原交接地段的邛崃山、大相岭地区,东至鄂西、川东(现属重庆市)交界山区。桫木集中分布于四川省境内的岷江、沱江、嘉陵江及其支流流域。

据《中国森林立地分类》<sup>[5]</sup>记载,桫木自然分布于四川盆周山地、四川盆地和川黔湘鄂山地丘陵3个立地区。同我国其它广布树种相比,桫木自然分布区面积虽然不大,但分布区内的自然条件极其复杂。从地貌特征看,盆地西缘山地为中高山,海拔一般在  $3\ 000 \sim 4\ 000 \text{ m}$ ,高于南缘、北缘和东缘山区(一般  $1\ 000 \sim 2\ 000 \text{ m}$ ),盆地内一般海拔  $400 \sim 800 \text{ m}$ 。以本次调查为例(表1),桫木的垂直分布跨度从海拔  $380 \text{ m}$  直至  $1\ 650 \text{ m}$ ,在川西大渡河边的石棉县草科乡海拔  $1\ 500 \sim 1\ 800 \text{ m}$  的山坡上有大面积的桫木天然林,生长良好。汉原县境内泥巴山(主峰  $2\ 500 \text{ m}$ )  $1\ 900 \text{ m}$  处的路边桫木生长正常。气候条件变幅很大,年均温  $13 \sim 18^{\circ} \text{C}$ ,极端低温  $-2.1 \sim -12.7^{\circ} \text{C}$ ,年积温( $10^{\circ} \text{C}$ )  $4\ 000 \sim 5\ 700^{\circ} \text{C}$ ,年雨量  $500 \sim 1\ 800 \text{ mm}$ ,相对湿度  $69\% \sim 83\%$ ,日照时数  $940 \sim 1\ 610 \text{ h}$ 。桫木林多见于河川谷地及其两旁的山坡地,常常在岩石裸露的立地上生长,在川中、北丘陵岗地也随处可见。土壤有冲积土,盆周山地常见的是黄壤,鄂西地区大多是黄红壤,但在川中、北丘陵地区多是紫色岩类发育成的中性或微碱性的紫色土(如金堂、盐亭

等地)上,也能生长。该地区有大面积的人工纯林或桫木混交林。

分布区自然条件的复杂多变,反映出桫木对气候、土壤条件的适应性较强。但是在不同的自然条件下,桫木的生长表现是不一样的。表2列出了两个树龄组的不同产地桫木生长情况。大体变化趋势是,在四川盆地与川西高原交接地区的雅安、峨嵋、邛崃、都江堰以及川北米仓山、大巴山南坡的南江、广元等地生长较好。生长最差的是盐亭、金堂等地,这是因为这些产地处于丘陵地区,大多长于紫色土,气候较为干燥。另外,石草、石棉、汶川、茂县等地桫木高生长较差,而径生长较好,可能与这些产地海拔较高有关。

表2 不同产地桫木生长情况比较

| 产地                              | 测定株数 | 树龄/a       | 胸径/cm      | 树高/m       | 年均径生长/cm    | 年均高生长/m     |
|---------------------------------|------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 树龄在 11 ~ 19 a 之间, 平均 15 ~ 17 年生 |      |            |            |            |             |             |
| 珙县                              | 8    | 16.8 ± 2.0 | 20.7 ± 3.5 |            | 1.23 ± 0.14 |             |
| 沐川                              | 8    | 17.4 ± 1.5 | 22.2 ± 3.6 |            | 1.28 ± 0.14 |             |
| 荣县                              | 10   | 15.8 ± 1.5 | 18.6 ± 2.7 | 16.0 ± 2.2 | 1.19 ± 0.22 | 1.02 ± 0.17 |
| 石草                              | 11   | 16.8 ± 0.8 | 24.2 ± 2.8 | 15.1 ± 1.1 | 1.44 ± 0.14 | 0.90 ± 0.04 |
| 峨嵋                              | 12   | 16.5 ± 1.7 | 22.2 ± 3.4 | 16.8 ± 2.7 | 1.33 ± 0.09 | 1.02 ± 0.12 |
| 宣恩                              | 10   | 14.6 ± 2.4 | 19.3 ± 6.3 | 15.6 ± 5.3 | 1.30 ± 0.23 | 1.05 ± 0.20 |
| 雅安                              | 12   | 16.5 ± 0.9 | 25.9 ± 3.3 | 18.2 ± 2.2 | 1.56 ± 0.17 | 1.10 ± 0.13 |
| 金堂                              | 10   | 16.6 ± 1.0 | 16.5 ± 1.3 | 15.0 ± 0.6 | 0.99 ± 0.05 | 0.91 ± 0.07 |
| 盐亭                              | 10   | 15.1 ± 1.5 | 13.6 ± 1.1 | 12.2 ± 0.9 | 0.90 ± 0.02 | 0.80 ± 0.04 |
| 达县                              | 10   | 17.6 ± 0.5 | 19.7 ± 1.5 | 18.2 ± 1.3 | 1.12 ± 0.11 | 1.03 ± 0.09 |
| 汶川                              | 10   | 15.1 ± 1.5 | 23.2 ± 3.0 | 14.9 ± 1.6 | 1.53 ± 0.10 | 0.99 ± 0.13 |
| 茂县                              | 10   | 17.1 ± 2.9 | 21.6 ± 3.7 | 17.9 ± 5.1 | 1.27 ± 0.11 | 0.99 ± 0.18 |
| 南江                              | 10   | 15.1 ± 1.0 | 18.3 ± 2.3 | 17.8 ± 3.2 | 1.21 ± 0.12 | 1.18 ± 0.19 |
| 平武                              | 10   | 17.1 ± 1.7 | 20.9 ± 2.9 | 18.2 ± 3.9 | 1.23 ± 0.19 | 1.07 ± 0.26 |
| 广元                              | 10   | 15.5 ± 0.5 | 21.1 ± 4.6 | 17.9 ± 2.5 | 1.35 ± 0.26 | 1.15 ± 0.13 |
| 宁强                              | 5    | 15.2 ± 0.8 | 18.2 ± 1.7 |            | 1.22 ± 0.13 |             |
| 树龄在 20 ~ 45 a 之间, 平均 25 ~ 30 年生 |      |            |            |            |             |             |
| 石棉                              | 8    | 28.4 ± 4.9 | 27.1 ± 4.0 | 15.7 ± 1.1 | 0.95        | 0.55        |
| 邛崃                              | 11   | 31.4 ± 6.0 | 29.9 ± 3.1 | 18.8 ± 2.7 | 0.95        | 0.60        |
| 都江堰                             | 10   | 26.3 ± 1.5 | 31.5 ± 6.9 | 18.7 ± 2.0 | 1.20        | 0.71        |
| 文县                              | 10   | 29.3 ± 6.8 | 32.1 ± 7.1 | 15.9 ± 4.5 | 1.10        | 0.54        |

## 2.2 桫木的形态变异

2.2.1 干形和树皮形态 在调查采种时发现,同一林分中,不同单株树干的圆满程度不同,大约有 30% ~ 40% 的树木,其树干表面呈现凹凸不平的形状。这在不同产地不同年龄阶段的林分中均存在。树皮形态与年龄有关,但在相近树龄的林分中,树皮形态可以明显地区分 3 种类型:纵裂型、光滑型和桦皮型。不同产地中 3 种皮型的比例有差别。例如在邛崃、峨嵋、都江堰产地,纵裂型占 70% ~ 90%,其余为光滑型。但在雅安、石棉产地,光滑型占 70% ~ 80%,其余为纵裂型。在石草产地中发现 25% 属桦皮型(树皮呈环状斑纹),67% 属光滑型,纵裂型只有 8%。当地群众有“粉桫”、“沙桫”之分。不同皮型在生长、材性上有何差异,尚须进一步研究。

2.2.2 果实形态 对于用材树种而言,果实形态虽然没有直接的经济意义,但由于果实形态往往是比较稳定的性状特征,在植物分类和遗传研究上具有重要价值。桫木果实形态指标,在

产地间和产地内株间均有显著差异,且产地内株间差异都大于产地间差异(表3),说明桫木种内存在着丰富的个体变异。其中果柄长、果长、果宽和果长×果宽等指标,株间变异远远大于产地和株内变异,而果长/果宽、柄长/果长2个形状指标其株内变异相对较大。

就产地变异而言(见表4),果实大小(果长×果宽)和种子千粒重似有随纬度增加而增大的趋势。而果柄长与果长之比又呈现相反趋势。东部宣恩桫木的果柄最长。果形指数(果长/果宽)以石草、石棉(高海拔)和宣恩桫木最小,呈粗短椭圆形,而苍溪、盐亭桫木果实表现为细长椭圆形。

表3 桫木果实形态性状的方差分析

| 变异来源  | 自由度  | 均方      | F 值     | 分量/% | 均方     | F 值     | 分量/% | 均方     | F 值     | 分量/% |  |
|-------|------|---------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--|
|       |      |         | 果柄长     |      |        | 果长      |      |        | 果宽      |      |  |
| 产地间   | 17   | 20.0517 | 1.83*   | 6.0  | 1.5692 | 2.83**  | 13.4 | 0.6092 | 5.25**  | 26.7 |  |
| 产地内株间 | 145  | 10.9672 | 20.77** | 62.4 | 0.5553 | 30.34** | 64.5 | 0.1160 | 33.14** | 55.9 |  |
| 株内    | 1467 | 0.5279  |         | 31.6 | 0.0183 |         | 22.1 | 0.0035 |         | 17.4 |  |
|       |      |         | 果柄长/果长  |      |        | 果长/果宽   |      |        | 果长×果宽   |      |  |
| 产地间   | 17   | 7.5843  | 3.43**  | 19.2 | 1.1947 | 3.69**  | 12.4 | 8.3889 | 3.72**  | 20.3 |  |
| 产地内株间 | 145  | 2.2096  | 15.59** | 34.7 | 0.3239 | 8.22**  | 36.8 | 2.2550 | 50.45** | 66.3 |  |
| 株内    | 1467 | 0.1417  |         | 46.1 | 0.0394 |         | 50.8 | 0.0447 |         | 13.4 |  |

表4 桫木果实形态的产地变异

| 产地 | 果柄长 $L/cm$ | 果长 $l/cm$ | 果宽 $b/cm$ | $L/l$ | $l/b$ | $l \cdot b$ | 种子千粒重/g |
|----|------------|-----------|-----------|-------|-------|-------------|---------|
| 珙县 | 5.78±0.82  | 2.11±0.35 | 1.22±0.11 | 2.74  | 1.73  | 2.57        | 0.493   |
| 沐川 | 4.55±0.99  | 1.97±0.16 | 1.11±0.09 | 2.31  | 1.79  | 2.16        | 1.436   |
| 石棉 | 5.37±0.68  | 2.03±0.25 | 1.25±0.12 | 2.65  | 1.62  | 2.54        | 0.560   |
| 石草 | 4.87±0.89  | 2.02±0.20 | 1.27±0.08 | 2.41  | 1.59  | 2.57        | 0.473   |
| 荣县 | 4.99±1.09  | 2.03±0.22 | 1.10±0.08 | 2.46  | 1.85  | 2.23        | 0.410   |
| 峨嵋 | 5.46±1.11  | 2.08±0.23 | 1.14±0.06 | 2.63  | 1.82  | 2.37        | 0.367   |
| 雅安 | 5.30±1.26  | 2.26±0.28 | 1.28±0.16 | 2.35  | 1.77  | 2.89        | 0.454   |
| 宣恩 | 6.06±0.69  | 1.96±0.10 | 1.21±0.06 | 3.09  | 1.62  | 2.37        | 0.345   |
| 邛崃 | 5.06±0.92  | 2.10±0.14 | 1.11±0.08 | 2.41  | 1.89  | 2.33        | 0.386   |
| 金堂 | 4.96±0.67  | 2.17±0.23 | 1.26±0.09 | 2.29  | 1.72  | 2.73        | 0.667   |
| 盐亭 | 5.17±1.65  | 2.31±0.12 | 1.18±0.10 | 2.24  | 1.96  | 2.73        | 0.561   |
| 达县 | 5.33±1.35  | 2.16±0.28 | 1.16±0.09 | 2.47  | 1.86  | 2.51        | 0.443   |
| 苍溪 | 4.88±0.35  | 2.30±0.25 | 1.14±0.08 | 2.12  | 2.02  | 2.62        | 0.446   |
| 南江 | 4.08±0.83  | 2.13±0.12 | 1.16±0.12 | 1.92  | 1.84  | 2.47        | 0.420   |
| 平武 | 5.49±1.19  | 2.37±0.29 | 1.34±0.16 | 2.32  | 1.77  | 3.18        | 0.605   |
| 广元 | 5.04±0.82  | 2.39±0.41 | 1.27±0.16 | 2.11  | 1.88  | 3.04        | 0.681   |
| 文县 | 4.55±1.26  | 2.28±0.25 | 1.37±0.12 | 2.00  | 1.66  | 3.12        | 0.515   |
| 宁强 | 4.70±0.57  | 2.04±0.11 | 1.20±0.10 | 2.30  | 1.70  | 2.45        | 0.568   |

## 2.3 桫木木材特征的变异

2.3.1 木材密度的产地变异和林间变异 采用胸高处木芯样品,饱和含水量法测算木材基本密度。为了减少树龄的影响,便于相互比较,对于大于20龄的树木,将木芯从15年轮处截成2段,分别测算15a前和全部木芯的基本密度,用平均树龄15a左右(12~19a)的测定结果进

行分析比较。

从表 5、6 看到, 不同产地间木材密度的差异极显著, 产地平均值变幅 0.354 5 ~ 0.404 3。有川西南产地的木材密度高于川中北产地的趋势, 东部宣恩桫木密度最低。

产地间与产地内株间变异相比, 株间变异更大, 占总变异量的 83%。在都江堰, 密度最大的单株达到  $0.4617 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 最低的仅  $0.3432 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 高低相差 34.5%, 多数产地内株间变幅高低相差 20% 以上。据多数树种研究结果, 木材密度与生长性状相比, 通常具有较高的遗传力, 因此应该重视产地内株间选择。

表 5 桫木木材密度的方差分析

| 变异来源  | 自由度 | 均方                      | F 值               | 分量/% |
|-------|-----|-------------------------|-------------------|------|
| 产地间   | 17  | $2.3714 \times 10^{-3}$ | 2.86 <sup>*</sup> | 17.0 |
| 产地内株间 | 146 | $0.8278 \times 10^{-3}$ |                   | 83.0 |

表 6 桫木不同产地木材特征的变异

| 产地  | 基本密度                              |                   | 株间变幅 | 材色  | 质地 | 产地      | 基本密度                              |    | 株间变幅 | 材色 | 质地 |
|-----|-----------------------------------|-------------------|------|-----|----|---------|-----------------------------------|----|------|----|----|
|     | $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ |                   |      |     |    |         | $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ |    |      |    |    |
| 珙县  | 0.389 1                           | 0.355 3 ~ 0.456 2 | 红褐   | 光滑  | 盐亭 | 0.363 0 | 0.322 1 ~ 0.380 2                 | 红褐 | 光滑   |    |    |
| 沐川  | 0.380 7                           | 0.345 8 ~ 0.419 2 | 红褐   | 光滑  | 达县 | 0.362 4 | 0.324 8 ~ 0.397 6                 | 灰白 | 粗糙   |    |    |
| 石棉  | 0.401 5                           | 0.367 6 ~ 0.428 7 | 红褐   | 光滑  | 汶川 | 0.373 8 | 0.326 1 ~ 0.425 3                 | 灰白 | 光滑   |    |    |
| 石碛  | 0.364 9                           | 0.302 3 ~ 0.421 3 | 红褐   | 半光滑 | 茂县 | 0.375 5 | 0.334 7 ~ 0.407 8                 | 红褐 | 粗糙   |    |    |
| 荣县  | 0.401 5                           | 0.334 1 ~ 0.444 9 | 红褐   | 光滑  | 苍溪 | 0.363 3 | 0.324 1 ~ 0.398 8                 | 灰白 | 粗糙   |    |    |
| 峨嵋  | 0.393 4                           | 0.347 9 ~ 0.440 7 | 红褐   | 光滑  | 南江 | 0.384 6 | 0.351 7 ~ 0.427 1                 | 灰白 | 粗糙   |    |    |
| 雅安  | 0.390 6                           | 0.360 0 ~ 0.409 2 | 红褐   | 半光滑 | 平武 | 0.359 4 | 0.319 2 ~ 0.427 0                 | 红褐 | 粗糙   |    |    |
| 宣恩  | 0.354 5                           | 0.294 3 ~ 0.406 2 | 灰白   | 粗糙  | 广元 | 0.392 3 | 0.361 7 ~ 0.420 8                 | 灰白 | 粗糙   |    |    |
| 邛崃  | 0.404 3                           | 0.347 3 ~ 0.438 3 | 红褐   | 光滑  | 文县 | 0.375 9 | 0.339 6 ~ 0.395 2                 | 灰白 | 粗糙   |    |    |
| 都江堰 | 0.396 7                           | 0.343 2 ~ 0.461 7 | 心灰边红 | 光滑  | 宁强 | 0.355 7 | 0.336 2 ~ 0.378 2                 | 红褐 | 粗糙   |    |    |

2.3.2 木材密度的径向变异 在邛崃、峨嵋、都江堰等产地中, 挑选树龄在 25 ~ 35 年生的树木 14 株, 将木芯按 5 个年轮为一段截成 5 ~ 7 段, 分别测定其基本密度, 计算年轮段的平均密度及标准差, 结果如表 7。

表 7 桫木木材密度随年龄的变化

| 年 龄/a                                      | 1 ~ 5                    | 6 ~ 10                   | 11 ~ 15                  | 16 ~ 20                  | 21 ~ 25                  | 26 ~ 30                  | 31 ~ 35                  |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 测定株数                                       | 14                       | 14                       | 14                       | 14                       | 14                       | 9                        | 7                        |
| 基本密度/<br>$(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ | 0.390 9<br>$\pm 0.032 9$ | 0.384 8<br>$\pm 0.042 3$ | 0.412 2<br>$\pm 0.036 8$ | 0.417 2<br>$\pm 0.032 6$ | 0.421 5<br>$\pm 0.039 1$ | 0.426 1<br>$\pm 0.037 8$ | 0.430 3<br>$\pm 0.038 2$ |

桫木株内木材基本密度的径向变化规律是: 靠近髓心处 1 ~ 5 a 间密度稍高, 而后稍有下降, 10 ~ 20 a 间迅速上升, 20 a 后增速减缓, 但随年龄增加仍有所增长。因此, 桫木木材密度的评价不宜早于 20 年生。

2.3.3 材色和质地的变异 在利用木芯测定木材密度的同时, 发现木材颜色和质地存在明显的产地差异(见表 6)。桫木木材颜色基本分为红褐色和灰白色两大类。个别心材灰白、边材红褐, 为中间类型。质地指木芯表面的致密程度, 也可明显地分为光滑型(细密)和粗糙型两大类, 也有个别属过渡类型(半光滑)。材色和质地与木材密度之间显然是相关的。一般红褐色光滑型, 其木材密度较大, 这种类型多见于川西南地区。灰白色粗糙型, 木材密度较小, 此类型多出现于川中北和东部地区。材色和质地的变异主要在产地之间, 在同一产地内个体间差异不大, 通常同一产地内不同单株属于同一类型, 这在桫木材性育种中是个值得注意的信息。

## 2.4 桫欏木分布区的初步区划

根据果柄长、柄长/果长、果长/果宽、果长×果宽、种子千粒重和木材密度、材色、木材质地等8个表型特征,对数据完全的17个产地采用欧氏距离类平均法(数据先经标准化)进行聚类分析,结果如图1所示(取距离阈值3.78),明显地区分为4个组群。同一组群中的不同产地在地理分布上基本是连续的(只有石草1个产地例外),因此也就成为4个大区。同一产区不同产地的表型特征基本相近(表8),这与特定的环境条件有关。

第I大区为川西南区,位于盆地西南缘、岷江及其支流大渡河中下游山区,北起都江堰,包括邛崃、雅安、石棉、峨眉、荣县、沐川、珙县等产地。该区温暖多雨,相对湿度大,日照和霜期短,立地条件优越。桫欏木果实形态指标均处于中等水平,但木材密度最大,红褐色为主,林木生长也较好。该区可能是桫欏木种群的起源中心区。

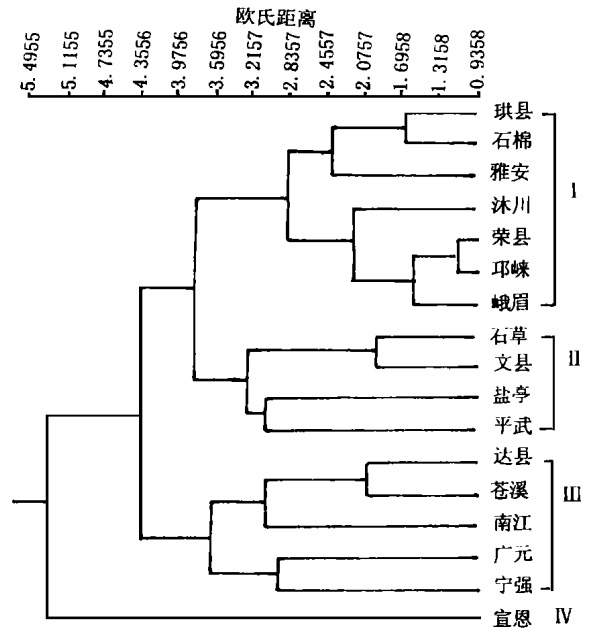


图1 17个桫欏木产地的表型特征聚类

表8 桫欏木4个产区的表型特征

| 区号   | 果柄长/<br>cm | 果长/<br>cm | 果宽/<br>cm | 柄长/果长 | 果长/果宽 | 果长×果宽/<br>cm <sup>2</sup> | 种子千粒<br>重/g | 木材密度/<br>(g·cm <sup>-3</sup> ) | 材色    | 质地 |
|------|------------|-----------|-----------|-------|-------|---------------------------|-------------|--------------------------------|-------|----|
| 5.22 | 2.08       | 1.17      | 2.51      | 1.78  | 2.44  | 0.444                     | 0.3944      | 红褐色为主                          | 光滑为主  |    |
| 5.06 | 2.19       | 1.25      | 2.32      | 1.76  | 2.73  | 0.552                     | 0.3608      | 红褐至灰白                          | 光滑至粗糙 |    |
| 4.78 | 2.25       | 1.22      | 2.12      | 1.85  | 2.75  | 0.501                     | 0.3757      | 灰白                             | 粗糙    |    |
| 6.06 | 1.96       | 1.21      | 3.09      | 1.62  | 2.37  | 0.345                     | 0.3545      | 灰白                             | 粗糙    |    |

第II大区为川中、西北区。处于岷江、沱江及涪江上游的丘陵山地,西起成都平原东北缘、龙泉山至汶川一线,东至嘉陵江干流,包括金堂、盐亭、茂县、平武、文县等地。石草产地按其表型特征也归入该区,但其地处川西南区的高海拔山区,也许是个特殊的生态型。该区水热条件较差,尤其是雨量偏少,日照较长。在山区地段年均温和年积温较低,在丘陵地段立地条件较差。桫欏木果柄较短,果形较大,种子千粒重最高,木材密度偏低,生长较差。

第III大区为川北区。地处米仓山、大巴山区及其南坡丘陵区,包括广元、宁强、南江、苍溪、达县等地。该区由于米仓山、大巴山的阻挡,雨量较丰富,年均温较高,日照长,桫欏木生长较好,果柄最短,柄长/果长最小,果实最大,呈细长椭圆形,木材密度中等,灰白色,质地粗糙。

第IV大区为鄂西、渝东区,包括湖北恩施地区和重庆市黔江地区<sup>[1]</sup>。本次调查仅以宣恩1个产地为代表。该地区雨量较丰富,湿度较高,桫欏木生长良好。但冬季易受北方寒流影响,气温较低。桫欏木表型特征明显,果柄特长,果实特小,并呈粗糙椭圆形,木材轻软,灰白色,质地粗。

## 2.5 桫木遗传改良前景

桫木自然分布区面积虽然不大, 但因其分布于四川盆地及其周边山区, 地形复杂, 气候、土壤条件千变万化, 通过长期的地理隔离、自然选择和人工选择, 使得桫木产生了极其丰富多样的种内变异, 包括生长、干形、果形及木材特征等, 虽然本文所研究的都是表型变异, 它们是遗传型和环境因子共同作用的结果, 但表型变异必然蕴藏着遗传变异。表型变异越大, 可能存在的遗传变异越大。研究自然存在的表型变异, 是研究遗传变异的先导。根据桫木丰富的自然变异情况, 可以推断桫木的改良前景是广阔的。通过常规的和新技术育种手段, 一定能够选育出人们所期望的生长快、材质好、抗逆性和固氮能力强的新品种。

## 参 考 文 献

- 1 杨志成. 优良阔叶树种——桫木的分布、生长和利用. 林业科学研究, 1991, 4(6): 643~648.
- 2 万军, 刘和林, 岳德智, 等. 桫木优树子代苗期性状变异的研究. 四川林业科技, 1995, 16(3): 52~57.
- 3 王启和, 干少雄, 龚毅红, 等. 桫木家系选择的初步研究. 四川林业科技, 1997, 18(2): 29~32.
- 4 阳含熙, 卢泽愚. 植物生态学的数量分类方法. 北京: 科学出版社, 1981.
- 5 《中国森林立地分类》编写组编著. 中国森林立地分类. 北京: 中国林业出版社, 1989.

# Study on Phenotypic Variation in Natural Range of Longpeduncled alder (*Alnus cremastogyne*)

Chen Yitai Li Guiying Wang Huixiong

(The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, 311400, Fuyang, Zhejiang, China)

**Abstract** Longpeduncled alder (*Alnus cremastogyne*) occurs naturally in Shichuan Basin and mountain area around the basin, ranging from 26 °to 33 °N lat. and from 102 °to 110 °E long. Within its natural range, topography, climatic and edaphic conditions vary greatly. Growth performances, morphological and other characters, such as peduncle length, shape and size of pseudo-strobile, 1000 seeds weight, basic density and colour of increment core, bole form and bark type, were investigated for 21 locations, having different environment conditions. Significant variations within and among stands were found. Variation components between trees within stands were greater than ones among stands for morphological characters and wood density. Rich phenotypic diversity imply that improvement potential would be attractive. According to the cluster analysis for the 8-trait means of stands (locations), the natural range of longpeduncled alder could be divided into 4 districts.

**Key words** *Alnus cremastogyne*; natural range and division; phenotypic variation; morphology of pseudo-strobile; wood density