

文章编号: 1000-5692(2001)01-0021-05

黑杨派南方型新无性系纸浆材材性变异与遗传

童再康¹, 郑勇平², 罗士元³, 杨惠平³, 史红正⁴

(1. 浙江林学院 资源与环境系, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省林业局 种苗站, 浙江 杭州 310006; 3. 浙江省临海市 林业特产局, 浙江 临海 317000; 4. 浙江省磐安县林业局, 浙江 磐安 320040)

摘要: 对来自浙江省临海市黑杨派南方型 17 个新无性系和 3 个对照无性系的木材性状的系统研究表明: 20 个无性系树干纤维长度为 0.966 0~1.143 0 mm, 均达到国际木材学会规定的中级纤维标准, 基本体积质量为 0.318 8~0.368 2 g·cm⁻³; 树枝条的纤维长度为 0.630 0~0.780 0 mm, 基本体积质量有 0.344 2~0.400 8 g·cm⁻³; 各材性状在无性系间均具有显著或极显著的差异, 且纤维长度和木材基本体积质量均具有较高的遗传重复力(0.473 7~0.833 3), 胸径与树干基本体积质量呈中等程度的遗传负相关。木材性状间均具有较高的遗传正相关。所测定的 17 个新无性系中, 367, 366, 370 和 351 等 4 个无性系在生长和材性上尤其突出, 其生长量和材性均优于目前制浆性能较佳的 69 杨, 是营建培育纸浆材和纤维材为目标的短伐期林的首选无性系。表 4 参 10

关键词: 杨属; 木材性质; 基本体积质量; 纤维性能; 无性系; 遗传变异; 重复力; 黑杨派
中图分类号: S718.3; S722.3 **文献标识码:** A

自黑杨派南方型新无性系在浙江省引种试验以来, 已选择出 1388, 367, 366, 370, 351, 121 和 106 等一批速生无性系用于营建纸浆和胶合板等工业原料林。要达到工业原料林的优质高产高效, 改良某一材种所要求特定的材性性状是实现这一目标的关键。对此, 国内外学者在许多树种已作了研究, 取得了预期效果^[1~5]。然而, 黑杨派南方型新无性系, 尤其是 69 (*Populus deltoides* cv. 'Lux') 与小叶杨 (*P. simoni*), 69×63 (*P. deltoides* cv. 'Harvard') 以及 72 (*P. × euramericana* cv. 'San Martion') 与 63 等组合的杂交后代, 仅其中的少数几个无性系作过木材的基本体积质量和纤维特性的研究^[5~7]。

本文在黑杨派新无性系株内变异研究的基础上^[2], 着重报道试验林中 20 个无性系木材材性的研究结果, 并分析了材性与生长性状之间的遗传关系。为本地区选择速生优质适用的新无性系和营建纸浆纤维材工业用材林提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 待测试样的选取

材料取自浙江省临海市的黑杨派南方型新无性系试验林和短伐期中径材定向培育试验林, 各试验林概况及试材的选取方法和数量等参见文献[8]。

收稿日期: 2000-03-07, 修回日期: 2000-10-08

基金项目: “八五”国家科技攻关项目(85-17-02)

作者简介: 童再康(1963-), 男, 浙江兰溪人, 副教授, 博士生, 从事树木遗传学研究。

1.2 木材材性的测定

木材基本体积质量 (V_w)、纤维长度 (L) 和宽度 (W) 等材性性状的测定样品抽取与测定方法等参见文献[7]。

测定数据的处理和统计分析方法参见文献[9, 10]。

2 结果与分析

2.1 无性系材性性状的变异

众多的研究表明, 材性性状同生长性状相似, 不同的遗传型间常有显著的差异^[2~5]。表1列出了20个无性系枝条(不同部位的均值)与树干胸高部位的纤维长度、宽度、长宽比和基本体积质量4个性状的表型值。

由表1可知, 杨树树干的纤维长度在无性系间变动于0.966 0 ~ 1.143 0 mm, 极差达0.177 0 mm, 最短的对照72比最长的105无性系短15.49%。所有无性系均值为1.060 1 mm, 样本标准差为0.049 1mm, 变异系数为4.64%。总体变异程度低于生长和分枝性状^[8]。纤维宽度在无性系间变动于22.41 ~ 26.88 μm , 极差为4.47 μm 。长宽比变动于38.00 ~ 48.41, 极差为10.41, 这2个性状的差异稍大于纤维长度。基本体积质量变动于0.318 8 ~ 0.368 2 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 极差0.049 4 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 即每立方米木材干物质质量相差49.4 kg, 最低的106无性系比最高的375号低13.42%。该性状总体均值为0.342 3 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 变异系数4.80%。可以认为纤维长度与基本体积质量的变异程度相似。枝条的纤维长度变动于0.630 0 ~ 0.780 0 mm,

表1 新无性系测定林20个无性系木材材性

Table 1 Wood properties of 20 clones from a new clonal test forest

无性系	树 干				枝 条			
	L/mm	$W/\mu\text{m}$	L/W	$V_w/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	L/mm	$W/\mu\text{m}$	L/W	$V_w/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$
205	1.044 7	23.06	45.30	0.359 0	0.69	19.09	36.14	0.357 0
117	1.039 6	24.59	42.28	0.357 0	0.67	17.00	39.41	0.345 0
105	1.143 0	23.61	48.41	0.367 0	0.71	17.97	39.51	0.356 6
302	1.045 0	22.41	46.63	0.318 9	0.68	17.25	39.42	0.351 8
351	1.105 0	24.38	45.33	0.322 3	0.71	17.87	39.73	0.357 3
375	1.103 4	22.95	48.08	0.368 2	0.69	16.54	41.72	0.353 2
69	1.132 0	26.00	43.54	0.329 4	0.73	17.64	41.38	0.344 2
381	1.075 1	24.85	43.26	0.352 6	0.78	18.54	42.07	0.370 2
366	1.092 5	26.88	40.65	0.343 1	0.67	18.60	36.02	0.370 7
50	1.000 8	23.63	42.36	0.336 2	0.74	18.17	40.73	0.359 4
72	0.966 0	23.46	41.18	0.329 4	0.74	18.84	39.28	0.356 0
S_{1-8}	1.062 1	25.21	42.13	0.322 1	0.74	16.92	43.74	0.372 3
106	0.997 5	26.25	38.00	0.318 8	0.68	19.78	34.38	0.367 4
378	1.094 8	24.15	45.33	0.364 5	0.71	17.84	39.80	0.400 8
63	1.047 1	24.71	42.38	0.355 0	0.67	17.45	38.40	0.345 5
725	1.025 0	25.29	40.53	0.338 9	0.77	16.26	47.36	0.394 2
121	1.000 4	23.58	42.42	0.356 1	0.68	17.98	37.82	0.365 2
370	1.070 8	24.54	43.63	0.337 7	0.78	17.98	43.38	0.373 4
367	1.137 5	23.79	47.81	0.347 0	0.71	18.10	39.23	0.373 2
1388	1.019 6	26.46	38.54	0.323 6	0.63	16.91	37.26	0.353 9

表2 材性性状方差分析结果

Table 2 The results of variance analysis for timber properties

性状	变异来源	自由度	树 干		枝 条	
			均方	F 值	均方	F 值
纤维长度	无性系间	19	0.007 631	1.90 *	0.005 185	6.00 **
	重复间	2	0.005 001		0.001 871	
	机 误	38	0.004 017		0.000 864	
纤维宽度	无性系间	19	4.586 6	1.32	2.183 9	2.76 **
	重复间	2	5.035 2		3.647 5	
	机 误	38	3.462 3		0.791 4	
长宽比	无性系间	19	27.474 9	1.40	24.086 8	5.11 **
	重复间	2	14.007 8		3.074 2	
	机 误	38	19.566 2		4.713 6	
基本体积质量	无性系间	19	0.000 843	2.06 *	0.000 746 4	1.92 *
	重复间	2	0.002 253		0.001 801 5	
	机 误	38	0.000 408		0.000 389 5	

说明: $F_{0.05}(19, 38) = 1.87$, $F_{0.01}(19, 38) = 2.40$

极差 0.150 0 mm。宽度变动于 16.26~19.78 μm ，极差 3.52 μm 。基本体积质量变动于 0.344 2~0.400 8 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，极差为 0.056 6 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。它们的变异量同树干的各材性指标相似。对树枝和树干的各材性值作相应的比较可以看出，任何无性系枝条的纤维长度显著小于树干的纤维长度，仅为树干的 66.88% (61.33%~76.60%)；纤维宽度也低于树干的相应值，仅为后者的 63.91%~82.78%；长度比略小于树干的比值。但绝大多数无性系树枝的基本体积质量高于树干，这是因为在幼龄期树干木材髓心占的比例高之故。

为进一步验证各性状在无性系间差异显著性，以无性系内的株间为重复作方差分析，结果详见表 2。

由表 2 可见，树干胸高部位木材的纤维长度和基本体积质量在无性系间具有显著差异，而纤维宽度与长度比则无显著差异。这同许多其他树种研究的结果相一致^[3,4]。枝条有别于树干，它在 4 个研究性状上均表现出显著或极显著的差异。

2.2 材性性状的遗传分析

分别估算树干和枝条的主要材性性状的遗传重复力，同时估算主要生长性状和材性性状的表型和遗传型相关，结果列于表 3。

表 3 性状相关系数与遗传重复力

Table 3 Correlation coefficients and genetic repetition for properties

性状	胸径	树高	枝纤维长度	枝纤维宽度	枝基本体积质量	干纤维长度	干基本体积质量	重复力
胸径	1.000 0	0.802 8	-0.017 6	-0.121 1	0.257 5	-0.030 2	-0.402 8	
树高	0.776 1**	1.000 0	-0.172 0	0.120 5	0.412 6	0.101 5	-0.102 1	
枝纤维长	-0.063 8	-0.127 8	1.000 0	0.053 1	0.798 1	-0.005 2	-0.062 3	0.833 3
枝纤维宽	0.078 3	0.162 4	0.145 7	1.000 0	0.280 2	-0.478 0	-0.060 2	0.637 7
枝基本密度	0.268 6	0.258 2	0.271 2	0.010 4	1.000 0	0.402 0	0.208 0	0.479 2
干纤维长	-0.204 0	0.220 4	0.144 3	0.091 8	-0.098 1	1.000 0	0.643 7	0.473 7
干基本密度	-0.305 7	-0.154 2	-0.033 5	-0.095 3	0.085 3	0.208 9	1.000 0	0.514 6

说明: 1. 上三角为遗传相关系数, 下三角为表型相关系数; 2. $R_{0.05}(18) = 0.443 8$, $R_{0.01}(18) = 0.561 4$

由表 3 可知，主要的材性性状均具有中等以上的遗传重复力 (0.473 7~0.833 3)。这说明依据这些材性性状所作的选择是相对可靠有效的。从性状的表型相关系数看，生长性状与材性性状均无显著的相关，材性性状间相关也不紧密。但遗传相关系数则有所不同，胸径生长量同树干基本体积质量有中等程度的负相关，该结果与以往的研究结果基本一致^[1~7]。另外值得注意的是枝条的纤维长度和其基本体积质量、树干的纤维长度与其基本体积质量均具有较高的正遗传相关，相关系数达 0.643 7~0.798 1。从木材纸浆得率和木材的力学性质考虑，对基本体积质量的选择或者对纤维长度的选择，在这 2 个性状的改良上都是有利的。

2.3 速生优质纸浆纤维材优良无性系的选择

分别对各材性性状表现前 8 位的新无性系及 ck 列于表 4。

表 4 各材性性状排列前 8 位的无性系

Table 4 The top 8 clones in terms of timber properties

编号	树 干				枝 条					
	纤维长度		基本体积质量		纤维长度		长宽比		基本体积质量	
	无性系号	均值/ mm	无性系号	均值/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	无性系号	均值/ mm	无性系号	均值	无性系号	均值/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
1	105	1.143 0	375	0.368 2	381	0.786 3	725	46.40	378	0.400 8
2	367	1.137 5	105	0.366 9	370	0.776 5	S ₁₋₈	43.41	725	0.394 1
3	351	1.105 4	378	0.365 2	725	0.771 4	370	43.20	370	0.373 3
4	375	1.103 4	205	0.358 9	50	0.739 6	381	42.39	367	0.373 2
5	378	1.094 8	117	0.356 9	S ₁₋₈	0.734 1	375	41.83	381	0.372 7

续表 4

编号	树 干				枝 条					
	纤维长度		基本体积质量		纤维长度		长宽比		基本体积质量	
	无性系号	均值/ mm	无性系号	均值/ (g·cm ⁻³)	无性系号	均值/ mm	无性系号	均值	无性系号	均值/ (g·cm ⁻³)
6	366	1 092.1	121	0.356 1	105	0 708.4	50	40.69	S ₁₋₈	0.372 3
7	381	1 075.1	63	0.355 1	378	0 706.7	105	39.78	366	0.370 7
8	370	1 070.8	381	0.352 6	351	0 706.6	378	39.61	106	0.367 4
ck1	69	1 132.1	69	0.334 1	69	0 736.6	69	41.83	69	0.344 1
ck2	72	0 966.0	72	0.329 3	72	0 746.3	72	39.69	72	0.356 0

从表 4 前 8 位的无性系看, 表现非常速生的 367, 366, 370 和 351 等 4 个无性系树干纤维长度名列其中, 它们的基本体积质量均未在前 8 名之中。可以认为, 从被测无性系比较看, 营造纸浆林, 可以首先选用这 4 个无性系。其中, 366 无性系树干比例高, 冠幅小, 萌芽率特强, 特别适于高密度超短或短伐期营林。值得重视的是, 到目前为止, 69 杨是众多研究认为纤维性状最佳、最适于营造纸浆林的无性系^[7], 而在被测的新无性系中, 速生性显著优于 69 杨的 367 无性系^[8], 其纤维长度也优于 69 杨。

3 结论与建议

20 个无性系树干纤维长度为 0.966 0~1.143 0 mm, 均达到国际木材学会规定的中级纤维标准, 基本体积质量 0.318 8~0.368 2 g·cm⁻³。树枝条的纤维长度为 0.63~0.78 mm, 基本体积质量为 0.344 2~0.400 8 g·cm⁻³。在这 2 个主要纸浆材材性状上, 无性系间均具有显著或极显著的差异。纤维宽度和长度比等性状仅在树枝上存在极显著差异。

纤维长度和木材基本体积质量具有较高的遗传重复力 (0.473 7~0.833 3), 即作这些材性性状的选择有望得到一定的遗传增益。胸径生长量与树干基本体积质量存在中等程度的遗传负相关。木材性状间, 枝和干的纤维长度和基本体积质量均具有较高的遗传正相关。

所测定的黑杨派南方型 17 个新无性系从树干纤维长度、长宽比和木材基本体积质量等材性性状上看都可以用作营造优良的纸浆原料林, 它们均优于现在大面积栽植的 72 无性系。其中, 367, 366, 370 和 351 等无性系尤其突出, 它们的生长量远远超过目前制浆性能最佳的 69 杨, 纤维长度等性状则与此相当或超过它。这些无性系是营造培育纸浆材和纤维材为目标的短伐期林的首选无性系。它们在较大幅度提高木材产量的同时, 不同程度地提高了纤维材的质量。作为纸浆材和纤维材的原料, 除了所测性状外, 木浆得率是一个很重要的指标, 虽然它同木材基本体积质量相关, 在为定向培育纸浆材选择优良无性系时, 有必要开展这一性状的深入研究。

参考文献:

- [1] 施季森, 叶志宏. 杉木生长与材性联合遗传改良研究[J]. 南京林业大学学报, 1993, 17(1): 1-7.
- [2] 刘洪涛, 童再康, 刘力, 等. 杂种杨树纸浆用材良种材性的遗传变异和选择[J]. 浙江林学院学报, 1994, 11(1): 1-6.
- [3] Zobel B, Talbert J. *Applied Forest Tree Improvement*[M]. New York: John Wiley & Sons, 1984. 376-407.
- [4] 洪昌端, 沈辛作, 陈天霞, 等. 杉木种源木材密度的遗传变异与选择[J]. 浙江林学院学报, 1992, 9(3): 246-252.
- [5] 王明麻, 黄敏仁, 李火根, 等. 黑杨派新无性系研究 XI. 木材性状的遗传改良[A]. 王明麻. 美洲黑杨×小叶杨新无性系研究报告[C]. 北京: 中国林业出版社, 1988. 42-49.
- [6] 童再康, 郑勇平, 罗士元, 等. 黑杨派南方型新无性系纸浆材材性株内变异规律[J]. 浙江林学院学报, 2000, 17(4): 345-349.
- [7] 曹福亮, 吕士行, 徐锡增, 等. 南方型无性系制浆性能的研究[A]. 曹福亮. 黑杨派南方型无性系速生丰产技术论文集[C]. 北京: 学术期刊出版社, 1989. 111-121.
- [8] 童再康, 郑勇平, 罗士元, 等. 杨树工业用材林适生无性系的筛选[A]. 徐锡增. 杨树定向培育技术[C]. 北京: 中国林业出版社, 1997. 111-121.

- [9] 马育华. 植物数量遗传学基础[M]. 南昌: 江西人民出版社, 1978.
[10] 唐守正. 多元统计分析方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986.

Variations and heredity of paper pulpwood properties of new Aigeiros clones of southern type

TONG Zai-kang¹, ZHENG Yong-ping², LUO Shi-yuan³, YANG Hui-ping³, SHI Hong-zheng⁴

(1. Department of Resources and Environment, Zhejiang Forestry College Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Forest Station of Seeds and Nursery, Forestry Department of Zhejiang Province, Hangzhou 310004, Zhejiang, China; 3. Forest Enterprise of Linhai City, Linhan 317000, Zhejiang, China; 4. Forest Enterprise of Pan'an County, Pan'an 320040, Zhejiang, China)

Abstract: A systematic study made in Linhai on wood properties of paper pulpwood of 17 new clones and other 3 clones as a control shows that the fiber length in the trunk of these 20 clones ranges between 0.966 0 and 1.143 0 mm, which has met the standard laid down by the International Timber Society for the fiber of middle rank and the specific gravity of the trunk is from 0.318 8 to 0.368 2 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$; that the fiber length of branches ranges from 0.63 to 0.78 mm and their specific gravity is from 0.344 2 to 0.400 8 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$; that each clone differs from the other in timber properties either significantly or most significantly; and that both fiber length and specific gravity have a relatively high genetic repetition (0.473 7 ~ 0.833 3). Genetically speaking, DBH is moderately in negative correlation between timber properties. Such 4 clones among 17 new clones as 367, 366, 370 and 351 are very prominent in growth and wood properties, their growth and wood properties being superior to those of *Populus deltoides* cv. 'Lux' that is best in pulping at present. Therefore, these four clones are a top choice for establishing a short-rotation forest aimed at producing paper pulpwood and fiber wood.

Key words: *Populus*; wood property; specific gravity; fiber properties; clone; genetic variation; repetition; Aigeiros