

文章编号: 1001-1498(2008)01-0069-05

# 日本落叶松无性系木材性质的遗传变异<sup>\*</sup>

马顺兴<sup>1,2</sup>, 王军辉<sup>1</sup>, 张守攻<sup>1\*\*</sup>, 孙晓梅<sup>1</sup>, 梁保松<sup>2</sup>, 周德义<sup>3</sup>, 刘淑梅<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091; 2. 河南农业大学林学院园艺学院, 河南 郑州 450002;  
3. 辽宁省清原县国有大孤家林场, 辽宁 清原 113305)

**摘要:**对 10 个 10 年生日本落叶松无性系的木材基本密度、管胞参数进行了测定。结果表明:木材基本密度,早、晚材管胞宽度和早材长宽比无性系间差异显著;木材基本密度,早、晚材管胞长度,早晚材管胞宽度和早晚材长宽比径向变异模式相似,即从髓心向外以曲线形式不断增加,有时亦有起伏;早材从髓心向外以近似直线的形式缓慢增加,晚材从髓心向外以曲线形式增加,初期增加幅度较大,到一定年龄后趋于水平变化并略有波动;材质性状与树木年轮间的关系以对数方程、幂函数方程、指数方程拟合效果较好;除了晚材壁腔比和早材壁厚外,其它木材性质的重复力均在 0.5 以上,受中度或中度以上的遗传制约,按照 20% 的选择率,长宽比和晚材管胞长能获得较高的遗传增益。

**关键词:**日本落叶松;无性系;木材性质;遗传参数

**中图分类号:** S791.223 **文献标识码:** A

## Genetic Variation of Wood Properties of Japanese Larch Clones

MA Shun-xing<sup>1,2</sup>, WANG Jun-hui<sup>1</sup>, ZHANG Shou-gong<sup>1\*\*</sup>, SUN Xiao-mei<sup>1</sup>, LIANG Bao-song<sup>2</sup>, ZHOU De-yi<sup>3</sup>, LIU Shu-mei<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China;

2. Forestry and Horticulture College of Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, Henan, China;

3. Dagujia Forest Farm, Qingyuan 113305, Liaoning, China)

**Abstract:** The genetic variations of basic density and tracheid features of 10 Japanese larch clones at 10 years were investigated. The result revealed that the basic density, tracheid width of earlywood and latewood and tracheid length-width ratio of earlywood had significant differences among clones. The basic density, tracheid length of earlywood and latewood, tracheid width of earlywood had latewood and tracheid length-width ratio of earlywood and latewood followed the same pattern. The radial variation curves were increased from pith to bark, which showed waves sometimes. The tracheid wall thickness of earlywood and latewood and tracheid wall thickness-diameter ratio followed the same pattern. The latewood was constantly bigger than the earlywood. The radial variation curves of earlywood were slowly increased close to line from pith to bark. The latewood was increased by curve from pith to bark. The variation range was large at the initial stages and then became level variety and slimly waves in a certain age. The variation pattern of wood property was well fitted by logarithm, power and exponential equations. The repeatabilities of wood property were over 0.5 except tracheid wall thickness-diameter ratio of latewood and tracheid

收稿日期: 2006-07-05;修回日期: 2007-05-29

基金项目: 国家“十五”科技攻关子课题“落叶松良种选育和高效栽培技术(2004BA515B0401)”、国家科技支撑计划“高产优质多抗落叶松、云杉新品种选育(2006BAD01A1401)”课题和国家林业局重点项目“落叶松、云杉优质纸浆材良种区域化试验(2003-016-L16)”

作者简介: 马顺兴(1979—),男,河南郑州人,在读硕士。

\* 本文承蒙中国林科院林业所的马常耕研究员审阅并提出修改意见,辽宁省清原县国有大孤家林场的王有才高工等参与研究调查工作,特此一并致谢!

\*\* 通讯作者: E-mail: shougong\_zhang@caf.ac.cn

wall thickness of earlywood, indicating that wood property traits were moderately of strongly genetic control. The genetic gains of tracheid length-width ratio of latewood and tracheid length were higher if 20% of the best clones was selected.

**Key words:** Japanese larch; clones; wood properties; genetic parameter

日本落叶松 (*Larix kaempferi* Carr.) 是我国北方及南方亚高山地区的主要造林树种,具有早期速生、成林快、易于栽培、适应性广等特点。木材密度既影响木材力学强度,又决定木材及纤维制品的产量和品质;管胞形态特征与纸浆质量和纸张强度密切相关,关系着未来纸张质量的好坏<sup>[1-2]</sup>,管胞形态除受多种环境因子影响外,管胞形态特征还存在巨大的遗传变异性,不同树种、同一树种不同种源间、家系间、无性系间均存在明显的变异,即使同一树种同一植株不同部位也有差别。无性系的利用正成为日本落叶松纸浆材经营的方式之一,因此研究不同无性系木材基本密度和管胞形态的变异,对新品种的培育、人工林的定向培育具有指导意义。本文以作者营造的 10 年生日本落叶松无性系测定林为对象,选取其中 10 个无性系,研究木材基本密度和管胞形态特征在无性系间的遗传变异规律及其胸径处的径向变异模式,探讨日本落叶松无性系材质改良的潜力,为日本落叶松无性系的早期选择提供参数。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验林概况

试验林建于辽宁省清原县大孤家林场<sup>[3]</sup>山坡中下部开耕农田上。1994 年春选用 2 年生日本落叶松扦插苗造林,包括 20 个无性系,它们来源于辽宁宽甸等由各地选出的 2 年生超级苗建成的采穗圃,分属辽宁宽甸、辽宁五龙、辽宁大孤家林场和山东崂山林场等。造林采用随机完全区组试验设计,4 株小区,4 次重复,株行距 2 m × 2 m。

### 1.2 取样、测定项目和方法

2004 年 3 月初抽样 10 个无性系,每个无性系从前 3 个区组中分别抽样 1 株标准木,伐倒取胸径处圆盘供研究用。

**1.2.1 木材基本密度和管胞长度的测定** 木材基本密度的测定采用最大饱和含水量法。管胞长度的测定采用硝酸和铬酸混合液离析的 Tayler 染色法。经番红液染色,每处理样本在投影显微镜下随机测定 50 根完整管胞的长度,取其平均值作为样品的管胞长度。

**1.2.2 管胞其它形态特征的测定** 在圆盘上从髓心到树皮方向锯成截面为 1 cm × 1 cm 的木条,并将其软化,然后用滑走式木材切片切横切面切片,厚度为 10 ~ 15 μm 的斜口式连续年轮切片,然后分别染色。乙醇梯度脱水,二甲苯透明,施胶封盖玻片。采用日本 OLYMPUS 研究显微镜、美国 Pixera 的 Penguin 600CL 摄像传感器、P4 计算机、彩色图像处理分析软件组成的显微图象检测系统。将制作好的横切面切片,按测定指标要求逐年轮采集清晰的早、晚材图像,测量取点不低于 2 处,每个年轮被测有效管胞数量不低于 50 个。为了消除髓心至树皮木材年轮断面积渐增的差异,计算早材和晚材管胞形态特征和木材基本密度时按不同年轮组木材断面积加权,以尽量客观地反映日本落叶松的无性系胸高处木材的早材和晚材管胞形态特征及木材基本密度<sup>[4]</sup>。测定工作由东北林业大学材料与科学学院完成。

### 1.3 统计分析方法

用 SPSS12.0 版本中的 One-Way ANOVA 命令进行方差分析;利用 Curve Estimation 命令进行曲线回归方程的拟合;利用 Correlate 命令计算性状之间的 Pearson 相关系数<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 日本落叶松无性系间木材性质的变异

方差分析结果(表 1)表明:10 个无性系间木材基本密度差异极显著。管胞形态特征中除早、晚材管胞宽度和早材长宽比无性系间差异显著外,其它特征均不显著。日本落叶松的木材基本密度和管胞形态特征基因型间有广泛的变幅,无性系间差异显著,说明在无性系水平上进行日本落叶松木材基本密度和管胞形态特征改良是可能的,有可能取得良好的效果。已有研究表明:泡桐 (*Pawlonia* sp.)<sup>[6]</sup>、杨树 (*Populus* sp.)<sup>[7]</sup>、山桂花 (*Paranichelia baillonii* (Pierre) Hu)<sup>[8]</sup> 等树种不同无性系间和株间木材基本密度均存在着极显著差异。

日本落叶松 10 个无性系均属于长纤维(大于 1 600 μm),早、晚材长宽比均大于 35,早、晚材的壁腔比均小于 1,适合做造纸原料<sup>[9]</sup>。

表 1 10 个 10 年生日本落叶松无性系木材性质的方差分析

木材性质	均值	变异范围	变异系数 /%	均方	F 值	$P_{r>P}$
木材基本密度 / ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	0.404 1	0.384 1 ~ 0.428 7	10.51	0.002 715	4.089 8	0.004
早材管胞长 / $\mu\text{m}$	1 961.33	1 648.5 ~ 2 220.9	8.05	84 937.7	1.778	0.136
晚材管胞长 / $\mu\text{m}$	2 324.05	2 040.9 ~ 2 747.0	7.84	130 371.6	1.897	0.112
早材管胞宽 / $\mu\text{m}$	30.7	27.46 ~ 33.31	14.79	8.83	3.386	0.011
晚材管胞宽 / $\mu\text{m}$	25.56	22.73 ~ 27.35	13.75	6.39	2.991	0.020
早材长宽比	63.92	57.71 ~ 74.23	8.65	91.51	2.411	0.049
晚材长宽比	91.18	80.14 ~ 106.13	7.23	213.41	1.586	0.187
早材壁厚 / $\mu\text{m}$	6.39	5.89 ~ 6.75	11.32	0.255	0.735	0.673
晚材壁厚 / $\mu\text{m}$	12.22	10.24 ~ 14.22	8.30	3.541	2.277	0.060
早材壁腔比	0.26	0.22 ~ 0.29	7.73	0.001 1	0.921	0.528
晚材壁腔比	0.93	0.81 ~ 1.12	6.13	0.031 4	1.663	0.164

2.2 日本落叶松无性系木材性质的径向变异趋势

图 1~6 为 10 个无性系木材基本密度和管胞解剖参数在胸径处的径向变异趋势。从图 1 可以看出:木材基本密度在第 2 年轮略有下降,以后又呈直线上升,第 6 年轮后则有所下降,属于 Pashin 型。经过方差分析发现,第 2 年轮的环境方差偏大,这可能是导致第 2 年轮基本密度下降的主要原因。

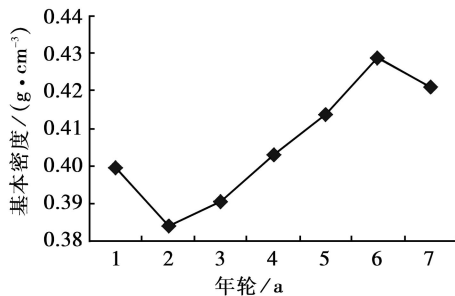


图 1 日本落叶松无性系木材基本密度在胸径处的径向变异

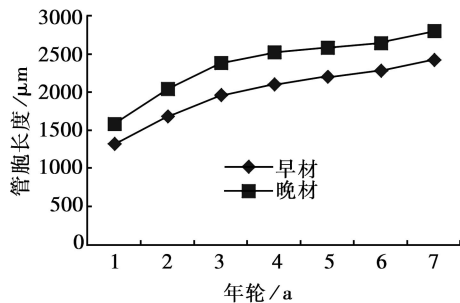


图 2 日本落叶松无性系管胞长度在胸径处的径向变异

日本落叶松无性系在胸径处同一生长轮的晚材管胞长度始终比早材的大 (图 2)。早、晚材管胞长度遵循共同的变异模式,即从髓心向外以曲线形式不断增加,属于 Pashin 型,与杨树<sup>[10]</sup>、刺楸 (*Kalopanax septem lobus* (Thunb.) Koidz)<sup>[11]</sup>和毛山核桃 (*Carya alba* K Koch)<sup>[12]</sup>的纤维变化曲线不太一

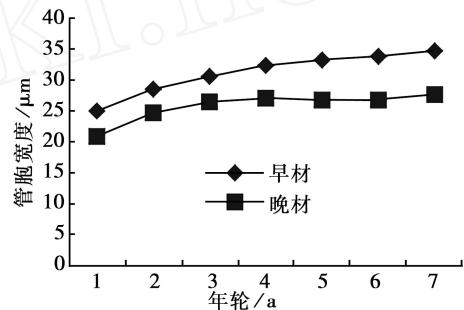


图 3 日本落叶松无性系管胞宽度在胸径处的径向变异

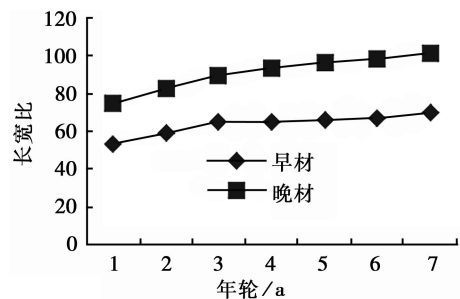


图 4 日本落叶松无性系管胞长宽比在胸径处径向变异

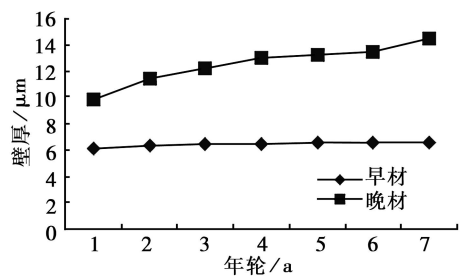


图 5 日本落叶松无性系细胞壁厚度在胸径处的径向变异

致。管胞宽度的径向变异模式与管胞长度的变化相似,且遵循共同的变异模式,即早材的管胞宽度始终比晚材的大,从髓心向外以曲线形式不断增加 (图

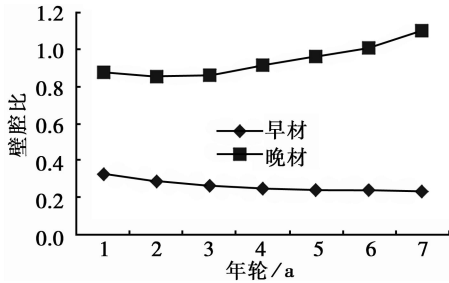


图 6 日本落叶松无性系管胞壁腔比在胸径处的径向变异

3)。管胞长宽比和细胞壁厚度在胸径处的径向变异趋势基本相同,即在同一生长轮内晚材始终比早材的大。早材从髓心向外以曲线的方式逐渐增加,而晚材从髓心向外呈逐渐增大的趋势,初期增长速度较快,到一定年龄后增长速度变缓(图 4 和图 5)。日本落叶松无性系胸径处的晚材壁腔比始终比早材的大(图 6),说明日本落叶松早材比晚材更适合于造纸。早材壁腔比从髓心向外缓慢下降,而晚材壁腔比则从髓心向外先稳定后再迅速变大,出现这种变化的原因不清<sup>[13]</sup>,有待进一步研究。

### 2.3 日本落叶松无性系木材性质的径向变异模型

从前面的分析可看出,生理年龄是影响材质性质的一个主要因素,所以对 10 个日本落叶松无性系的木材性质的平均值( $Y$ )与年龄( $X$ )进行了回归分析,回归方程见表 2。早材管胞长、晚材管胞长、早材管胞宽和晚材管胞宽与树木年轮间的相关关系以对数方程描述效果较好, $R^2$  分别为 0.995、0.982、0.998 和 0.876,均达到极显著水平。早材长宽比、晚材长宽比、早材壁厚、晚材壁厚和早材壁腔比与树木年轮间的相关关系以幂函数方程描述效果较好, $R^2$  分别为 0.962、0.997、0.954、0.984 和 0.954,均达到极显著水平。木材基本密度、晚材壁腔比与树木年轮间的相关关系以指数方程拟合效果较好, $R^2$  分别为 0.710 和 0.860,也达到显著水平。

表 2 日本落叶松无性系木材性质与年龄的回归关系

木材性质	回归方程	$R^2$	$P$ 值
木材基本密度	$Y = 0.3810e^{0.0156x}$	0.710	0.017
早材管胞长	$Y = 1.32417 + 553.668 \ln(X)$	0.995	0.001
晚材管胞长	$Y = 1.62454 + 604.588 \ln(X)$	0.982	0.001
早材管胞宽	$Y = 24.8995 + 5.1215 \ln(X)$	0.998	0.001
晚材管胞宽	$Y = 21.982 + 3.108 \ln(X)$	0.876	0.002
早材长宽比	$Y = 54.0594X^{0.1313}$	0.962	0.001
晚材长宽比	$Y = 75.0144X^{0.1515}$	0.997	0.001
早材壁厚	$Y = 6.1456X^{0.0322}$	0.954	0.001
晚材壁厚	$Y = 9.8854X^{0.1850}$	0.984	0.001
早材壁腔比	$Y = 6.1456X^{0.0322}$	0.954	0.001
晚材壁腔比	$Y = 0.793e^{0.041x}$	0.860	0.003

### 2.4 日本落叶松无性系木材性质的遗传参数估算

从表 3 可以看出:除了晚材壁腔比和早材壁厚外,其它性状的重复力均在 0.5 以上,达到中等或中等以上水平,说明木材性质受中度或中度以上的遗传制约,开展无性系材性选择能够取得理想的效果。从遗传变异系数来看,晚材壁腔比的遗传变异系数最大,达 32.91%,早材壁厚的遗传变异系数最小,只有 7.57%。在选择强度为 1.40 水平下,木材性质的遗传增益较高的为晚材长宽比、早材长宽比和晚材管胞长,遗传增益较低的为早材壁厚和早材管胞宽。

表 3 10 个日本落叶松无性系木材性质的遗传参数估计

木材性质	遗传方差	表型方差	重复力	遗传变异系数/%	遗传增益/%
基本密度	0.006	0.006	0.877	18.43	24.16
早材管胞长	145.559.7	196.703.2	0.740	19.45	23.43
晚材管胞长	243.243.5	313.169.3	0.777	21.22	26.18
早材管胞宽	9.352	16.095	0.581	9.82	10.48
晚材管胞宽	12.768	18.124	0.704	13.87	16.29
早材长宽比	229.452	286.258	0.802	23.43	29.37
晚材长宽比	568.578	711.674	0.799	25.79	32.28
早材壁厚	0.234	1.019	0.230	7.57	5.07
晚材壁厚	5.315	8.508	0.625	18.49	20.46
晚材壁腔比	0.095	0.299	0.318	32.91	25.99

注:选择强度  $I=1.40$ 。

## 3 结论

(1) 10 个日本落叶松无性系间木材基本密度差异极显著。管胞形态特征中除早、晚材管胞宽和早材长宽比在无性系间差异显著外,其它特征均不显著。

(2) 木材基本密度,早、晚材的管胞长度,早、晚材管胞宽度和早晚材长宽比遵循共同的变异模式,即从髓心向外以曲线形式不断增加,有时亦有起伏;早、晚材的细胞壁厚和早、晚材的壁腔比变异模式相同,即晚材始终比早材的细胞壁厚,早材的细胞壁厚从髓心向外以近似直线的形式缓慢增加,而晚材则是从髓心向外以曲线形式增加,初期增加幅度较大,到一定年龄后趋于水平变化并略有波动。

(3) 早材管胞长、晚材管胞长、早材管胞宽和晚材管胞宽与树木年轮的相关关系以对数方程描述效果较好。早材长宽比、晚材长宽比、早材壁厚、晚材壁厚和早材壁腔比与树木年轮的相关关系以幂函数方程描述效果较好, $R^2$  均在 0.95 以上。木材基本密度、晚材壁腔比与树木年轮的相关关系以指数方程

拟合效果较好。

(4)各木材性质除了晚材壁腔比和早材壁厚外,其它性状的重复力均在 0.5 以上,达到中等或中等以上水平。按照 20% 的选择率,遗传增益较高的为晚材长宽比、早材长宽比和晚材管胞长,遗传增益较低的为早材壁厚和早材管胞宽。

#### 参考文献:

- [1] 成俊卿. 木材学 [M]. 北京:中国林业出版社, 1995
- [2] Pashin A J, de Carl Z. Textbook of Wood Technology [M]. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980
- [3] 马顺兴,王军辉,张守攻,等. 日本落叶松无性系微纤丝角遗传变异的研究 [J]. 林业科学研究, 2006, 19(2): 188 - 191
- [4] 鲍甫成,江泽慧. 中国主要人工林树种木材性质 [M]. 北京:中国林业出版社, 1998: 30 - 36
- [5] 苏金明. 统计软件 SPSS 12.0 for Windows 应用及开发指南 [M]. 北京:电子工业出版社, 2004
- [6] 茹广欣,冯 胜,袁金玲,等. 泡桐无性系木材基本密度遗传变异研究 [J]. 河南农业大学学报, 2001, 35(4): 335 - 338
- [7] 王克胜,卞学瑜,佟永昌,等. 杨树无性系生长和材性的遗传变异及多性状选择 [J]. 林业科学, 1996, 32(2): 111 - 117
- [8] 冯 弦,陈宏伟,刘永刚,等. 山桂花人工林木材基本密度和纤维长度变异规律的研究 [J]. 广西林业科学, 2003, 32(1): 20 - 23
- [9] 周峯. 中国落叶松属木材 [M]. 北京:中国林业出版社, 2001
- [10] 查朝生,方 宇,刘盛全,等. 杨树无性系木材纤维形态特征及其径向变异的研究 [J]. 安徽农业大学学报, 2005, 32(2): 192 - 197
- [11] 刘盛全. 刺楸纤维形态特征及其变异的研究 [J]. 安徽农业大学学报, 1996, 23(1): 68 - 72
- [12] Taylor F W. Property variation with in stems of selected hardwoods growing in the mid-south [J]. Wood Science, 1979, 11(3): 131 - 133
- [13] 徐有明,邹明宏,唐万鹏,等. 火炬松种源木材管胞特征值的差异分析 [J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2002, 26(5): 15 - 20