

文章编号: 100F 1498(2002) 04 0450 07

# 黑杨派新无性系木材物理力学性质研究

童再康<sup>1</sup>, 俞友明<sup>2</sup>, 郑勇平<sup>3</sup>

(1. 浙江林学院资源与环境系, 浙江 临安 311300; 2. 浙江林学院林产工业系, 浙江 临安 311300

3. 浙江省林业局种苗总站, 浙江 杭州 310004)

**摘要:** 伐取浙江临海无性系试验林 5 年生 10 个速生黑杨新无性系 30 个样株, 测定木材的物理力学性质。结果表明, 其木材密度高于同地区速生杉木、柳杉 10 年生木材的测定值, 力学性质与之相近; 木材物理性质在速生无性系间无显著差异, 而力学性质差异显著或极显著; 木材密度与力学性质显著相关, 而木材性质与胸径生长相独立; 参试无性系中 367、366、370、1388、121 等无性系最适于营建短伐期工业用材林。

**关键词:** 杨树; 无性系; 木材材性; 物理性质; 力学性质

中图分类号: S781.3

文献标识码: A

木材性状的遗传改良工作已在国内外主要用材树种上广泛开展, 并取得了显著成效<sup>[1-4]</sup>。在杨属(*Populus*) 树种育种与栽培上, 材性与生长性状一样作为重要的选择指标之一。王明庥等<sup>[5]</sup>开展了美洲黑杨(*Populus deltoides* Bartr.) 与小叶杨(*P. simonii* Carr.)、欧洲黑杨(*P. nigra* L.) 杂种 F<sub>1</sub> 代的材性改良工作, 分析其 F<sub>1</sub> 无性系的木材基本密度、纤维长度和微纤丝角等性状, 发现它们均具有广阔的遗传基础。曹神亮等<sup>[6]</sup>测定了 69 杨(*P. deltoides* Bartr. cv. 'Lux' (I- 69/55)) 和 72 杨(*P. × euramericana* (Dode) Guinier cv. 'San martino' (I- 72/58)) 2 个品系在不同林分密度下的木材物理、力学性质变化。作者自 1990 年开展黑杨派(Aigeiros) 南方型新无性系引种栽培及其工业适用性研究。在单位时间内培育出优质、高产、高效的特用林分是黑杨派新无性系引种、选择与定向培育的目标。经苗期测定与选择、多地点造林试验, 从参试的 60 个新无性系中选择出了 1388、367、366、370、351、121、106、50、725 和 S<sub>1-8</sub> 共 10 个速生新无性系, 其速生性和选择增益十分明显<sup>[7]</sup>。然而, 这些速生新无性系的材性情况仅研究了一些与木材制浆性能相关的指标<sup>[5,8]</sup>, 其力学性质方面的研究还未见报道。随着木材利用途径的不断扩大, 有必要研究木材的物理力学性质。为此, 本文报道了 10 个速生新无性系的物理力学性质测定结果, 目的是为新无性系的工业适用性研究提供木材学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试材的采集与加工

测定材料采自浙江省临海市黑杨派南方型新无性系测定林(5 年生), 试验林概况详见文

收稿日期: 2001-11-19

基金项目: “八五”国家科技攻关项目子项目(85-17-02)和浙江省林业厅、教育厅资助项目

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

献[7]。按照国家标准《木材物理力学性质试验方法》GB1927—1943—80所规定的方法<sup>[9]</sup>,在3个试验区组中各取1株标准木,共伐30株样木,其概况见表1。样木经自然干燥,按测试要求加工成不同规格的试件1080个,再经自然干燥,测定试件含水量。

表1 测试样木基本情况

无性系	来源	树高/m	胸径/cm	材积/m <sup>3</sup>	冠幅/m	枝下高/m
1388	69 杨×45 杨	17.0	19.7	0.243 8	4.6	3.0
367	美洲黑杨	16.2	18.5	0.206 4	4.3	2.9
370	69 杨×63 杨	16.2	18.3	0.202 0	4.3	2.9
366	美洲黑杨	14.0	18.9	0.190 8	4.2	2.9
351	69 杨×63 杨	13.8	18.5	0.180 6	4.3	3.0
121	69 杨×小叶杨	15.0	18.2	0.187 3	4.4	2.6
106	69 杨×小叶杨	15.3	16.7	0.160 3	4.0	2.8
50	美洲黑杨	14.1	17.6	0.166 4	4.4	2.7
725	美洲黑杨	14.1	17.9	0.172 1	4.6	2.6
S <sub>1-8</sub>	欧美杨	13.7	17.8	0.166 2	4.5	2.5

注:①样木树龄为5a;②表中45杨(*P. nigra* L. cv. 45)、63杨(*P. deltoides* Bartr. cv. 'Harvard' (1-63/51))、欧美杨(*P. × eurameriana* (Dode) Guineir)

## 1.2 测试内容与方法

测试的主要物理力学性质包括:气干密度、基本密度、干缩系数(弦向、径向和体积)、静力抗弯曲弹性模量、静力抗压强度和顺纹抗压强度共8个指标。测试的方法按照GB 1927—1943—80《木材物理力学性质试验方法》的有关规定进行。力学性质测试均在济南材料试验机厂制造的4T木材万能力学试验机上进行,共作了1755次测试。

试验数据的统计分析参照文献[3,10]。

## 2 结果与分析

### 2.1 黑杨派新无性系木材物理力学性质

分别计算各无性系各指标测定值的平均数( $\bar{X}$ )、标准差( $S_x$ )、变异系数( $V$ )和准确指数( $P$ ),列于表2。可见,各无性系各指标测定的 $P$ 值均在5.4%以下。其中大于5.0%的仅2个(占2.5%)。气干密度和基本密度的 $P$ 值均在2%以下,除了径向干缩系数的 $P$ 值相对较高外,其余指标的 $P$ 值都在3%以下。可以认为,这批测定数据的可靠性较高。各无性系气干密度的均值变动于 $0.396\ 1\sim 0.432\ 8\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,极差为 $0.036\ 7\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。其中,121无性系最高。基本密度与此相似,变动于 $0.318\ 6\sim 0.350\ 6\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,极差达 $0.032\ 0\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。该结果与王明麻等所得的结果相吻合<sup>[5]</sup>。二种密度值稍高于同地区的10年生柳杉(*Cryptomeria fortunei* Hooibrenk)和10年生杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.),而与11年生小叶杨、加杨(*P. canadensis* Moench)基本一致<sup>[11]</sup>。

干缩系数是反映木材在干燥过程中收缩程度的一个指标,它与木材中射线细胞的数量与分布有关。其中,弦向干缩系数为 $0.241\ 5\%\sim 0.270\ 8\%$ ,121、725和1388相对较高( $0.266\ 3\%\sim 0.270\ 8\%$ );径向干缩系数小于弦向干缩系数,其值为 $0.086\ 1\%\sim 0.120\ 1\%$ 。其中,S<sub>1-8</sub>、50和106这3个无性系较小( $0.086\ 1\%\sim 0.096\ 6\%$ );体积干缩系数为 $0.355\ 5\%\sim 0.409\ 3\%$ ,它与径向相似,以50、S<sub>1-8</sub>和106较小( $0.355\ 5\%\sim 0.359\ 1\%$ )。同加杨、小叶杨相比,上述三个指

表2 速生黑杨派新无性系木材物理力学性质

无性系号	试样数 / 个	测试项目	平均值	标准差	变异系数 / %	准确指数 / %	测试项目	平均值	标准差	变异系数 / %	准确指数 / %
106	15		0.3961	0.0047	4.61	1.19		1.3186	0.0035	4.24	1.10
121	10		0.4328	0.0083	6.08	1.92		0.3506	0.0056	5.02	1.59
1388	10	气	0.4032	0.0046	3.59	1.13		0.3331	0.0045	4.30	1.36
50	15	干	0.4148	0.0051	4.80	1.24	基	0.3362	0.0044	5.03	1.30
351	15	密	0.3973	0.0041	3.98	1.03	本	0.3223	0.0038	4.52	1.17
366	15	度	0.4179	0.0049	4.54	1.17	密	0.3431	0.0039	4.42	1.14
367	15	/	0.4231	0.0071	6.46	1.67	度	0.3470	0.0063	6.98	1.80
370	15	$g \cdot cm^{-3}$	0.4145	0.0024	2.24	0.58	/	0.3443	0.0022	2.49	0.64
725	10		0.4241	0.0049	3.66	1.16	$g \cdot cm^{-3}$	0.3400	0.0301	2.92	0.93
S <sub>1-8</sub>	15		0.3980	0.0040	3.89	1.01		0.3221	0.0034	4.14	1.07
均值			0.4122					0.3357			
106	15		0.2563	0.0071	10.70	2.76		0.0909	0.0030	12.91	3.34
121	10		0.2671	0.0078	9.18	2.90		0.1201	0.0057	15.04	4.75
1388	10	弦	0.2663	0.0021	2.48	0.78	径	0.1182	0.0603	16.82	5.32
50	15	向	0.2492	0.0057	9.09	2.34	向	0.0966	0.0031	12.31	3.18
351	15	干	0.2585	0.0089	13.39	3.46	干	0.1131	0.0051	17.46	4.51
366	15	缩	0.2415	0.0064	10.18	2.63	缩	0.1082	0.0030	10.87	2.81
367	15	系	0.2497	0.0074	11.43	2.95	系	0.1105	0.0041	14.41	3.72
370	15	数	0.2555	0.0045	6.88	1.77	数	0.1159	0.0062	20.87	5.39
725	10	/	0.2708	0.0052	6.07	1.92	/	0.1181	0.0056	15.04	4.70
S <sub>1-8</sub>	15	%	0.2473	0.0039	6.16	1.59	%	0.0861	0.0038	16.91	4.36
均值			0.2556					0.1084			
106	15		0.3591	0.0087	16.91	2.41	静	5.62	0.094	6.26	1.63
121	10		0.3875	0.0104	9.34	2.69	力	6.85	0.027	12.42	3.93
1388	10	体	0.4093	0.0067	8.49	1.64	抗	7.69	0.378	15.57	4.92
50	15	积	0.3555	0.0071	5.18	1.99	弯	6.44	0.234	14.09	3.64
351	15	干	0.3914	0.0129	7.71	3.30	曲	6.83	0.200	10.96	2.93
366	15	缩	0.3732	0.0070	12.78	1.89	弹	7.86	0.259	11.85	3.29
367	15	系	0.3871	0.0100	7.31	2.57	性	8.57	0.304	13.76	3.55
370	15	数	0.3867	0.0097	9.96	2.49	模	8.51	0.215	9.79	2.53
725	10	/	0.3990	0.0133	9.67	3.35	量/	6.59	0.167	8.01	2.53
S <sub>1-8</sub>	15	%	0.3567	0.0081	7.92	2.27	GPa	5.27	0.146	10.73	2.77
均值			0.3809					7.02			
106	15		52.90	1.686	11.93	3.19		22.82	0.337	5.72	1.48
121	10		58.47	7.267	3.93	1.24		25.31	0.421	5.26	1.66
1388	10	静	51.05	1.190	7.37	2.33	顺	24.96	0.599	7.59	2.40
50	15	力	53.87	1.540	11.07	2.86	纹	23.92	0.546	8.83	2.28
351	15	抗	52.12	1.188	8.53	2.28	抗	24.07	0.500	8.04	2.08
366	15	压	55.61	2.376	15.40	4.27	压	26.18	0.474	7.01	1.81
367	15	强	56.75	1.003	6.85	1.77	强	26.62	0.575	8.36	2.16
370	15	度	54.36	1.230	8.77	2.26	度	27.26	0.542	7.69	1.99
725	10	/	55.13	1.452	8.33	2.63	/	24.34	0.217	2.82	0.89
S <sub>1-8</sub>	15	MPa	48.15	0.546	4.39	1.14	MPa	21.42	0.258	4.66	1.20
均值			53.84					24.69			

标均较低,也略小于各地杉木、柳杉的测定值<sup>[11]</sup>。静力抗弯曲弹性模量在无性系间变动于 5.27~8.57 GPa,其中 S<sub>1-8</sub>和 106 偏低,367、370、366 和 1388 4 个无性系较高,表现出较好的木材力学性质。该测定值与小叶杨、柳杉相近,而略小于杉木<sup>[11]</sup>。静力抗压强度变动于 48.15~58.47 MPa, 121 最高, S<sub>1-8</sub>最低。顺纹抗压强度为 21.42~27.26 MPa, S<sub>1-8</sub>、106 和 50 较低,而 370、367、366、121、1388 较高。这 2 个指标值略低于小叶杨、杉木的测定值,而与柳杉的测定值基本一致<sup>[11]</sup>。

## 2.2 黑杨派新无性系木材物理力学性质的指标等级

木材密度是木材物理性质中最重要的指标,它又是影响木材力学性质的重要参数;干缩系数是衡量木材尺寸稳定性及其干缩不均匀性的主要指标;木材的力学性质则是木材实际应用时的最主要参数。根据木材物理性质等级 5 级划分法与力学性质 3 级划分法<sup>[9]</sup>,将参试的 10 个无性系木材等级划分结果列于表 3。表中同时列入了浙江省杉木人工林<sup>[12]</sup>(以下简称速生杉木)木材的物理力学性质测定结果以作比较。

表 3 黑杨派新无性系木材物理力学性质品质等级

无性系号	气干密度/ (g·cm <sup>-3</sup> )		干缩不均匀性和干缩程度					顺纹抗压 极限强度/ MPa	静力抗弯曲		顺纹抗压和 静力抗弯曲 总和等级
			干缩系数/%		干缩不均 匀性等级	体积干缩 系数/%	干缩 等级		极限强 度/MPa	弹性模量/ GPa	
	平均值	等级	径向	弦向							
106	0.396 1	小	0.090 9	0.256 3	很大	0.359 1	小	22.82	52.90	5.62	不高
121	0.432 8	小	0.120 1	0.267 1	大	0.387 5	小	25.31	54.87	6.84	不高
1388	0.403 2	小	0.118 2	0.266 3	中	0.409 3	小	24.96	51.05	7.69	不高
50	0.414 8	小	0.096 6	0.242 9	大	0.355 5	小	23.92	53.87	6.44	不高
351	0.397 3	小	0.113 1	0.258 5	大	0.391 4	小	24.07	52.12	6.83	不高
366	0.417 9	小	0.108 2	0.241 5	大	0.373 2	小	26.18	55.61	7.86	不高
367	0.423 1	小	0.110 5	0.249 7	大	0.387 1	小	26.62	56.75	8.57	不高
370	0.414 5	小	0.115 9	0.255 5	中	0.386 7	小	27.26	54.36	8.31	不高
725	0.424 1	小	0.118 1	0.270 8	大	0.399 0	小	24.34	55.13	6.59	不高
S <sub>1-8</sub>	0.398 0	小	0.086 1	0.247 3	很大	0.356 7	小	21.42	48.15	5.27	不高
速生杉木*	0.3450	小	0.136 0	0.279 6	中	0.444 0	小	28.00	57.00	8.50	不高

注:测定用速生杉木木材年龄为 14 a,详情参见参考文献[12]。

比较各无性系和同类地区 14 年生速生杉木的木材测定值(表 3)发现,虽然新无性系的气干密度均属“小”等级,但高于速生杉木(高 14.8%~25.4%);体积干缩系数均属“小”等级,且均低于速生杉木(低 7.82%~19.66%);干缩不均匀性等级属“中”至“很大”,其中 S<sub>1-8</sub>和 106 无性系的木材干缩性能较差,而 1388 和 370 无性系相对要好。从力学性质看,顺纹抗压和静力抗弯曲(弦向)总和的等级属“不高”级,可以认为它们与速生杉木一样,力学强度均不大。从各指标值综合比较看,370、367、366 无性系与速生杉木基本一致,1388、121、725 无性系略低,而 S<sub>1-8</sub>、106、50 无性系要低一些。

## 2.3 木材物理力学性质在无性系间的差异显著性

为进一步检验各项物理力学性质在无性系间的差异显著性,分别各个指标作方差分析,结果列于表 4。

表 4 黑杨派新无性系木材物理力学指标方差分析结果

指标名称	变异来源	自由度	均方	F 值	$F_{\alpha}$
气干密度	无性系间	9	0.000 498 8	1.50	$F_{0.01} = 2.00$
	机误	18	0.000 333 3		
基本密度	无性系间	9	0.000 387 4	1.61	$F_{0.05} = 2.46$
	机误	18	0.000 240 0		
弦向干缩系数	无性系间	9	0.000 316 6	1.50	$F_{0.01} = 3.60$
	机误	18	0.000 211 3		
径向干缩系数	无性系间	9	0.000 499 8	2.99*	$F_{0.01} = 3.60$
	机误	18	0.000 167 2		
体积干缩系数	无性系间	9	0.000 987 4	1.51	
	机误	18	0.000 654 0		
静力抗弯曲弹性模量	无性系间	9	379.199 7	13.77**	
	机误	18	27.532 9		
静力抗压强度	无性系间	9	2 630.00	3.79**	
	机误	18	694.00		
顺纹抗压强度	无性系间	9	943.305 6	5.25**	
	机误	18	179.527 8		

由表 4 可知, 木材密度在这 10 个速生无性系间差异未达到统计意义上的显著水平, 该结果不同于以往的研究<sup>[1 5, 8]</sup>, 究其原因可能与所取材料均属同一生长速率有关, 众多研究已发现木材密度与胸径生长是相关的<sup>[1 5, 8]</sup>。木材干缩系数也仅径向有显著差异。与此相反, 3 个力学性质在无性系间均有极显著差异, 即它们在力学强度上存在极显著的分化。由 LSR 多重比较知, 367、366、1388、121 和 370 这 5 个无性系的力学性质明显优于 S<sub>1-8</sub>和 106 无性系, 351、50、725 无性系居中等水平。

#### 2.4 木材物理力学性状与生长性状间的相关

因参试无性系数目较少, 仅计算 8 个材性性状和胸径共 9 个性状间的表型相关系数, 结果汇于表 5。

表 5 各物理力学指标及其胸径间相关系数

指标	基本密度	弦向干缩	径向干缩	体积干缩	弹性模量	抗弯强度	抗压强度	胸 径
气干密度	0.939 8**	0.179 2	0.510 2	0.299 9	0.457 1	0.723 3*	0.612 9	-0.141 9
基本密度		0.087 2	0.605 7	0.386 7	0.699 3*	0.719 7	0.807 2**	-0.031 9
弦向干缩			0.647 0*	0.726 7*	-0.020 3	-0.025 3	0.035 8	-0.080 2
径向干缩				0.940 3**	0.677 3*	0.339 7	0.698 8*	-0.038 0
体积干缩					0.576 2	0.229 9	0.524 0	0.071 4
弹性模量						0.602 9	0.958 3**	0.065 4
抗弯强度							0.658 4*	-0.241 7
抗压强度								-0.058 7

注:  $R_{0.05} = 0.631 9$ ,  $R_{0.01} = 0.764 6$ 。

由表 5 可见, 2 个木材密度间呈极显著相关, 它们与 3 个木材力学性状间多数呈显著相关或极显著相关, 相关系数变动于 0.457 1 ~ 0.807 2。其中基本密度与 3 个力学性状均具有显

著或极显著相关。可见,测定木材基本密度更优于气干密度。3个木材干缩系数间呈显著或极显著相关,但它们同2个木材密度和3个力学强度性状几乎不呈显著相关。所有材性性状与胸径生长量间均无显著相关,其相关系数为 $-0.2417 \sim 0.0714$ 。综合考虑表1中无性系的生长量差异和上述相关分析结果,可以认为对这些无性系速生性作进一步的选择不会造成其木材物理力学性质的总体水平下降。

### 3 结论与讨论

从所测定的10个速生黑杨派新无性系木材物理、力学性质看,木材密度属“小”等级,综合力学性质属“不高”等级,而干缩等级属“小”、干缩不均匀性等级属“中”至“很大”范围。相比之下,5年生黑杨派速生无性系木材与同地区10余年生的杉木、柳杉人工林的木材材性相似,其中,新无性系的木材密度还要高些。此外,木材密度同力学性质指标呈显著相关,而木材物理力学性质同胸径生长均无显著相关。然而,木材材性是木材年龄相关的性状,5年生仅达到中等级木材,到10~12a左右达到大径材时,其木材物理力学性质将有待于进一步研究。

许多研究已发现,木材密度是与木材物理力学性质直接相关的综合性材性指标。在本次测定中,2种木材密度在10个被测无性系间具有一定的差异,但未达到统计意义上的显著水平。这可能与被测无性系均属速生型以及重复数较少有关。此外,木材密度与胸径生长量间的不相关,其原因可能主要与所取的无性系均属速生型有关。可见,要全面了解性状间的相关,尤其是遗传相关,需要选择不同生长速度的无性系样本作生长与材性的测定与分析。

木材性质关系到木材的利用和加工技术。近年在南方地区,杨树木材也已成为主要工业用材之一。在开展杨树定向培育时,需要根据不同的培育目标来选择不同材性的无性系。其中,与木材物理、力学性质直接相关的是生产细木工板材为目标的短周期工业用材林定向培育,它要求木材的力学性能要好、干缩相对要小。从本试验测定结果看,可以选用367、366、370、1388、121等物理力学性质较优良的速生无性系。

### 参考文献:

- [1] 叶志宏,施季森. 杉木木材材性的遗传和变异研究 I. 材性性状的株内变异及取样方法[J]. 南京林业大学学报, 1987, 11(3): 1~11
- [2] 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
- [3] Zobel B, Talbot 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]. 见: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] 曹福亮. 林分密度对南方型杨树木材性质的影响[A]. 见:徐锡增. 杨树定向培育技术[C]. 北京:中国林业出版社, 1997. 148~151
- [7] 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]. 见:徐锡增. 杨树定向培育技术[C]. 北京:中国林业出版社, 1997. 111~121
- [8] 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变异与遗传[J]. 浙江林学院学报, 2001, 18(1): 21~25
- [9] GB 1927-1943-93, 木材物理力学性质试验方法[S]
- [10] 马育华. 植物数量遗传学基础[M]. 南昌:江西人民出版社, 1978
- [11] 中国林业科学研究院木材工业研究所. 中国主要树种的木材物理力学性质[M]. 北京:中国林业出版社, 1982

[12] 杨云芳, 马灵飞, 俞有明, 等. 浙江速生杉木物理力学性质的研究[J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(4): 371-377

## A Study on Timber Physical and Mechanical Properties of New Aigeiros Clones

TONG Zai-kang<sup>1</sup>, YU You-ming<sup>1</sup>, ZHENG Yong-ping<sup>2</sup>

(1. Department of Resources and Environment, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China;

2. Department of Forest Product Industry, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China;

3. Forest Station of Seeds and Nursery, Forestry Department of Zhejiang Province, Hangzhou 310004, Zhejiang, China)

**Abstract:** Thirty individual trees of 10 five year old fast growing, new Aigeiros clones were felled from an experimental plantation in Linhai, Zhejiang Province to make measurements on physical and mechanical properties of the timber. It is showed that the timber density of the poplar is higher than those of 10-year old *Cunninghamia lanceolata* and *Cryptomeria fortunei* growing fast in the same region, while the mechanical properties are similar among tree species, there is no significant difference among clones in timber physical properties and there is significant or most significant difference among clones in mechanical properties. It is also revealed that timber density is in close correlation with mechanical properties, while timber properties are independent of DBH. Among the clones tested, clones 367, 366, 370, 1388 and 121 are suitable to be used in the establishment of a short-rotation industrial timber forest.

**Key words:** poplar; clones; wood properties; physical properties; mechanical properties