

文章编号:1001-1498(2003)06-0694-06

# 湿地松 15 个家系木材材性遗传变异 及优良家系评估

骆秀琴<sup>1</sup>, 姜笑梅<sup>1</sup>, 殷亚方<sup>1</sup>, 刘昭息<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院木材工业研究所,北京 100091;

2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所,浙江 富阳 311400)

**摘要:**对浙江产湿地松 15 个家系的基本材性进行了测定与分析。结果表明:家系间管胞长度、管胞宽度、气干密度、抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度差异极显著,管胞壁厚差异显著,胞壁率、冲击韧性差异未达显著水平。家系内管胞长度、管胞宽度、管胞壁厚差异均显著且高于家系间的差异,但气干密度、顺纹抗压强度、胞壁率和冲击韧差异不显著,表明在家系水平上进行木材气干密度、力学强度和管胞形态的家系选择可取得良好的效果。15 个家系木材管胞长度、管胞宽度、管胞壁厚和胞壁率的广义遗传力分别为 0.546 6、0.391 0、0.717 3、0.159 8,说明湿地松家系木材管胞性状(胞壁率除外)受中度或中下度遗传控制,通过一定强度的选择能获得较高的遗传增益。综合评定结果表明,04-28、06-17、06-20、08-7 和 08-9,5 个家系为适用于培育纸浆材的优良家系,04-25、04-28、06-17、06-20 和 08-16,5 个家系为适用于培育建筑材的优良家系。

**关键词:**湿地松;家系;木材材性;遗传变异;综合评定

**中图分类号:**S791.246 **文献标识码:**A

湿地松(*Pinus elliottii* Engelm.)原产于美国,是最重要的针叶用材树种之一,其生长迅速、适应性强、育苗造林容易、木材利用价值高<sup>[1]</sup>,是我国南方人工林大面积成功推广的引种树种之一。前人对其育苗、造林、营林、良种繁育和抗病虫害等方面有过大量研究<sup>[2~4]</sup>,但未见有关湿地松家系间材性变异的研究报道。笔者对浙江余杭长乐林场种植的湿地松 15 个家系的管胞形态、气干密度和力学强度进行了测定分析,为湿地松的家系选择、定向培育和木材的合理利用提供科学依据。

## 1 试材与方法

### 1.1 试材来源

试验林位于浙江省余杭市长乐林场的中干林区,30°20'27" N,119°50' E,海拔 120 m,年平均气温 16.1℃,最高气温 40.5℃,最低气温 -9.6℃,土壤为红壤。于 1986 年用 1 年生实生苗种植,密度为 3 m × 3 m,随机区组设计,小区 4 株,12 次重复。

收稿日期:2003-02-26

基金项目:国家“九五”国家科技攻关“工业用材林材质材性和功能性改良技术研究”(96-011-03-05)专题的部分内容

作者简介:骆秀琴(1952—),女,黑龙江鹤岗人,高级工程师。

\* 参加研究实验工作的还有何建、吴荷英、许明坤、徐飞丽。

## 1.2 试材取样与试验方法

本研究的试材采集于 1997 年,每个家系分别选 5 株平均木,共 75 株试材,详情见表 1。样树伐倒后在胸径处各取圆盘 1 个,在圆盘的中心线上锯 2 cm 宽木条,为管胞参数测量试样。另取 90 cm 长木段,为物理力学性质试样,管胞参数按常规方法<sup>[5]</sup>测定,物理力学性质按国家标准 GB 1927~943-91 取样并测定。

## 1.3 统计与分析方法

利用数理统计软件<sup>[5]</sup>处理各材性数据;利用方差分析估算广义遗传力<sup>[6]</sup>;采用综合座标评定法<sup>[7]</sup>对湿地松 15 个家系进行综合评价,评选出适于作建筑材、纸浆材的优良家系。

表 1 试材概况

家系号	平均树高/m	平均胸径/cm
01-1	9.03	15.70
03-15	9.03	16.56
04-5	9.16	16.16
04-23	9.50	16.40
04-25	11.56	18.74
04-28	9.80	16.16
06-11	9.08	15.78
06-17	9.80	16.94
06-20	10.04	17.84
08-7	9.70	17.38
08-9	10.10	17.44
08-10	9.52	15.20
08-16	9.24	15.79
08-18	8.73	16.04
08-23	9.30	16.06

## 2 结果与讨论

### 2.1 湿地松 15 个家系解剖性质的测定结果与分析

表 2 表明,管胞长度的均值 3.580 mm,变幅(95%置信区间)3.515~3.645 mm,管胞最长与最短的两个家系差 0.861 mm。管胞宽度的均值 45.98  $\mu\text{m}$ ,变幅 45.92~46.01  $\mu\text{m}$ ,管胞最宽与最窄的两个家系差 9.06  $\mu\text{m}$ 。管胞壁厚(双壁)的均值 10.34  $\mu\text{m}$ ,变幅为 10.31~10.37  $\mu\text{m}$ ,管胞壁最厚与最薄的两个家系差 2.05  $\mu\text{m}$ 。胞壁率的均值 55.10%,变幅 55.08%~55.13%,胞壁率最高与最低的两个家系差 10.30%。方差分析(表 3)表明家系间管胞长度和宽度差异

表 2 湿地松家系管胞参数

家系号	管胞长度/mm		管胞宽度/ $\mu\text{m}$		管胞壁厚/ $\mu\text{m}$		胞壁率/%	
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
01-1	3.866	0.330	49.26	11.95	11.29	4.61	55.60	5.08
03-15	3.477	0.456	42.78	10.42	10.42	4.08	57.59	4.36
04-5	3.572	0.282	45.02	11.17	10.05	3.98	56.54	5.89
04-23	3.403	0.550	45.45	12.06	9.73	4.00	55.54	3.53
04-25	3.308	0.390	43.0	10.34	9.67	3.31	56.10	3.68
04-28	3.809	0.293	48.70	11.36	10.99	5.21	53.96	5.31
06-11	3.162	0.442	42.18	10.57	9.73	3.59	54.50	2.85
06-17	3.553	0.371	47.08	12.89	10.73	4.39	56.11	2.21
06-20	3.459	0.301	43.40	10.59	10.22	4.08	60.42	5.10
08-7	3.706	0.286	45.44	11.76	10.10	3.70	57.83	4.59
08-9	3.772	0.393	47.76	11.05	9.80	4.44	55.16	7.66
08-10	3.454	0.395	44.16	11.53	9.91	4.00	53.33	4.29
08-16	4.023	0.440	51.24	13.44	11.72	6.15	51.98	2.86
08-18	3.735	0.293	49.03	12.97	10.01	4.47	50.66	2.42
08-23	3.407	0.442	45.18	11.50	10.77	4.68	50.12	6.23

极显著,管胞壁厚差异显著,而胞壁率差异不显著。家系内胞壁率差异不显著,管胞长、宽和壁厚的差异均显著且高于家系间的差异。本试验结果表明在家系水平上对湿地松的材性进行改良有很大潜力,进行管胞形态的家系选择,也可取得良好的效果;同时家系内个体管胞形态(管胞长、宽和壁厚)差异大于家系间的差异,表明湿地松家系材质改良如在家系间选择基础上进行个体改良会取得更好的增益。

## 2.2 湿地松 15 个家系木材气干密度和力学性质测定结果与分析

测定结果(表 4)表明,木材气干密度均值  $0.468 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 密度最高的家系与最低者差  $0.044 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,表明最高者在 11 年生时比最低者每立方米多积累 44 kg 干物质(含水率 12% 时)。抗弯强度均值 67.8 MPa,抗弯强度最高的家系比最低者高 24.7%。抗弯弹性模量均值 5 289 MPa,最高的家系比最低者高 51.9%,顺纹抗压强度均值 31.3 MPa,最高比最低者高 21.3%,冲击韧性均值  $36.3 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ ,最高比最低者高 24.1%。经方差分析结果(表 5)表明,家系间差异除冲击韧性外其他各项均达 0.01 水平显著,此结果与吴际友等<sup>[4]</sup>对湿地松半同胞家系木材密度的研究结果相一致。而家系内差异只有抗弯强度和抗弯弹性模量两项达差异显著水平。本实验结果表明,在家系水平上对湿地松的材性进行家系改良有很大潜力。

表 3 湿地松家系管胞参数方差分析

项目	管胞长度	管胞宽度	管胞壁厚	胞壁率
家系间	5.16 **	4.68 **	2.76 *	1.41
家系内	7.31 **	11.38 **	8.95 **	1.92

\*为 0.05 水平差异显著,\*\*为 0.01 水平差异显著

表 4 湿地松家系木材气干密度及力学强度

家系号	气干密度/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )		抗弯强度/ MPa		抗弯弹性模量/ MPa		顺纹抗压强度/ MPa		冲击韧性/ ( $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ )	
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
01-1	0.477	0.042	72.2	13.79	6 010	1 675	33.2	4.04	34.9	12.56
03-15	0.447	0.047	59.5	7.51	4 060	1 081	28.5	3.39	38.5	8.15
04-5	0.461	0.028	65.5	7.66	4 590	1 060	28.2	2.84	37.0	17.11
04-23	0.471	0.032	67.3	6.12	5 250	1 303	30.0	3.47	40.0	1.96
04-25	0.467	0.043	69.2	10.64	5 030	1 313	31.1	4.46	40.1	8.53
04-28	0.490	0.025	70.8	11.06	5 900	1 181	34.2	3.18	34.0	10.40
06-11	0.487	0.029	64.6	8.50	5 260	1 108	30.5	3.27	34.8	9.16
06-17	0.475	0.032	69.7	7.50	5 870	1 090	32.7	2.14	34.1	8.57
06-20	0.468	0.027	66.9	10.45	5 290	854	32.3	3.37	38.7	13.33
08-7	0.471	0.036	63.2	11.73	4 670	915	30.7	3.73	35.8	9.89
08-9	0.456	0.047	66.2	8.29	5 390	1 247	31.5	4.48	32.3	7.29
08-10	0.458	0.028	63.8	7.78	4 590	1 004	29.9	2.95	34.8	8.77
08-16	0.446	0.026	72.6	6.67	6 170	1 878	32.3	4.15	35.9	9.88
08-18	0.471	0.024	71.2	9.53	5 480	1 339	3.4	3.59	38.9	17.55
08-23	0.478	0.035	74.2	9.16	5 780	1 817	31.1	4.39	34.7	13.98

表 5 湿地松家系间气干密度及力学强度方差分析

项目	气干密度	抗弯强度	抗弯弹性模量	顺纹抗压强度	冲击韧性
家系间	2.811 **	3.90 **	4.46 **	5.02 **	0.66
家系内	0.96	2.71 *	2.14 *	1.58	0.59

\*为 0.05 水平差异显著,\*\*为 0.01 水平差异显著

### 2.3 木材各性状间的相关分析

一元线性相关分析(表 6)表明,木材气干密度与力学强度表现为较弱的正相关关系,与管胞形态则表现出负相关趋势,但均未达相关显著水平。管胞长度与管胞宽度、管胞壁厚和顺纹抗压强度为显著的正相关关系。树木胸径与胞壁率表现为极显著的正相关关系,与气干密度、抗弯强度、抗弯弹性模量则表现为较弱的负相关关系,这说明生长快的树木其密度和力学强度在总体上有下降趋势,这与对辐射松(*Pinus radiata* D. Don)的研究结果相近<sup>[8]</sup>,即木材密度与生长速度呈微弱负相关。

树木的胸径与胞壁率显著相关,但与其他管胞形态及力学强度均不相关,这与对湿地松不同种源的研究结果相近<sup>[9]</sup>,表明木材管胞形态和力学强度在遗传上可能是相互独立的,受不同遗传机制的控制,这些性状可以独立的进行选择,进而可以培育出木材性状较好又速生的家系。

表 6 木材各性状间的相关分析

项目	管胞长度	管胞宽度	管胞壁厚	胞壁率	气干密度	抗弯强度	抗弯弹性模量	顺纹抗压强度	冲击韧性
气干密度	-0.244	-0.039	-0.042	-0.113	—	0.351	0.402	0.459	-0.341
管胞长度	—	0.909***	0.686**	-0.200	0.244	0.381	0.459	0.514**	-0.375
胸径	-0.203	-0.315	-0.356	0.578**	-0.074	-0.134	-0.171	0.021	0.324

\*\*为 0.01 水平显著,\*\*\*为 0.001 水平显著

### 2.4 湿地松 15 个家系材性遗传参数的估算

根据方差分析估算出木材管胞长度、宽度、管胞壁厚和胞壁率的广义遗传力为 0.546 6、0.391 0、0.717 3、0.159 8。木材气干密度、抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度和冲击韧性的广义遗传力为 0.083 4、0.126 7、0.147 5、0.167 5、0.023 4。以上分析结果表明湿地松家系的管胞性状(胞壁率除外)受中度或中下度遗传控制,通过一定的强度选择,能获得较高的遗传增益。

### 2.5 湿地松 15 个家系材性与生长性状的综合评定

为了选择材性和生长兼优的湿地松家系,本研究采用了坐标综合评定法进行评定,作为造纸原料评定的指标为木材管胞长度、宽度、管胞壁厚、胞壁率、木材气干密度及树木的树高、胸径,以上各指标视为等权因子。作为建筑材评定的指标是木材气干密度、抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度、冲击韧性、及树木的树高、胸径,上述指标亦视为等权因子。经主坐标综合评定结果为:作为造纸原料性能优、生长快的优良家系是:04-28、06-17、08-9、08-7 和 06-20,属中等的 5 个家系为 01-1、08-16、04-25、04-5、04-23,其余 5 个家系较差。作为建筑材性能优、生长快的优良家系是 04-25、04-28、06-20、06-17 和 08-16,属中等的 5 个家系为 08-23、01-1、04-23、08-9、08-18。其余 5 个家系较差。

## 3 小结

方差分析结果表明:家系间管胞长度、管胞宽度、气干密度、抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度差异极显著,管胞壁厚差异显著,胞壁率、冲击韧性差异不显著。家系内管胞长度、管胞宽度、管胞壁厚差异显著且高于家系间差异,但气干密度、顺纹抗压强度、胞壁率和冲击韧性

差异不显著,表明在家系水平上进行木材管胞形态、气干密度和力学强度的家系选择,可取得良好的效果,而在家系基础上进行个体改良也会取得更好的增益。

15个家系的木材管胞长度、管胞宽度、管胞壁厚、胞壁率的广义遗传力分别为0.5466、0.3910、0.7173、0.1598,木材气干密度、抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度、冲击韧性的广义遗传力分别为0.0834、0.1267、0.1475、0.1675、0.0234,表明湿地松家系的管胞性状(胞壁率除外)受中度或中下度遗传力控制,通过一定的强度选择可获得较高的遗传增益。

一元线性相关分析表明木材气干密度与管胞形态及力学强度均未表现出显著的相关关系,管胞长度与管胞宽度、管胞壁厚和顺纹抗压强度表现为显著的正相关关系。树木的胸径与胞壁率显著相关,但与其他管胞形态及力学强度均不相关,表明木材管胞形态和力学强度在遗传上可能是相互独立的,受不同遗传机制的控制,这些性状可以独立的进行选择,进而可以培育出木材性状较好又速生的家系。

坐标综合评定结果为:04-28、06-17、06-20、08-7和08-9为适用于培育纸浆材的优良家系,04-25、04-28、06-17、06-20和08-16为适用于培育建筑材的优良家系。

#### 参考文献:

- [1] 潘志刚,游应天. 湿地松、火炬松、加勒比松引种栽培[M]. 北京:北京科学技术出版社,1991
- [2] 潘志刚,游应天等. 中国主要外来树种引种栽培[M]. 北京:北京科学技术出版社,1994. 126~140
- [3] 潘志刚. 湿地松火炬松种源试验研究[M]. 北京:北京科学技术出版社,1992
- [4] 吴际友,尤应忠,余格非,等. 湿地松半同胞家系主要经济性状的遗传分析及联合选择[J],林业科学,2000,36(专刊):56~61
- [5] 郎奎健,唐守正. IBM-PC系列程序集[M]. 北京:中国林业出版社,1989
- [6] 黄金龙,孙其信,张爱民,等. 电子计算机在遗传育种中的应用[M]. 北京:中国农业出版社,1985. 48~61
- [7] 孙成志,谢国恩,李萍. 杉木地理种源材性变异及建筑材优良种源评估[J]. 林业科学,1993,29(5):429~437
- [8] Zobel B J, Buijten J P. Wood Variation—Its Cause and Control[M]. New York:Springer-Verlag Berlin Heidelberg,1989
- [9] 姜笑梅,骆秀琴,殷亚方,等. 不同湿地松种源木材材性遗传变异的研究[J]. 林业科学,2002,38(3):130~135

## Genetic Variation and Comprehensive Assessment in Wood Properties of 15 Families of *Pinus elliottii*

LUO Xiur qin<sup>1</sup>, JIANG Xiaomei<sup>1</sup>, YIN Yafang<sup>1</sup>, LIU Zhaoxi<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091, China;

2. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

**Abstract:** The main wood properties of 15 families of *Pinus elliottii* in Changle Forest Farm, Zhejiang Province were carried out. The results showed that there existed significant differences among these families in wood air-dry density, bending strength, modulus of elasticity, compressive strength, tracheid length, tracheid width as well as tracheid wall thickness, but in cell walls percentage and toughness, there were not significant differences, although the differences in tracheid length, tracheid width and wall thickness of intra-families were higher than those of inter-families. There were no significant differences in air-dry density, compressive strength, cell wall percentage and toughness for intra-families. As a result, it was probably effective in inter-families selection according to wood air-dry density, mechanical strength and tracheid morphology. The broad-sense heritabilities for wood tracheid length (0.5466), width (0.3910), wall thickness (0.7173), cell walls percentage (0.1598) of 15 families were calculated, these results indicated that wood tracheid morphology (except cell walls percentage) were under moderate or low-moderate genetic control, so high genetic gains could be gained by inter-families selection of suitable intensity. By means of comprehensive assessment, the results were as following: 04-28, 06-17, 06-20, 08-7 and 08-9 families were more suitable for use of pulpwood, 04-25, 04-28, 06-17, 06-20 and 08-16 families were more suitable for utilization of construction timber.

**Key words:** *Pinus elliottii* families; variation of wood properties; genetic variation; comprehensive assessment