

## 白花泡桐材色优良单株的选择

邱乾栋, 莫文娟, 王楠, 叶金山, 乔杰, 李芳东\*

(国家林业局泡桐研究开发中心, 河南 郑州 450003)

关键词: 白花泡桐; 材色; 选择; 亨特白度

中图分类号: S792.43

文献标识码: A

### Selection of Excellent Wood Color *Paulownia fortunei* Individuals

QIU Qian-dong, MO Wen-juan, WANG Nan, YE Jin-shan, QIAO Jie, LI Fang-dong

(Paulownia Research and Development Center of State Forestry Administration, Zhengzhou 450003, He'nan, China)

**Abstract:** *Paulownia* wood is of great quality, but the wood stain is easily occurred after sawing. 29 *Paulownia fortunei* trees which have excellent growing properties were selected by properties of wood color, 5 indexes were used to compare and analyze the wood color, including psychometric lightness, red degree, yellow degree, color difference and Hunter whiteness. The result shows that the differences of each index among individuals reach to an extremely significant level. It is concluded that certain potentiality exists in excellent selection from individuals. The Cluster analysis of all individuals with the 5 indexes was did by median method, 5 individuals which prior clustered together: superior *fortunei* 4, superior *fortunei* 25, superior *fortunei* 5, superior *fortunei* 3 and superior *fortunei* 2 were selected, the selection rate is 17.24%. The Hunter whiteness and psychometric lightness values of individuals selected were significantly higher than other clusters, the color difference were significantly lower than other clusters, the red degree and yellow degree were in the middle, the average Hunter whiteness values of individuals selected reached to 75.060, the selection differential was 3.818, selection intensity was 1.297. These individuals have excellent color properties, superior stem form and no disease, can be widely applied in the production.

**Key words:** *Paulownia fortunei*; wood color; selection; Hunter whiteness

泡桐 (*Paulownia* sp.) 为良好的用材林树种, 其材质轻软, 易加工和干燥, 尺寸稳定性好, 很少开裂和变形, 材质浅白, 且有独特的丝绢光泽, 但其缺点是生材锯解后, 在存放、加工和使用过程中, 其表面经常出现深褐色或黑褐色色斑, 严重损害了成材和制品的外观质量, 对其经济价值会造成很大影响<sup>[1-3]</sup>。因此, 对其材色性状进行改善, 对于提高桐材产品质量具有重要意义。

以往对泡桐木变色的研究, 大多集中在变色机理的探讨和变色的预防及消除等方面<sup>[4-8]</sup>, 对于泡桐遗

传育种的研究多集中在生长量、适应性、干形等方面的变异和改良上<sup>[9-13]</sup>, 优良材色选育方面的研究相对匮乏。武应霞等<sup>[14-15]</sup>研究发现泡桐不同种类间木材白度差异显著, 其中属白花泡桐 (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl.) 最优, 因此, 对材色的选优可以重点在白花泡桐群体中进行选择。另外根据茹广欣<sup>[16-17]</sup>的研究, 不同泡桐无性系之间木材白度的差异也达到极显著水平, 王新建<sup>[18-19]</sup>发现泡桐材色性状表现为独立遗传, 与其它性状的相关性均不强, 因此, 泡桐材色改良有相当大的潜力, 可以在不同单株

收稿日期: 2013-03-20

基金项目: 十二科技支撑项目——抗逆生态树种泡桐新品种选育技术研究(2012BAD01B0602)

作者简介: 邱乾栋(1984—), 男, 山东聊城人, 博士研究生, 研究方向为经济林栽培育种。E-mail: 466322924@qq.com

\* 通讯作者: 研究员, 博士生导师, 主要从事泡桐、经济林育种与栽培研究

之间独立于其它性状直接进行选择。本研究以前期选择出的29株生长性状优良的白花泡桐为对象,对反映材色特性的各种指标(亨特白度、总色差、明度、变红度、变黄度)进行分析,比较不同单株间各材色指标的差异,并按照材色指标对所有单株进行聚类,从中选出材色性状优良的个体,为下一步泡桐优良无性系的选育提供重要依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验样品采集

本试验项目选用的材料是29株白花泡桐优树,采自全国6个省12个城市,这29株优树树干通直,生长旺盛且无病害,分枝角集中在 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 之间。详情如表1所示。

表1 供试材料

编号	采集地	树龄/a	树高/m	枝下高/m	胸径/cm	冠幅/m
白优1	湖北宜昌	12	14	6	40.7	7
白优2	湖南常德	25	15	8	63	12
白优3	湖南邵阳	35	23	10	105	18
白优4	湖南邵阳	10	15	8	37.5	
白优5	湖南邵阳	30	22	7	74	15
白优6	贵州凯里	18	15	5.5	45.7	12
白优7	贵州凯里	9	16	2	32	6
白优8	广西桂林	15	16	5	52	7
白优9	广西柳州	16	15	8	51.4	12
白优10	广西柳州	7	14	3.5	30	8
白优11	广西柳州	14	15	6	38.5	12
白优13	江西赣州	8	14	5	28	6
白优14	江西赣州	8	13	3	30	6
白优15	江西赣州	8	12	3	39	12
白优16	江西赣州	12	13	4	44	10
白优17	江西赣州	8	12	6	38	8
白优18	福建龙岩	11	15	8	31	9
白优19	福建南平	15	16	8	58	12
白优20	福建南平	12	18	6	30	7
白优21	福建南平	13	17	4	39.6	8
白优22	江西抚州	11	14	4	43.7	12
白优23	江西抚州	11	13	6	42.8	6
白优24	江西抚州	7	10	3.5	30.1	7
白优25	江西九江	8	14	6	34	7
白优26	江西九江	9	13	4	31.2	6
白优27	江西九江	11	13	4	48.4	12
白优28	江西九江	13	13	4.5	39.3	7
白优29	江西九江	12	12	3	52.6	10
白优30	江西九江	10	11	2	36.3	8

每个单株均在最低的一个分支上取1个6年生、生长正常、无明显应拉木现象的枝材,直径约7~

8 cm,从下端向上截取长约40 cm的一段。根据武应霞<sup>[14]</sup>的研究结论,6年生及以上的枝材材色与胸高处材色显著相关,且胸高处可代表整个树干,因此采集的6年生枝材可用来代表干材的材色。

### 1.2 样品处理与测定

1.2.1 样品处理 采集的6年生枝材放置1个月,用电锯沿径切面锯解成两个试样,每个试样加工成厚度2.5 cm的板材,将径切面刨光,自然状态下避光干燥8个月,之后在2012年10月集中进行测定。

1.2.2 测定方法 用北京光学仪器总厂生产的WSC-100型测色色差计,在每个试样径切面上,从端部开始,每隔2 cm选取一个点,测定出明度、变红度、变黄度、总色差和亨特白度。仪器采用D65标准光源,照明和观测几何条件为0/d(垂直入射/漫反射), $10^{\circ}$ 视场,测定所用探头直径为15 mm。

### 1.3 数据分析与处理

数据用Excel软件和SAS软件<sup>[20]</sup>进行整理和统计分析,对不同单株间测得的明度、变红度、变黄度、总色差和亨特白度5个指标用GLM模型进行方差分析和邓肯多重比较,用上述测定指标对不同单株进行Q型聚类分析,并对聚类后各类之间各个指标再次进行方差分析和邓肯多重比较。

## 2 结果与分析

泡桐材常见的缺陷是在浅白的表面上出现的深褐色或黑褐色色斑,严重影响视觉效果,而反映材色深浅的指标主要有明度、总色差和亨特白度,另外还有变红度、变黄度等。明度和亨特白度越高、总色差越小说明材色越浅,变红度和变黄度绝对值越低说明木材颜色在红绿色品轴和黄蓝色品轴上的偏移越小,越接近于中性色,视觉效果就越好,因此用这5项指标进行比较来反映材色的优劣。

### 2.1 不同单株各材色指标的差异性分析

对不同单株间测得的亨特白度、总色差、明度、变红度和变黄度5个指标用GLM模型进行方差分析和多重比较,由于变红度有负值,将其转化为绝对值后进行分析。

2.1.1 不同单株亨特白度的差异性分析 不同单株间亨特白度的总体差异达到极显著水平( $F = 31.96$ ,  $P < 0.0001$ )。从表2可以看出,亨特白度最高的几个单株是白优4、白优25、白优5、白优3和白优10,分别比平均值高出7.89%、6.13%、4.85%、4.84%和3.42%,超出平均值的部分分别达到标准差的1.909、

1.484、1.174、1.170 和 0.829 倍;最低的几个单株是 低于平均值的部分分别为标准差的 2.502、1.943、白优 28、白优 14、白优 6、白优 30 和白优 8,分别低于 1.917、1.256 和 0.815 倍。平均值 10.34%、8.03%、7.92%、5.19% 和 3.37% ,

表2 不同白花泡桐单株亨特白度多重比较(邓肯法)

编号	亨特白度 平均值 ± 标准差	邓肯分组	编号	亨特白度 平均值 ± 标准差	邓肯分组	编号	亨特白度 平均值 ± 标准差	邓肯分组
白优 4	76.863 ± 1.261	a	白优 19	72.172 ± 1.07	defgh	白优 9	70.768 ± 1.395	hijk
白优 25	75.613 ± 1.118	ab	白优 1	72.169 ± 0.926	defgh	白优 27	70.264 ± 1.281	ijkl
白优 5	74.7 ± 1.901	bc	白优 18	72.046 ± 1.657	defgh	白优 15	69.461 ± 2.671	jkl
白优 3	74.687 ± 2.042	bc	白优 17	71.983 ± 0.868	defgh	白优 29	69.229 ± 1.352	kl
白优 10	73.683 ± 1.347	cd	白优 26	71.917 ± 0.825	efghi	白优 8	68.841 ± 2.119	lm
白优 2	73.436 ± 1.556	cde	白优 23	71.362 ± 0.938	fghi	白优 30	67.542 ± 2.167	m
白优 11	72.819 ± 1.865	def	白优 7	71.157 ± 0.586	fghi	白优 6	65.596 ± 2.943	n
白优 22	72.702 ± 1.759	defg	白优 13	71.054 ± 1.394	ghij	白优 14	65.522 ± 3.364	n
白优 21	72.463 ± 1.193	defgh	白优 20	70.923 ± 1.002	hij	白优 28	63.874 ± 2.337	o
白优 16	72.24 ± 1.13	defgh	白优 24	70.923 ± 1.687	hij			

2.1.2 不同单株总色差的差异性分析 对总色差进行方差分析,不同单株间总色差的总体差异达到极显著水平( $F = 29.75, P < 0.0001$ )。从表3可以看出,总色差最低的几个单株是白优4、白优25、白优10、白优19和白优5,分别比全部单株平均色差低22.02%、16.88%、12.17%、10.04%和10.00% ,

低于平均值的部分分别为标准差的1.827、1.401、1.010、0.833和0.830倍;最高的几个单株是白优28、白优6、白优14、白优8和白优7,分别超过平均值32.31%、30.13%、14.60%、13.20%和8.28% ,高于平均值的部分分别为标准差的2.681、2.501、1.212、1.095和0.687倍。

表3 不同白花泡桐单株总色差多重比较(邓肯法)

编号	总色差 平均值 ± 标准差	邓肯分组	编号	总色差 平均值 ± 标准差	邓肯分组	编号	总色差 平均值 ± 标准差	邓肯分组
白优 28	28.402 ± 1.894	a	白优 27	22.102 ± 0.889	def	白优 11	20.11 ± 1.677	ghijk
白优 6	27.935 ± 2.213	a	白优 17	21.529 ± 1.26	efg	白优 16	19.928 ± 1.03	hijk
白优 14	24.602 ± 2.74	b	白优 18	21.231 ± 1.428	fgh	白优 3	19.747 ± 1.974	hijk
白优 8	24.3 ± 1.768	bc	白优 24	20.989 ± 1.453	fghi	白优 22	19.612 ± 1.226	ijk
白优 7	23.245 ± 0.73	bcd	白优 26	20.938 ± 0.795	fghi	白优 5	19.32 ± 1.567	jk
白优 30	23.154 ± 1.733	cd	白优 23	20.868 ± 0.814	fghi	白优 19	19.312 ± 1.017	jk
白优 29	22.966 ± 1.554	cde	白优 20	20.822 ± 0.989	fghij	白优 10	18.854 ± 1.649	kl
白优 1	22.769 ± 1.484	de	白优 21	20.318 ± 1.075	ghijk	白优 25	17.844 ± 0.638	lm
白优 9	22.274 ± 1.603	def	白优 13	20.253 ± 1.292	ghijk	白优 4	16.74 ± 0.727	m
白优 15	22.211 ± 2.645	def	白优 2	20.165 ± 1.138	ghijk			

2.1.3 不同单株明度值的差异性分析 不同单株间明度的总体差异达到极显著水平( $F = 35.28, P < 0.0001$ )。从表4可以看出,明度最高的几个单株是白优4、白优3、白优25、白优5和白优1,超出均值6.27%、5.35%、4.98%、4.83%和3.67% ,超出平均值的部分分别达到标准差的1.702、1.453、1.352、1.312和0.996倍;最低的几个单株是白优14、白优28、白优30、白优6和白优15,分别低于平均值8.50%、8.00%、5.83%、4.84%和2.92% ,低于平均值的部分分别为标准差的2.306、2.172、1.581、1.312和0.792倍。

2.1.4 不同单株变红度的差异性分析 表5表明,

虽然不同单株之间变红度总体差异达到极显著水平( $F = 5.21, P < 0.0001$ ),但是很多单株之间差异并不显著,如变红度最高的白优17、白优18、白优24、白优6、白优20、白优11、白优21、白优3、白优27、白优28和白优29这11个单株之间差异均没有达到显著水平,变红度绝对值相对最低的白优5、白优30、白优7、白优2、白优15、白优4、白优22、白优13、白优23、白优19、白优1、白优26、白优10和白优14之间差异也没有达到显著水平。从分布范围上来看,变红度分布极差只有4.914,其绝对值分布的极差更小,只有3.015,比另外几个指标分布范围小很多。

表4 不同白花泡桐单株明度值多重比较(邓肯法)

编号	明度 平均值 ± 标准差	邓肯分组	编号	明度 平均值 ± 标准差	邓肯分组	编号	明度 平均值 ± 标准差	邓肯分组
白优4	85.166 ± 1.588	a	白优18	81.34 ± 1.577	efgh	白优20	79.072 ± 1.205	jkl
白优3	84.43 ± 1.628	ab	白优21	81.206 ± 1.189	efgh	白优13	78.746 ± 1.214	kl
白优25	84.133 ± 1.303	abc	白优22	80.909 ± 1.865	fgh	白优8	78.659 ± 2.242	kl
白优5	84.014 ± 1.753	abc	白优26	80.82 ± 1.101	fghi	白优29	78.119 ± 1.021	l
白优1	83.083 ± 0.956	bcd	白优16	80.444 ± 1.056	fghij	白优15	77.803 ± 2.202	l
白优2	82.711 ± 2.054	cde	白优9	80.098 ± 1.413	ghijk	白优6	76.266 ± 3.203	m
白优10	81.836 ± 0.868	def	白优23	79.814 ± 0.896	hijk	白优30	75.472 ± 2.191	m
白优7	81.683 ± 0.967	defg	白优19	79.776 ± 0.957	hijk	白优28	73.728 ± 2.471	n
白优11	81.582 ± 1.631	defg	白优24	79.201 ± 1.649	ijkl	白优14	73.332 ± 3.384	n
白优17	81.525 ± 0.477	defg	白优27	79.119 ± 1.564	jkl			

表5 不同白花泡桐单株变红度(绝对值)多重比较(邓肯法)

编号	变红度(绝对值) 平均值 ± 标准差	邓肯分组	编号	变红度(绝对值) 平均值 ± 标准差	邓肯分组	编号	变红度(绝对值) 平均值 ± 标准差	邓肯分组
白优17	3.887 ± 1.677	a	白优29	2.731 ± 1.195	abcdefg	白优23	1.649 ± 0.838	fghijk
白优18	3.58 ± 1.563	ab	白优25	2.451 ± 1.238	bcdefgh	白优13	1.639 ± 1.16	fghijk
白优24	3.261 ± 1.126	abc	白优8	2.375 ± 1.223	bcdefghi	白优22	1.533 ± 1.008	ghijk
白优6	3.175 ± 1.674	abcd	白优16	2.276 ± 1.817	bcdefghij	白优4	1.519 ± 1.853	ghijk
白优20	3.061 ± 1.818	abcde	白优9	2.251 ± 1.178	cdefghij	白优15	1.386 ± 0.906	hijk
白优11	3.044 ± 1.662	abcde	白优14	2.08 ± 1.175	cdefghijk	白优2	1.078 ± 1.29	ijk
白优21	2.967 ± 2.182	abcdef	白优10	2.056 ± 1.402	cdefghijk	白优7	0.982 ± 0.792	jk
白优3	2.902 ± 1	abcdef	白优26	1.952 ± 1.269	cdefghijk	白优30	0.978 ± 0.76	jk
白优27	2.885 ± 2.134	abcdef	白优1	1.85 ± 1.004	defghijk	白优5	0.872 ± 0.825	k
白优28	2.873 ± 1.138	abcdef	白优19	1.737 ± 0.905	efghijk			

2.1.5 不同单株变黄度的差异性分析 表6表明,不同单株间变黄度的总体差异达到极显著水平( $F=32.84, P<0.0001$ )。变黄度最高的几个单株白优6、白优1、白优7、白优28和白优8均显著高于其它单株,分别高于平均值31.32%、24.71%、23.11%、21.29%和16.22%,超出平均值的部分分

别达到标准差的2.337、1.843、1.724、1.588和1.210倍;变黄度最低的几个单株白优14、白优19、白优13和白优30彼此之间差异不显著,分别低于平均值19.87%、18.25%、17.13%和14.14%,低于平均值的部分为标准差的1.482、1.361、1.278、1.055和0.904倍。

表6 不同白花泡桐单株变黄度多重比较(邓肯法)

编号	变黄度 平均值 ± 标准差	邓肯分组	编号	变黄度 平均值 ± 标准差	邓肯分组	编号	变黄度 平均值 ± 标准差	邓肯分组
白优6	22.198 ± 0.868	a	白优18	17.608 ± 0.923	def	白优24	15.305 ± 1.3	ijkl
白优1	21.08 ± 1.887	ab	白优29	17.239 ± 1.653	defg	白优16	15.248 ± 1.165	ijkl
白优7	20.81 ± 1.33	bc	白优26	17.07 ± 1.512	defg	白优10	15.159 ± 1.921	ijkl
白优28	20.502 ± 1.302	bc	白优27	16.78 ± 1.828	efgh	白优4	15.081 ± 1.212	ijklm
白优8	19.645 ± 1.361	c	白优11	16.45 ± 0.963	fghi	白优20	14.856 ± 1.657	jklm
白优9	18.175 ± 2.125	d	白优21	16.321 ± 1.568	fghi	白优30	14.513 ± 1.388	klmn
白优3	18.162 ± 1.263	d	白优23	16.175 ± 0.607	ghij	白优13	14.008 ± 1.022	lmn
白优17	18.045 ± 1.779	de	白优15	16.004 ± 1.833	ghij	白优19	13.819 ± 1.121	mn
白优5	17.662 ± 0.847	def	白优25	15.681 ± 0.446	hijk	白优14	13.546 ± 1.743	n
白优2	17.632 ± 1.702	def	白优22	15.431 ± 0.619	ijk			

总体看来,不同单株间亨特白度、总色差和明度的差异均达到极显著水平( $P < 0.0001$ ),从各个指标的分布范围来看,亨特白度、总色差和明度的变异幅度比较大,极差分别达到12.989、11.662和11.834,而变红度和变黄度变化范围相对较小,极差分别为4.914(变红度绝对值极差为3.015)和8.653。

同时可以发现,用不同指标对材色进行排序,得到的结果不同,但是某些指标之间得出的排序结果有一定相似性。亨特白度高的单株普遍明度值高且总色差较低,如亨特白度最高的单株是白优4,色差最低的也是白优4,明度值最高的同时也是白优4;而用肉眼观察材色最差的白优14、白优28等单株,

亨特白度值和明度值在所有单株中属最低,总色差也最大(表2、3、4)。变红度和变黄度两个指标与其它指标的关系并不明显,如白优28和白优14材色都比较差,但白优28变黄度很高,而白优14在所有单株中变黄度却属最低(表6)。

### 2.2 不同白花泡桐单株材色的聚类分析和综合选择

2.2.1 不同白花泡桐单株材色的聚类分析 为进一步比较出材色的总体差异,用明度、变红度、变黄度、总色差和亨特白度5个指标,其中变红度取绝对值,采用Z score法进行标准化后用中间距离法对29个白花泡桐单株进行聚类分析,结果如图1所示。

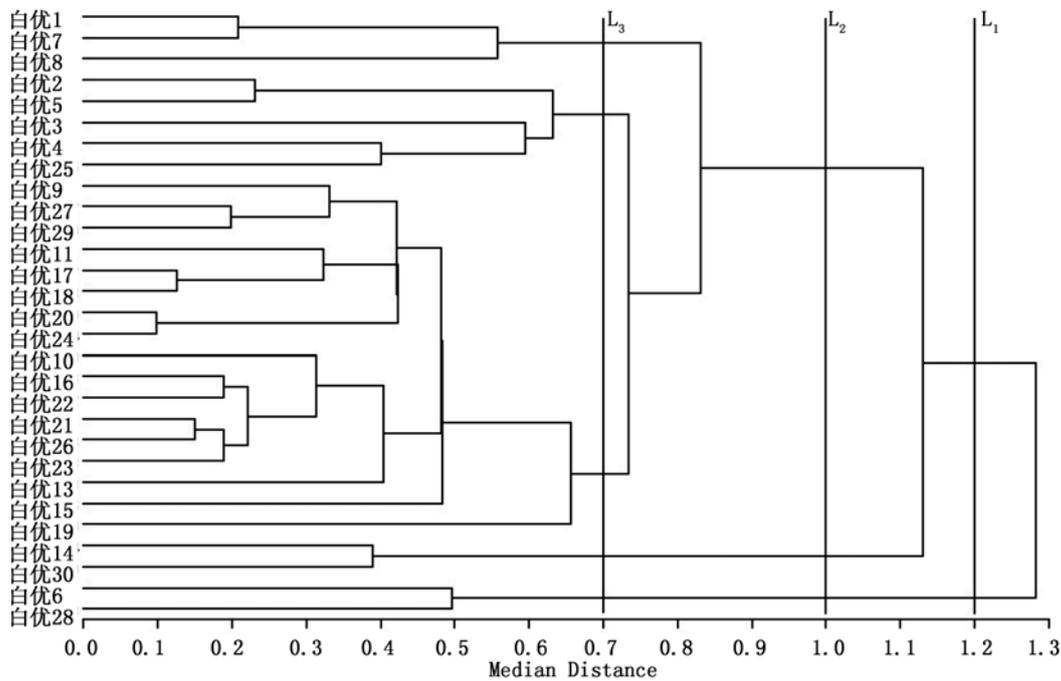


图1 不同单株泡桐材色聚类分析

从图1可以看出,等级结合线 $L_1$ 首先将所有单株分为两类,白优6、白优28这两个材色很差的单株聚为一类,其余单株为第二类;等级结合线 $L_2$ 可将所有单株分为三类,第一类仍然是白优6和白优28,第二类包括白优14和白优30,也是材色很差的两个单株,其余的为第三类。

等级结合线 $L_3$ 将所有单株分为五类,从上到下将这五类分别编号1至5,第5类包括白优6和白优28,第4类包括白优14和白优30,这和等级结合线 $L_2$ 的分类结果相同;第1类包含白优1、白优7和白优8单株;第2类包括白优2、白优5、白优3、白优4和白优25,属于所有单株中材色最好的5个单株,从

表2、3、4可以看出其亨特白度值和明度值都很高,总色差很小;剩余的所有单株聚为第3类。

总体来看,材色最为接近的单株个体均首先聚在一起,如白优17和白优18距离很近,在5个指标中均没有显著差异,在变红度、变黄度、总色差和亨特白度这4个指标的排名中,这两个单株都相邻;再如白优20和白优24,这两个单株的距离也很短,5个指标均没有表现出显著差异(表2、3);材色最好的白优4、白优25首先聚在一起,同样是材色较好的白优5和白优2也首先聚在一起。聚类结果反映的是材色总体的接近程度,有一些个体大部分指标很接近,但是有单个指标距离较远,这种情况可能优

先聚为一类,也可能类间距比较远,如材色最好的白优2、白优5、白优3、白优4和白优25这5个单株和材色同样较好的白优10距离较远,这是由于虽然它们的亨特白度和总色差都比较接近,但白优10与白优4、3、25、5几个单株在明度上有显著差异,因此增大了它们之间的距离;而白优3、5、2虽然在变黄度上显著高于白优4和白优25,但其它

几个指标都十分接近,因此,白优3、4、5、2、25仍然优先聚在一起。

2.2.2 类间差异性分析和优良材色单株选择 图1中的等级结合线 $L_3$ 将所有单株分为5类,从上到下将这5类分别编号1至5,对各个指标分别进行不同类之间的方差分析和多重比较,结果如表7、8所示。

表7 各个指标类间方差分析

项目	亨特白度	总色差	明度	变红度(绝对值)	变黄度
类间均方	51.034 118 8	39.075 301 6	49.962 296 8	3.260 211 66	26.531 488 9
误差项均方	1.609 786 8	1.293 400 2	1.844 117 3	0.890 010 12	1.567 662 9
F值	31.70	30.21	27.09	3.66	16.92
P值	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	0.018 2	<0.000 1

从表7可以看出,不同类之间各个指标除了变红度差异达到一般显著水平以外( $F = 3.66, P = 0.018 2$ ),其余指标差异均达到极显著水平( $P <$

$0.000 1$ ),说明类与类之间有一定差异,聚类结果具有实际意义。

表8 各个指标类间多重比较(邓肯法)

类编号	包含的单株	亨特白度		总色差		明度		变红度(绝对值)		变黄度	
		平均值±标准差	邓肯分组	平均值±标准差	邓肯分组	平均值±标准差	邓肯分组	平均值±标准差	邓肯分组	平均值±标准差	邓肯分组
1	白优1、7、8	70.722±1.706	b	23.438±0.783	b	81.141±2.261	b	0.869±0.136	bc	20.512±0.763	a
2	白优2、5、3、4、25	75.06±1.271	a	18.763±1.43	d	84.091±0.892	a	1.492±1.158	abc	16.844±1.368	b
3	白优9、27、29、11、17、18、20、24、10、16、22、21、26、23、15、19	71.53±1.194	b	20.842±1.131	c	80.083±1.258	b	2.201±0.983	ab	16.1±1.301	b
4	白优14、30	66.532±1.429	c	23.878±1.024	b	74.402±1.514	c	0.112±0.125	c	14.029±0.684	c
5	白优6、28	64.735±1.218	c	28.169±0.33	a	74.997±1.795	c	2.683±0.695	a	21.35±1.199	a

在总体分为5类的情况下(结合表8和图1等级结合线 $L_3$ ),第5类包括白优6和白优28,可以看出该类特点是材色很差,且变红度和变黄度都很高;第4类包括白优14和白优30,特点是材色总体很差,但是变红度和变黄度都比较低;第1类包含白优1、白优7和白优8单株,这3个单株的共同特点是变黄度都比较高,但变红度比较低,且总色差较大;第2类包括白优2、白优5、白优3、白优4和白优25,属于所有单株中材色最好的5个,其亨特白度在所有类中属最高,平均达到75.06,总色差最低,为18.763,明度值最高,平均为84.091,变红度和变黄度均属于中等水平,平均分别为1.492和16.844;剩余的所有单株聚为第3类,各个指标在其分布范围内总体属于中等水平。

根据聚类结果和类间方差分析结果,材色最好且最为接近的几个单株是白优4、白优25、白优5、白

优3和白优2,由于所有单株之间变红度和变黄度变异幅度总体比较小,这5个单株的变红度和变黄度两个指标与其它个别组之间的差异没有达到显著水平,但亨特白度、明度、和总色差均显著高于其它各个组。这5个单株亨特白度分别达到76.863、75.613、74.7、74.687和73.436,平均为75.060,超过平均值的部分分别达到标准差的1.909、1.484、1.174、1.170和0.745倍。最终将这5个单株入选,入选率为17.24%,选择差是3.818,选择强度达到1.297。

### 3 结论与讨论

选用明度、变红度、变黄度、总色差和亨特白度5个指标对白花泡桐29株优树的木材材色进行比较,可以看出各项指标在单株间的差异都达到极显著水平( $P < 0.000 1$ ),明度、变红度、变黄度、总色差

和亨特白度的分布极差分别达到其标准差的4.01、4.01、3.82、4.51和4.41倍,说明不同单株间的材色存在着较大变异,从不同单株间对材色进行选优具有一定的潜力。

刘一星<sup>[21]</sup>等对110种具有代表性的我国主要商品材树种的木材表面材色参数进行了分析,除个别树种(如乌木)以外,这些参数的色空间分布特征为:明度指数分布范围较宽,而色品指数分布范围都比较窄。本次研究采集的白花泡桐样本也表现出类似的分布特征,明度分布范围从73到85不等,极差为11.834,分布范围相对较大,而变红度极差只有4.914,变黄度极差为8.653,都小于明度指数分布极差。

聚类分析结果反映出材色总体的接近程度,用聚类分析的方法能够把材色较差的个体与材色较好的个体分离开,其中材色较为优良的白优4、白优25、白优5、白优3和白优2首先聚为一类,其亨特白度、明度显著高于其它各类,总色差显著低于其它各类,变红度和变黄度总体居中。将各材色指标综合起来分析,最终将聚为一类的白优4、白优25、白优5、白优3和白优2共5个单株入选,其亨特白度平均值达到75.060,入选率为17.24%,选择差是3.818,选择强度达到1.297。这几个单株除了材色性状以外,生长迅速,干形好无病害,综合特性优良,可以经无性繁育后在生产上大力推广。

#### 参考文献:

[2] 成俊卿. 泡桐属木材的性质和用途的研究(一)[J]. 林业科学, 1983, 19(1): 57-63  
 [3] 蒋建平. 泡桐栽培学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990  
 [4] 常德龙, 陈玉和, 胡伟华, 等. 泡桐材变色类型的确定及变色真

菌的鉴定[J]. 木材工业, 1998, 12(2): 20-21, 32  
 [5] 常德龙, 段新芳, 胡伟华, 等. 酸碱对防止泡桐木材变色的影响[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(2): 27-29  
 [6] 常德龙, 宋湛谦, 黄文豪, 等. 真菌对泡桐木材化学成分及其结构的影响[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(3): 145-149  
 [7] 祖勃荪, 周勤. 兰考泡桐木材成分的变色行为及其变色过程[J]. 林业科学, 1998, 34(3): 97-103  
 [8] 陈玉和, 李福海, 常德龙, 等. 泡桐循环水浸泡处理防变色技术的研究[J]. 北京木材工业, 1999(1): 8-12  
 [9] 周东雄, 张寿标. 三明市白花泡桐优树选育的研究[J]. 福建林学院学报, 1992, 12(2): 168-174  
 [10] 安培钧, 段新芳, 樊军锋, 等. 三种泡桐无性系木材材性及纤维形态的研究[J]. 西北林学院学报, 1995, 10(1): 34-37  
 [11] 马浩, 李荣幸, 李培健, 等. 白花泡桐种内多层次变异及其选择效果分析[J]. 河南农业大学学报, 1996, 30(1): 1-9  
 [12] 茹广欣, 朱秀红, 李荣幸, 等. 泡桐种源抗丛枝病性状的遗传变异[J]. 林业科学研究, 2005, 18(6): 669-675  
 [13] 王华玉, 沈元勤, 李怡忱, 等. 泡桐优良资源选择研究初报[J]. 湖北林业科技, 2011(1): 21-23  
 [14] 武应霞. 泡桐木材材色变异的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2000  
 [15] 武应霞, 张玉洁, 董小云, 等. 泡桐材色变异规律的研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(3): 319-322  
 [16] 茹广欣. 泡桐遗传变异与改良研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2004  
 [17] 茹广欣, 何瑞珍, 朱秀红, 等. 泡桐无性系间木材性状的差异[J]. 河南农业大学学报, 2007, 41(5): 531-535  
 [18] 王新建, 张秋娟, 杨玉金, 等. 31个泡桐无性系性状相关性研究[J]. 林业科技通讯, 1999(2): 7-11  
 [19] 王新建. 泡桐无性系性状相关与选择[D]. 郑州: 河南农业大学, 1999  
 [20] 黄燕, 吴平. SAS统计分析及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006  
 [21] 刘一星, 李坚. 木材视觉环境学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994