

杉木地理种源胸径与冠幅相关检验及其应用

许安芳

(浙江省临安市中等职业技术学校, 临安 311300)

吴隆高

(浙江省龙泉市林业科学研究所)

胡中成

(浙江省东阳市林业局)

吴伟刚

(浙江林学院)

邱润生

(浙江省开化县林场)

郭有意

摘要 浙江省龙泉市林科所杉木地理种源试验林保存了 19 个种源。对该所 14 年生不同种源试验林分的测定和分析结果表明: 杉木胸径 (x) 与冠幅 (y) 相关紧密, 最佳回归方程为 $y = ax^b$ 。通过检验, 可把 19 个种源归类于南亚热带、中亚热带和北亚热带 3 个总体, 分别获得的杉木林经营密度指标和树冠可重叠系数, 可以应用于全国杉木林的抚育间伐。

关键词 杉木; 种源; 经营密度; 树冠可重叠系数; 回归分析
中图分类号 S753; S711

1 概况

浙江省龙泉市林科所保存了 19 个杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 地理种源试验林。试验林地处浙西南, 地理位置 $27^{\circ}42' \sim 28^{\circ}21'N$, $118^{\circ}36' \sim 119^{\circ}26'E$, 属中亚热带湿润季风气候区, 温暖多雨, 四季分明。年均气温 $17.6^{\circ}C$, 1 月均温 $6.8^{\circ}C$, 7 月均温 $27.8^{\circ}C$, 极端最高温 $40.7^{\circ}C$, 极端最低温 $-8.5^{\circ}C$, 大于等于 $10^{\circ}C$ 年积温 $5572.6^{\circ}C$, 年均无霜期 263 d; 年均降水量 1664.8 mm, 多数集中在 4~6 月; 光照充足, 年均日照 1754.9 h。海拔 200~300 m。坡度平缓。土壤以黑云母片麻岩为主发育而成的红壤, 厚度多为 100 cm 以上, pH 值 4.3~5.5, 肥力中等, 有机质 2.44%, 有效磷 $2.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效钾 $66.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 小于 0.001 mm 粘粒 25.78%, 非毛管孔隙度 19.08%。造林前植被为马尾松 (*Pinus massoniana*) 疏林, 总盖度 70%~85%。

供试材料来自 11 个省(区)的 20 个种源, 其中四川德昌种源地处云贵高原北部, 在浙江定植后苗期有轻度冻害, 多呈畸形铺地生长, 其他 19 个种源苗木保存率都在 95% 以上。各种源的地理位置及海拔高度见表 1。

收稿日期: 1998-02-24

第 1 作者简介: 许安芳, 女, 1962 年生, 讲师

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表 1 各种源地理位置及海拔

Table 1 The geographical position and altitude for the provenances studied

| 气候带 | 地理种源 | 北纬 | 东经 | 海拔 /m |
|------|------|---------|----------|-------|
| 南亚热带 | 广西浦北 | 22° 18' | 109° 18' | 250 |
| | 广东信宜 | 22° 20' | 110° 46' | 540 |
| 中亚热带 | 广西贺县 | 24° 18' | 111° 31' | 300 |
| | 江西全南 | 24° 45' | 114° 31' | 500 |
| | 湖南江华 | 25° 00' | 111° 47' | 310 |
| | 广西融水 | 25° 05' | 109° 14' | 340 |
| | 广东乐昌 | 25° 08' | 113° 20' | 200 |
| | 福建南平 | 26° 40' | 118° 10' | 320 |
| | 湖南会同 | 26° 50' | 109° 44' | 380 |
| | 江西安福 | 27° 25' | 114° 46' | 465 |
| | 贵州锦屏 | 27° 28' | 109° 16' | 410 |
| | 浙江龙泉 | 28° 08' | 119° 07' | 350 |
| | 江西铜鼓 | 28° 33' | 114° 15' | 320 |
| | 浙江开化 | 29° 10' | 118° 25' | 300 |
| | 湖北通山 | 29° 35' | 114° 30' | 340 |
| | 四川犍为 | 29° 55' | 103° 25' | 1300 |
| | 湖北恩施 | 30° 15' | 109° 22' | 110 |
| 北亚热带 | 安徽霍山 | 31° 25' | 117° 06' | 720 |
| | 陕西南郑 | 33° 00' | 106° 55' | 1 000 |

2 方法与分析结果

2.1 试验设计和整地造林

造林地由 5 个区组组成, 每个区组内设 5 个小区, 每个小区内 5 个产地, 随机抽取, 6 次重复。同一区组立地条件一致。每个产地苗 180 株, 分 6 组捆扎。试验地周围用本地苗木作保护行。炼山全垦, 做到栽植穴大, 苗根舒展, 回土压实。穴深 50 cm, 宽 60 cm, 回表土。选壮苗, 剔除病苗、断头苗、等外苗。苗木混合随机取苗, 苗木按造林小区扎成小捆, 挂上产地标签; 同一区组各小区苗捆成大捆, 标明区组号和重复号。

2.2 标准地测定

以每个试验小区作为标准地, 一般长 20 m, 宽 6 m 绘制树冠投影图, 每株立木编号, 测定胸径、树高、枝下高和 2 个方向的树冠幅; 进行土壤和植被调查, 填写植物种类, 植被覆盖度, 岩石名称, 土坑位置, 坡向, 土壤母质类型、发生层次、深度、颜色、质地、结构、石砾含量、湿度、松紧度、植物根系等。共测定 48 个标准地。

2.3 回归方程与检验^[1, 2]

每个标准地的立木, 计算株数 (n), 胸径之和 ($\sum x$), 胸径平方和 ($\sum x^2$), 平均胸径 (\bar{x}), 样本标准差平方 (s^2)。按胸高断面面积计算平均胸径

每个标准地立木的胸径 (D) 与树冠幅 (CW), 用 7 个回归方程筛选 ($y = a + bx$, $1/y = a + b/x$, $y = a + b/x$, $y = a + b \ln x$, $y = ax^b$, $y = 1/(a + be^{-x})$, $y = ae^{bx}$), 找出离差平方和

最小、相关系数最大的最佳回归方程。通过比较,各种源的最佳回归方程都为 $y = ax^b$ 。其中 x 为 D/cm , y 为 CW/m 。计算结果见表 2。将各个种源的相关曲线绘制在同一坐标内就可以看出一个总趋势: 南亚热带种源的曲线最陡, 北亚热带的最平缓, 中亚热带的居于两者之间。

通过随机抽出各个种源进行两两检验, 结果可以分出 3 个总体。首先检验假设 $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$, $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ 。式中 σ_1^2 和 σ_2^2 分别为所要检验的 2 个种源的方差。检验的统计量是:

$$F = \frac{Q_1(m_1 - 2)}{Q_2(m_2 - 2)} \sim F(m_1 - 2, m_2 - 2) \quad (1)$$

表 2 各地理种源的参数及相关系数

Table 2 The parameters and related coefficients for the provenances studied

| 地 理 种 源 | a | b | r |
|---------|---------|---------|---------|
| 广 西 浦 北 | 0.440 0 | 0.710 0 | 0.974 5 |
| 广 东 信 宜 | 0.678 9 | 0.561 1 | 0.917 5 |
| 广 西 贺 县 | 1.362 4 | 0.264 9 | 0.865 0 |
| 江 西 全 南 | 1.336 0 | 0.279 6 | 0.749 4 |
| 湖 南 江 华 | 1.134 3 | 0.351 2 | 0.882 7 |
| 广 西 融 水 | 1.267 5 | 0.320 8 | 0.886 3 |
| 广 东 乐 昌 | 1.230 9 | 0.332 6 | 0.856 4 |
| 福 建 南 平 | 1.076 6 | 0.369 2 | 0.952 9 |
| 湖 南 会 同 | 1.126 1 | 0.369 2 | 0.938 2 |
| 江 西 安 福 | 1.067 6 | 0.361 9 | 0.856 4 |
| 贵 州 锦 屏 | 0.669 6 | 0.564 9 | 0.893 4 |
| 浙 江 龙 泉 | 1.291 4 | 0.290 6 | 0.975 8 |
| 江 西 铜 鼓 | 1.091 5 | 0.358 2 | 0.827 7 |
| 浙 江 开 化 | 0.352 8 | 0.772 7 | 0.857 7 |
| 湖 北 通 山 | 1.362 4 | 0.288 6 | 0.878 0 |
| 四 川 犍 为 | 0.668 4 | 0.538 8 | 0.884 2 |
| 湖 北 恩 施 | 0.919 6 | 0.455 1 | 0.830 3 |
| 安 徽 霍 山 | 1.243 6 | 0.282 5 | 0.979 5 |
| 陕 西 南 郑 | 1.785 2 | 0.186 7 | 0.584 7 |
| 对 照 区 | 1.323 2 | 0.285 4 | 0.695 4 |

式中 Q_1 和 Q_2 分别为所要检验的 2 个种源的线性回归剩余离差平方和, 若 $F \geq F_{\alpha}$, 则拒绝 H_0 , 认为 2 个种源的方差不相同, 即两者不能看作来源于同一总体; 若 $F < F_{\alpha}$, 则接受 H_0 , 认为 2 个种源的方差相同, 然后进一步检验假设 $H_0: U_1 = U_2$, $H_1: U_1 \neq U_2$ 。检验的统计量是:

$$t = \frac{b_1 - b_2}{s_{yx} \sqrt{\frac{1}{\sum(x_{1i} - \bar{x}_1)^2} + \frac{1}{\sum(x_{2i} - \bar{x}_2)^2}}} \sim t(n_1 + n_2 - 4) \quad (2)$$

式中 $s_{yx} = \frac{U_1 + U_2}{n_1 + n_2 - 4}$, U_1 和 U_2 分别为 2 个种源的回归离差平方和, 对于给定的 T , 若 $|t| \geq T$, 则拒绝 H_0 , 接受 H_1 , 认为 2 个回归系数 U_1 与 U_2 之间差异显著; 若 $|t| < T$, 则接受 H_0 , 认为 2 个回归系数之间差异不显著, 然后再进一步检验假设 $H_0: T_1 = T_2$, $H_1: T_1 \neq T_2$ 。检验的统计量是:

$$t = \frac{a_1 - a_2}{s_{yx} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{\bar{x}_1^2}{\sum (x_{1i} - \bar{x}_1)^2} + \frac{\bar{x}_2^2}{\sum (x_{2j} - \bar{x}_2)^2}}} \sim t(n_1 + n_2 - 4) \quad (3)$$

对于给定的显著性水平 α , 当 $|t| \geq t_{\alpha}$ 时, 拒绝 H_0 , 接受 H_1 , 认为 2 个回归截距存在显著差异; 当 $|t| < t_{\alpha}$ 时, 接受 H_0 , 认为 2 个回归截距差异不显著。

如果上述 3 次检验中至少有 1 次是显著的, 认为 2 个回归方程, 即 2 个种源不能当作来源于同一总体。检验结果举例见表 3。

表 3 检验结果

Table 3 The example of test of significance

| 地理种源 | n | $F = \frac{Q_1(n_1 - 2)}{Q_2(n_2 - 2)}$ | t_b | t_a | $F_{0.1}(n_1 + n_2 - 4)$ | $t_{0.1}(n_1 - 2, n_2 - 2)$ |
|------|-----|---|-------|-------|--------------------------|-----------------------------|
| 广东信宜 | 10 | | | | | |
| 广西浦北 | 11 | 1.17 | -0.44 | 0.52 | 1.740 | 2.47 |
| 广西贺县 | 9 | | | | | |
| 湖南会同 | 13 | 1.39 | 0.56 | -0.22 | 1.734 | 2.34 |
| 广西贺县 | 9 | | | | | |
| 湖南江华 | 10 | 1.39 | 0.69 | -0.23 | 1.753 | 2.62 |
| 广西浦北 | 11 | | | | | |
| 安徽霍山 | 9 | 11.05* | | | 1.746 | |
| 广西贺县 | 9 | | | | | |
| 安徽霍山 | 9 | 5.53* | | | 1.761 | |
| 广西浦北 | 11 | | | | | |
| 广西贺县 | 9 | 2.00 | | | 1.746 | |

从表 3 和检验结果看, 可以把 19 个种源归类于南、中、北亚热带 3 个总体, 最后获得幂函数模型 $y = ax^b$ 的 3 组参数和理论值 (表 4)。

表 4 3 个总体的胸径与冠幅回归方程参数和理论值

Table 4 The parameters and theoretical value of three equations related to DBH and crown width

| 总体 | a | b | r | x (胸径) / cm | n (株数) / 株 | EW (冠幅实测值) / m | $C\hat{W}$ (冠幅理论值) / m | | | | |
|------|-------|-------|-------|---------------|--------------|------------------|------------------------|---|----|------|------|
| 南亚热带 | 0.425 | 0.731 | 0.975 | 6 | 1 | 1.40 | 1.57 | | | | |
| | | | | 7 | 1 | 1.75 | 1.76 | | | | |
| | | | | 8 | 3 | 2.08 | 1.94 | | | | |
| | | | | 9 | 8 | 2.31 | 2.12 | | | | |
| | | | | 10 | 4 | 2.38 | 2.29 | | | | |
| | | | | 11 | 10 | 2.50 | 2.45 | | | | |
| | | | | 12 | 13 | 2.64 | 2.61 | | | | |
| | | | | 13 | 13 | 2.71 | 2.77 | | | | |
| | | | | 14 | 7 | 2.92 | 2.92 | | | | |
| | | | | 15 | 3 | 2.90 | 3.08 | | | | |
| | | | | 16 | 2 | 3.30 | 3.22 | | | | |
| | | | | 17 | 2 | 3.23 | 3.37 | | | | |
| | | | | 中亚热带 | 0.978 | 0.415 | 0.910 | 6 | 1 | 2.25 | 2.06 |
| | | | | | | | | 7 | 11 | 2.29 | 2.19 |

| 总体 | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>r</i> | <i>x</i> (胸径) /cm | <i>n</i> (株数) /株 | <i>EW</i> (冠幅实测值) /m | <i>CW</i> (冠幅理论值) /m |
|------|----------|----------|----------|-------------------|------------------|----------------------|----------------------|
| | | | | 8 | 38 | 2.33 | 2.32 |
| | | | | 9 | 57 | 2.17 | 2.43 |
| | | | | 10 | 96 | 2.55 | 2.54 |
| | | | | 11 | 125 | 2.62 | 2.64 |
| | | | | 12 | 125 | 2.70 | 2.74 |
| | | | | 13 | 105 | 2.77 | 2.83 |
| | | | | 14 | 92 | 2.80 | 2.92 |
| | | | | 15 | 70 | 2.90 | 3.01 |
| | | | | 16 | 42 | 3.04 | 3.09 |
| | | | | 17 | 21 | 3.10 | 3.17 |
| | | | | 18 | 17 | 3.05 | 3.24 |
| | | | | 19 | 5 | 3.02 | 3.31 |
| | | | | 20 | 1 | 3.85 | 3.39 |
| | | | | 21 | 2 | 4.05 | 3.46 |
| 北亚热带 | 1.244 | 0.283 | 0.979 | 6 | 2 | 2.05 | 2.06 |
| | | | | 7 | 7 | 2.19 | 2.15 |
| | | | | 8 | 4 | 2.23 | 2.24 |
| | | | | 9 | 8 | 2.36 | 2.31 |
| | | | | 10 | 6 | 2.33 | 2.38 |
| | | | | 11 | 9 | 2.38 | 2.45 |
| | | | | 12 | 2 | 2.53 | 2.51 |
| | | | | 13 | 3 | 2.58 | 2.57 |
| | | | | 14 | 1 | 2.65 | 2.62 |

将表 4 中的理论值绘制在同一坐标上连成的曲线可直观地显示: 南亚热带的曲线最陡, 冠幅随胸径增大而增大的速度也最快; 中亚热带的曲线比南亚热带的稍平缓, 冠幅增大速度也相应慢些; 北亚热带的曲线最平缓, 冠幅增大速度也最缓慢。这个规律为生产应用提供了理论依据。

2.4 可重叠系数

杉木林生长旺盛时单位面积上立木树冠面积总和与单位面积之比称为可重叠系数 *K* 值, $K = \Sigma CW / 10\ 000$ 。在适当重叠情况下, 增加了叶面积指数, 有利于充分利用光照, 生产更多的有机物质。但在经营上有个极限, 树冠过于重叠, 生长会受到抑制^[3]。

通过绘制树冠定位投影图, 计算各立木树冠所占林地面积以及树冠重叠面积, 可求得每块标准地的可重叠度。求得的南亚热带、中亚热带和北亚热带的种源的 *K* 值分别为 1.08, 1.25 和 1.05。

3 应用

3.1 编制经营密度表

不同地理种源的杉木林群体结构都有一个从初植密度到经营密度 (又称适宜密度) 直到最大密度的过程^[4], 用公式 $N = 10\ 000 / CW$ 求得的为基本密度。其中 *N* 为某径阶的基本密度指标, *CW* 为某径阶的理论树冠面积。基本密度是指立木树冠面积总和与林地面积相等。基本密度与可重叠系数 *K* 值的乘积为经营密度 (表 5)。

表5 经营密度表

Table 5 Density of management for three types of regional assignment

| 径阶 /cm | 南 亚 热 带 | | | 中 亚 热 带 | | | 北 亚 热 带 | | |
|--------|------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | CWS /m ² | 基本密度 株·hm ⁻² | 经营密度 株·hm ⁻² | CWS /m ² | 基本密度 株·hm ⁻² | 经营密度 / 株·hm ⁻² | CWS /m ² | 基本密度 / 株·hm ⁻² | 经营密度 株·hm ⁻² |
| 6 | 1.935 9 | 5 166 | 5 579 | 3.332 9 | 3 001 | 3 376 | 3.332 9 | 3 001 | 3 151 |
| 7 | 2.432 8 | 4 111 | 4 440 | 3.766 8 | 2 665 | 2 987 | 3.630 5 | 2 754 | 2 891 |
| 8 | 2.955 9 | 3 383 | 3 654 | 4.227 3 | 2 366 | 2 662 | 3.940 8 | 2 538 | 2 665 |
| 9 | 3.529 9 | 2 833 | 3 060 | 4.637 7 | 2 156 | 2 426 | 4.191 0 | 2 386 | 2 505 |
| 10 | 4.118 7 | 2 428 | 2 622 | 5.067 1 | 1 974 | 2 221 | 4.448 8 | 2 248 | 2 360 |
| 11 | 4.714 4 | 2 121 | 2 291 | 5.473 9 | 1 827 | 2 055 | 4.714 4 | 2 121 | 2 227 |
| 12 | 5.350 2 | 1 869 | 2 019 | 5.896 5 | 1 696 | 1 908 | 4.948 1 | 2 021 | 2 122 |
| 13 | 6.026 3 | 1 660 | 1 793 | 6.291 2 | 1 590 | 1 789 | 5.187 5 | 1 928 | 2 024 |
| 14 | 6.696 6 | 1 494 | 1 614 | 6.696 6 | 1 493 | 1 680 | 5.391 3 | 1 855 | 1 948 |
| 15 | 7.450 6 | 1 342 | 1 449 | 7.115 8 | 1 405 | 1 581 | | | |
| 16 | 8.143 3 | 1 228 | 1 326 | 7.499 1 | 1 333 | 1 500 | | | |
| 17 | 8.919 7 | 1 121 | 1 211 | 7.892 4 | 1 267 | 1 425 | | | |
| 18 | | | | 8.244 8 | 1 213 | 1 365 | | | |
| 19 | | | | 8.604 9 | 1 162 | 1 307 | | | |
| 20 | | | | 9.025 9 | 1 108 | 1 247 | | | |
| 21 | | | | 9.402 5 | 1 064 | 1 197 | | | |

3.2 抚育间伐

保存的 19个地理种源,杉木林分的平均胸径:南亚热带为 12.00 cm,中亚热带为 12.42 cm,北亚热带为 9.67 cm 从表 5可得知各带相应的经营密度,按不同的抚育间伐强度确定各林分的相应的保留株数,采用下层抚育间伐法,选取间伐木 保留密度见表 6

表6 抚育间伐保留密度表

Table 6 Density of reserve-tree for three thinning types

| 总 体 | 株·hm ⁻² | | |
|---------|--------------------|---------|---------|
| | 弱 度 间 伐 | 中 度 间 伐 | 强 度 间 伐 |
| 南 亚 热 带 | 2 019 | 1 793 | 1 614 |
| 中 亚 热 带 | 1 858 | 1 783 | 1 638 |
| 北 亚 热 带 | 2 408 | 2 271 | 2 156 |

4 结 论

- 4.1 杉木不同地理种源试验林保存有 19个种源,14年生,胸径(x)与树冠幅(y)呈紧密相关: $y = ax^b$;而且形成 3个总体,分别为南亚热带、中亚热带和北亚热带。
- 4.2 杉木林群体结构树冠可以适当重叠^[3,5],获得经营密度的可重叠系数分别为:南亚热带 1.08,中亚热带 1.125,北亚热带 1.05 从保存的不同种源生长趋势看,以中亚热带的种源生长量最大,可重叠系数也最大,符合杉木生物学规律
- 4.3 经营密度表使用径阶范围:南亚热带为 6~17 cm,中亚热带为 6~21 cm,北亚热带为 6

~ 14 cm, 可以作为全国各地的杉木林抚育间伐确定保留密度的依据。

参 考 文 献

- 1 马育华. 试验统计. 北京: 农业出版社, 1985. 140~ 619
- 2 南京农学院主编. 田间试验和统计方法. 北京: 农业出版社, 1985. 57~ 121, 194~ 268
- 3 郑勇平, 李晓庆, 林生明. 杉木人工林树冠最大可重叠系数及适宜经营密度的研究. 浙江林学院学报, 1991, 8(3): 300 ~ 306
- 4 姜志林, 叶镜中, 周本琳. 杉木林抚育间伐. 北京: 中国林业出版社, 1982. 86~ 91
- 5 黄枢, 沈国舫主编. 中国造林技术. 北京: 中国林业出版社, 1993. 225~ 226, 240~ 245

Xu Anfang (Lin'an Second School for Professional Training, Lin'an 311300, Zhejiang, PRC), Wu Longgao, Hu Zhongcheng, Wu Weigang Qiu Runsheng, and Guo Youyi.

Chinese fir: related expressions between diameter breast-high and crown width and their application. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 1998, 15(2): 131~ 137

Abstract There are 19 provenances in the Chinese fir forests of provenance test made by Forestry Research Institute of Longquan City, Zhejiang Province. The measurement and analysis of 14 years old stands show that relationship between DBH (x) and crown width (y) is closely and can express it with $y = ax^b$. According to the statistical tests, 19 provenances can divide into 3 groups of the south subtropics, the middle subtropics and the north subtropics. The density targets of management and crown overlappable coefficients obtained respectively can make reference use of thinning for Chinese fir forests all the country.

Key words Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*); provenance; density of management; crown overlappable coefficient; regression analysis