

不同桉树无性系及树干高度木材的干缩特性研究

任世奇^{1,2,3,4}, 罗建中^{2*}, 谢耀坚², 陈健波^{1,3,4}

(1. 广西林业科学研究院, 广西 南宁 530001; 2. 国家林业局 桉树研究开发中心, 广西 湛江 524022;
3. 国家林业局 中南速生材繁育实验, 广西 南宁 530001; 4. 广西优农木材林资源培育重点实验室, 广西 南宁 530001)

摘 要:对不同桉树无性系、不同树干高度位置木材进行干缩性研究,探索气干和绝干两种状态下的弦向、径向、体积等 14 个主要评估木材干缩性能的指标。结果显示:11 个无性系木材除气干状态的差异干缩的显著水平为 0.01 存在极显著差异外,其余各干缩指标显著水平更高均 ≤ 0.001 。不同树干高度位置木材的干缩特性,除全干状态的弦向干缩率存在极显著差异和体积干缩率显著差异外,其余指标无论是在气干状态还是在绝干状态均无明显差异。无性系木材干缩特性的变异较小,总体平均值为 3.7%,变幅为 2.5%~5.4%。3 个不同树干高度的木材干缩特性变异相对较大,其中树干中间段(地面高 2.6~5.2 m)木材的干缩变异系数相对较小。气干状态木材干缩特性变异系数较全干状态高 2 倍。系统聚类可将 11 个无性系分为 3 个类群,每个类群具有独特的干缩特性。

关键词:桉树;无性系;树干高度;木材干缩特性

中图分类号:S792.39 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2012)01-0232-06

Dry Shrinkage Properties of Different Eucalypt Clones and Stem Heights

REN Shi-qi^{1,2,3,4}, LUO Jian-zhong^{2*}, XIE Yao-jian², CHEN Jian-bo^{1,3,4}

(1. Guangxi Forestry Research Institute, Nanning, Guangxi 530001, China; 2. China Eucalypt Research Centre, Zhanjiang, Guangxi 524022, China; 3. Key Laboratory of Central south Fast-growing Timber Cultivation of Forestry Ministry of China, Nanning, Guangxi 530001, China; 4. Guangxi Key Laboratory Superior Timber Trees Resource Cultivation, Nanning, Guangxi 530001, China)

Abstract: Wood dry shrinkage properties of the timber of different eucalypt clones and stem heights were investigated to examine the impacts of air and oven drying methods on 14 indices such as tangential and radial directions, volume, etc. Remarkably significant differences in all shrinkage indices among 11 clones were observed in air-dry state at the level of $p \leq 0.001$, and highly significant differences were found in both air and oven dry state at the level of $p \leq 0.001$. For the shrinkage properties of the timbers with different tree heights, except that tangential shrinkages of the timber in oven-dry state were highly and significantly different ($p \leq 0.01$), other indices either in oven dry or in air dry were not significantly different. The total average of phenotypic shrinkage variation coefficient was relatively small, with the value of 3.7%, ranging from 2.5%~5.4%. But the phenotypic shrinkage variation coefficient of the timbers from 3 different stem heights was relatively large, among them, the middle stem which was 2.6 m~5.2 m high had relatively smaller variation coefficient. The wood shrinkage variation coefficient in air-dry state was twice than that in oven-dry state. Three groups were divided among 11 clones according to the cluster analysis, each group possessed special shrinkage properties.

收稿日期:2010-12-22 修回日期:2011-03-10

基金项目:国家十一五科技支撑项目“高产优质桉树速生材树种新品种选育”(2006BAD01A1504);广西世行项目科技支撑课题(KT2-2, KT5-1)

作者简介:任世奇,男,助理工程师,主要研究方向:林木育种与栽培。E-mail: renshiqi200709@yahoo.com.cn.

* 通讯作者:罗建中。

Key words: Eucalypt; clone; stem height; wood dry shrinkage property

木材在干燥的过程中,表层的水分首先蒸发,当其含水率降至纤维饱和点时,产生收缩,而相邻内层的含水率仍高于纤维饱和点而未收缩,因各层收缩不一致而产生干燥应力和应变。在干燥前期,外层受拉伸应力,内层受压缩应力,随着干燥的进行,外层逐渐由受拉伸应力变为受压缩应力,而内层则变为受拉伸应力,这种应力直接导致初期端裂、表裂和后期内裂,影响木材和木制品的尺寸、形状和结构的稳定性^[1-4]。因此,了解木材的干缩性能对木材的科学利用有重要意义。

桉树(*Eucalyptus*)是华南地区的主要造林树种。据不完全统计,截止 2010 年桉树人工林种植面积达 250 万~260 万 hm²^[5-6],其中无性系占 95%以上^[7],已广泛作为建筑结构用材、纸浆材、胶合板材等^[8]。由于速生导致材性缺陷(如生长应力大),因而木材易收缩、变形、难干燥,从而使得实际利用率大幅降低,部分严重皱缩甚至使木材报废^[9]。有关桉树木材的干缩性研究较少,且这些研究局限于少数几个品种^[10-13]。为此,本研究以华南地区主要种植的 11 个 5 a 生桉树无性系为对象,探索其木材干缩性能,旨在为选择相对优良的无性系品种提供理论依据、为桉木的定向培养、加工利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地位于广东省湛江市遂溪县南方国家级林木种苗示范基地内,属北热带湿润大区雷琼区北缘,为海洋性季风气候,年平均气温 23.1 ℃,极端最低温 1.4~3.6 ℃,极端最高温 37.2~38.8 ℃,年相对湿度 80.4 %,年降水量 1 567 mm,5~9 月降水量占全年的 85.5 %,夏季潮湿,冬季干旱,蒸发量 1 763 mm,无霜期 362 d,林地平整,土壤为黄红壤,较瘠薄。

1.2 材料

供试材料为 2004 年 5 月营造的桉树无性系试验林,试验采用完全随机区组设计,设置 3 次重复,4×5 株小区。机耕全垦,行向开沟,株行距为 2 m×3 m,每公顷造林 1 667 株。定植前施基肥复合肥:500 g 钙镁磷+200 g·株⁻¹,1 a 生时进行追肥复合肥:250 g·株⁻¹。

1.3 方法

2009 年 8 月选取 11 个无性系(表 1),每个无性系选取 3 株平均木,并于伐根处伐倒,分别在树高为 1.3、3.9、6.5 m 处各截取 1 个 5 cm 厚的圆盘,并用密封袋包装以减少失水。实验室内沿圆盘南北向和

东西向过髓心处拟定 2 条相互垂直的中心线。以南北线为横轴,东西线为纵轴(对称轴)分别于南半径和北半径拟定长为 15 mm 的基准线,同样在东半径和西半径分别拟定长为 30 mm 的基准线,最终在圆盘中拟定出 2 个长宽均为 30 mm 的木块试样轮廓。加工厂内按预先拟定好的轮廓线截锯长、宽、厚为 30 mm×30 mm×40 mm 的木块,最后选取没有缺陷(开裂、腐朽、内节等)的木块作为试样,刨光使其为规则的长方体,并包装于密封袋内。分别检量木块在湿材、气干、全干状态下的弦向、径向、纵向尺寸,检测方法参照 GB1232-91《木材干缩性测定方法》进行。

表 1 参试无性系概况
Table 1 Survey of clones joining test

品种	数量	无性系 代号	胸径 /cm	树高 /m
细叶桉 <i>Eucalyptus tereticornis</i>	3	TM ₃	11.4	15.8
尾细桉 <i>E. urophylla</i> × <i>E. tereticornis</i>	3	LM ₁	13.7	19.7
尾细桉 <i>E. urophylla</i> × <i>E. tereticornis</i>	3	U ₆	12.1	16.1
尾巨桉 <i>E. urophylla</i> × <i>E. grandis</i>	3	GL ₉	13.2	21.2
尾细桉 <i>E. urophylla</i> × <i>E. tereticornis</i>	3	LH ₁	13.0	18.9
尾巨桉 <i>E. urophylla</i> × <i>E. grandis</i>	3	DH ₃₂₋₂₂	12.9	18.9
尾巨桉 <i>E. urophylla</i> × <i>E. grandis</i>	3	EC ₃₃	14.3	20.0
尾叶桉 <i>E. urophylla</i>	3	EC ₄₀	11.1	19.5
4 杂交种	3	EC ₄₂	11.0	18.5
巨桉 <i>E. grandis</i>	3	EC ₄₈	12.9	19.9
巨细桉 <i>E. grandis</i> × <i>E. tereticornis</i>	3	DH ₂₀₁₋₂	13.8	20.1

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2003 进行初步整理,SPSS 17.0 进行方差分析和聚类分析。所涉及的相关计算公式如下:

弦向、径向、材积的气干干缩率:

$$K_{气} = (L_{湿} - L_{气}) / L_{湿} \tag{1}$$

式中, $K_{气}$ 为气干材干缩率(%), $L_{湿}$ 为湿材尺寸(mm)或体积(mm³), $L_{气}$ 为气干材尺寸(mm)或体积(mm³)下同。

弦向、径向、材积的全干干缩率:

$$K_{全} = (L_{湿} - L_{全}) / L_{湿} \tag{2}$$

式中, $L_{全}$ 为全干材尺寸(mm)或体积(mm³) (3)

差异干缩：
$$DS=K_T/K_R \tag{4}$$
式中, K_T 为弦向干缩率(%), K_R 为径向干缩率(%)。
干缩系数：
$$SC=K/(30-W) \tag{5}$$
式中, K 为干缩率(%), W 为含水率(%)。
表型变异系数：
$$C.V(\%)=S_{\text{标}}/X_{\text{均}}\times100 \tag{6}$$
式中, $S_{\text{标}}$ 为标准差, $X_{\text{均}}$ 为平均值。

2 结果与分析

2.1 干缩特性比较

木材的干缩性能影响木材的加工和利用。弦向、径向干缩不仅反映了木材在弦向和径向上尺寸的变化,同时可得差异干缩值的大小。差异干缩(DS)是木材弦向和径向干缩的差异程度,差异干缩越小,木材的尺寸稳定性越好,木材的性质越优良,反之,木材越易产生变形和开裂^[14]。体积干缩(VS)是指干燥后,干缩材的体积占干燥前体积的百分数,该指标能够反应木材干燥前后体积收缩的具体数据,对于未皱缩材和均匀皱缩材此项指标可以直接反应板材的利用率^[15]。干缩系数(SC)则代表木材每失去 1% 的水分所造成的干缩。因此,探索不同的干缩指标可反映不同的干缩性能。本研究的

11 个桉树无性系在两种状态下的弦向、径向、体积干缩率和干缩系数以及差异干缩结果见表 2。在气干状态时,弦向干缩率(TSR)平均值为 6.7%,其中 DH₂₀₁₋₂ 最大,达到 7.4%,GL₉ 最小,为 5.6%;径向干缩率(RSR)平均值为 4.0%,DH₂₀₁₋₂ 仍最大,为 4.6%,U₆ 最小,为 3.6%;体积干缩率(VSR)平均值为 10.4%,DH₂₀₁₋₂ 最大,达到 11.6%,GL₉ 最小,为 9.0%;差异干缩平均值为 1.67,LM₁ 最大,为 1.74,GL₉ 最小,为 1.60;弦向干缩系数(TSC)平均值为 0.456,DH₂₀₁₋₂ 最大,为 0.573,GL₉ 最小,为 0.358;径向干缩系数(RSC)平均值为 0.274,DH₂₀₁₋₂ 最大,为 0.354,GL₉ 最小,为 0.225;体积干缩系数(VSC)平均值为 0.713,DH₂₀₁₋₂ 最大,为 0.900,GL₉ 最小,为 0.570。在绝干状态时,弦向干缩率平均值为 9.7%,其中 DH₂₀₁₋₂ 最大,为 10.4%,GL₉ 最小,为 9.1%;径向干缩率平均值为 5.7,DH₂₀₁₋₂ 最大,为 6.2%,GL₉ 最小,为 5.2%;体积干缩率平均值为 15.7%,DH₂₀₁₋₂ 最大,为 16.8%,GL₉ 最小,为 14.7%;差异干缩平均值为 1.69,EC₄₈ 最大,为 1.67,EC₄₂ 最小,为 1.60;弦向干缩系数平均值为 0.640,TM₃ 最大,为 0.679,EC₄₂ 最小,为 0.499;径向干缩系数平均值为 0.380,EC₄₀ 最大,为 0.407,EC₄₂ 最小,为 0.309;体积干缩系数平均值为 1.036,EC₄₀ 最大,为 1.098,EC₄₂ 最小,为 0.818。

表 2 11 个无性系的干缩性测定结果

Table 2 Shrinkage results of 11 clones

无性系	干缩状态	弦向干缩率 (TSR)/%	径向干缩率 (RSR)/%	体积干缩率 (VSR)/%	差异干缩 (DS)	弦向干缩系数 (TSC)	径向干缩系数 (RSC)	体积干缩系数 (VSC)
TM ₃	气干状态的干缩性	6.3±0.27	3.8±0.20	10.1±0.56	1.66±0.13	0.407±0.022	0.246±0.011	0.653±0.036
U ₆		5.9±0.20	3.5±0.10	9.2±0.20	1.68±0.08	0.383±0.014	0.227±0.007	0.597±0.015
GL ₉		5.6±0.38	3.6±0.26	9.0±0.41	1.60±0.17	0.358±0.024	0.225±0.017	0.570±0.026
LH ₁		6.8±0.19	4.2±0.12	10.7±0.23	1.65±0.06	0.533±0.025	0.323±0.013	0.833±0.033
DH ₃₂₋₂₂		6.6±0.33	3.8±0.13	10.1±0.30	1.72±0.12	0.427±0.033	0.249±0.017	0.660±0.043
EC ₃₃		6.8±0.22	4.0±0.20	10.5±0.29	1.73±0.09	0.441±0.020	0.254±0.014	0.677±0.026
EC ₄₀		7.0±0.13	4.4±0.14	11.0±0.20	1.61±0.05	0.460±0.012	0.287±0.010	0.727±0.019
EC ₄₂		7.0±0.23	4.2±0.17	10.9±0.33	1.68±0.06	0.553±0.026	0.329±0.018	0.858±0.038
EC ₄₈		7.2±0.19	4.3±1.2	11.1±0.25	1.69±0.05	0.465±0.017	0.276±0.009	0.721±0.023
LM ₁		6.7±0.24	3.9±0.11	10.3±0.28	1.74±0.06	0.433±0.022	0.249±0.011	0.665±0.029
DH ₂₀₁₋₂	绝干状态的干缩性	7.4±0.25	4.6±0.07	11.6±0.27	1.62±0.05	0.573±0.022	0.354±0.012	0.900±0.031
平均		6.7±0.56	4.0±0.35	10.4±0.82	1.67±0.10	0.456±0.692	0.274±0.043	0.713±0.106
TM ₃		9.9±0.45	5.8±0.17	15.9±0.63	1.72±0.07	0.679±0.041	0.395±0.017	1.089±0.064
U ₆		9.4±0.12	5.7±0.14	15.0±0.37	1.67±0.04	0.651±0.017	0.390±0.013	1.038±0.043
GL ₉		9.1±0.13	5.2±0.17	14.7±0.40	1.75±0.05	0.648±0.037	0.369±0.022	1.043±0.068
LH ₁		9.7±0.09	6.0±0.10	16.0±0.29	1.63±0.02	0.568±0.012	0.349±0.010	0.936±0.027
DH ₃₂₋₂₂		9.6±0.19	5.9±0.08	15.6±0.71	1.65±0.02	0.668±0.035	0.406±0.021	1.077±0.054
EC ₃₃		9.4±0.14	5.5±0.16	15.2±0.74	1.72±0.04	0.655±0.019	0.381±0.013	1.061±0.053
EC ₄₀		9.9±0.16	6.0±0.14	16.2±0.44	1.64±0.04	0.665±0.014	0.407±0.014	1.098±0.028
EC ₄₂		9.7±0.53	6.1±0.35	16.0±0.90	1.60±0.10	0.499±0.217	0.309±0.139	0.818±0.362
EC ₄₈		9.5±0.16	5.4±0.12	15.1±0.30	1.75±0.02	0.652±0.015	0.372±0.009	1.041±0.025
LM ₁		9.6±0.12	5.6±0.15	15.7±0.87	1.71±0.04	0.665±0.018	0.389±0.011	1.085±0.061
DH ₂₀₁₋₂		10.4±0.30	6.2±0.09	16.8±0.54	1.67±0.03	0.609±0.022	0.364±0.010	0.986±0.037
平均		9.7±0.38	5.7±0.34	15.7±0.81	1.69±0.07	0.640±0.043	0.380±0.024	1.036±0.071

2.2 干缩性的变异分析

不同树种、相同树种不同品种、相同品种不同无性系等木材均具有不同的干缩特性。通过方差分析(表 3),本文的 11 个无性系木材在气干和绝干两种状态下,仅有气干状态的差异干缩的显著水平为 0.05 外,其余各干缩指标显著水平更高,均 ≤ 0.001 。另由相应 F 值得知,气干状态的体积干缩系数和径向干缩系数这两个指标在无性系间的差异较其余指标大,相反,这两个指标在全干状态时的 F 值却很小,引起这种现象的原因可能是各无性系木材的吸水能力各异所致。另外,王喜明(1991)对山杨(*Populus davidiana*)的研究表明:同一株树的木材,因生长部位不同而皱缩程度不同^[16]。方文彬等(1996)曾报道过类似结论,他们通过对火炬松(*Pinus taeda*)干缩性能的研究,发现随树干高度的增加,木材的弦向干缩减小^[17]。任世奇等(2010)对邓恩桉(*Eucalyptus. dunnii*)的研究表明:不同树干高度位置木材的径向干缩差异不显著,而弦向干缩差异极显著^[14]。本文 3 个不同树干高度位置木材的

干缩特性,除全干状态的弦向干缩率表现极显著和体积干缩率显著外,其余指标无论是在气干状态,还是在绝干状态均无明显差异。进一步分析(图 1)得知,在气干和全干状态下,除差异干缩呈现先降后增的趋势外,其余指标均表现为随树高的增加而递减。

由于干缩特性在无性系品种、树干高度的变异系数知(表 4):11 个无性系的干缩特性变异系数总体平均值为 3.7%,变幅为 2.5%~5.4%,其中 EC₄₈ 最小, GL₉ 最大,表明 EC₄₈ 木材的干缩特性相对稳定,反之, GL₉ 的干缩特性变异性更大,离散程度较其他无性系高。气干状态干缩特性的变异系数总体平均值为 11.0%,变幅为 6.1%~15.8%,其中差异干缩最小,径向干缩系数最大;绝干状态的变异系数总体平均值为 5.5%,变幅为 3.9%~6.9%,其中弦向干缩率最小,体积干缩系数最大。两种状态干缩特性的变异系数,气干较绝干大,表明测量绝干木材的干缩特性更能代表真实值,受环境如气温、空气湿度影响更小。

表 3 不同无性系、树干高度木材干缩性的方差分析

Table 3 NDVA analysis of shrinkage property of different clones and stem heights

干缩状态	自变量	方差分析	因变量						
			弦向干缩率 TSR	径向干缩率 RSR	体积干缩率 VSR	差异干缩 DS	弦向干缩 系数 TSC	径向干缩 系数 RSC	体积干缩 系数 VSC
气干状态	无性系	F 值	37.279**	41.188**	51.602**	2.880*	81.350**	102.060**	108.515**
	树干高度	F 值	1.417	2.543	2.224	0.448	0.353	0.494	0.443
绝干状态	无性系	F 值	11.169**	42.608**	9.276**	19.621**	5.437**	3.873**	4.452**
	树干高度	F 值	7.448**	1.981	4.094*	0.002	2.687	2.920	2.793

注:*,表示差异显著($p<0.05$),**,表示差异显著($p<0.01$)。

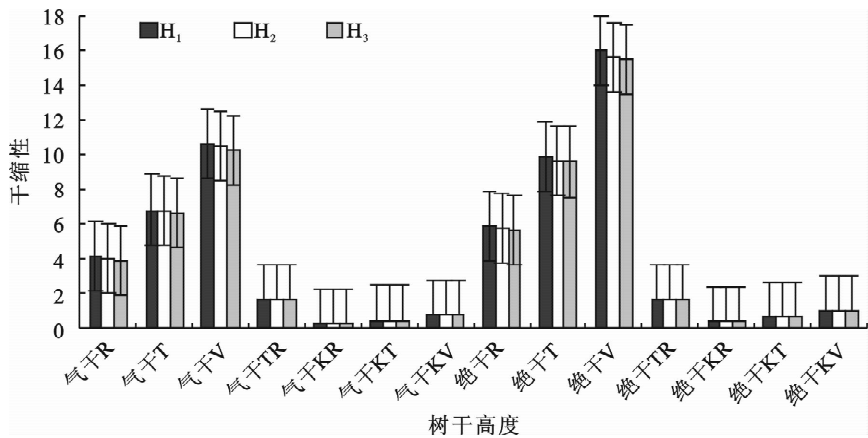


图 1 不同树干高度的干缩特性

Fig. 1 Shrinkage properties at different stem height

不同树干高度位置木材(H₁, H₂, H₃)干缩特性的平均变异系数分别为 8.3%、7.9%、8.3%,变幅分别为 3.3%~15.9%、3.2%~16.0%、3.2%~16.3%。由此可见,尽管此 11 个无性系木材的干缩特性在树干高度上无明显差异,但不同树干高度木材干缩特性的稳定性略有差别,为尽可能真实地了

解木材的干缩性能,应尽量采用树干中部木材来检测干缩特性(以本文为例,采用树干高度为 2.6 m~5.2 m 的木材)。

2.3 干缩性的聚类分析

由于绝干状态干缩特性更能代表木材干缩特性真实值,同时,体积干缩和差异干缩是衡量木材在使

用过程中的消耗量和翘曲开裂程度,在众多指标中更具重要性。因此,用这两个指标对 11 个无性系进行聚类,采用欧氏距离法,聚类分析结果见图 2。阈值在选取 5 时,11 个无性系可分为 3 个类。第 1 类由 LH₁,EC₄₂,TM₃,EC₄₀,DH₃₂₋₂₂,LM₁ 共 6 个无

性系组成,此类群主要表征体积干缩率中等,差异干缩小的特点;第 2 类仅有无性系 DH₂₀₁₋₂,它表征体积干缩率大,差异干缩中等的特点;第 3 类由 EC₃₃,EC₄₈,U₆,GL₉ 共 4 个无性系组成,此类群主要表征体积干缩率小,差异干缩大的特点。

表 4 不同无性系、树干高度木材干缩特性的变异系数

无性系	气干状态的干缩性							绝干状态的干缩性							均值
	弦向干缩率	径向干缩率	体积干缩率	差异干缩	弦向干缩	径向干缩	体积干缩	弦向干缩率	径向干缩率	体积干缩率	差异干缩	弦向干缩	径向干缩	体积干缩	
	(TSR) /%	(RSR) /%	(VSR) /%	(DS)	系数 (TSC)	系数 (RSC)	系数 (VSC)	(TSR) /%	(RSR) /%	(VSR) /%	(DS)	系数 (TSC)	系数 (RSC)	系数 (VSC)	
TM ₃	4.4	5.3	5.6	8.1	5.5	4.4	5.5	4.5	2.9	4.0	4.6	6.0	4.4	5.9	5.1
U ₆	3.4	2.8	2.1	5.0	3.8	3.2	2.6	1.2	2.4	2.4	2.6	2.7	3.4	4.2	3.0
GL ₉	6.6	7.4	4.5	10.7	6.6	7.4	4.5	1.4	3.3	2.7	2.6	6.0	5.8	6.5	5.4
LH ₁	2.7	3.0	2.1	3.8	4.6	4.0	4.0	0.9	1.6	1.8	1.6	2.2	2.7	2.9	2.7
DH ₃₂₋₂₂	5.0	3.4	2.9	7.0	7.6	6.9	6.6	2.0	1.4	4.5	1.4	5.3	5.1	5.0	4.6
EC ₃₃	3.2	5.0	2.8	5.4	4.3	5.5	3.9	1.5	2.9	4.9	2.4	3.0	3.5	5.0	3.8
EC ₄₀	1.8	3.2	1.8	3.1	2.7	3.5	2.6	1.6	2.3	2.7	2.7	2.2	3.5	2.6	2.6
EC ₄₂	3.3	4.0	3.0	3.7	4.6	5.3	4.5	1.2	5.6	3.7	5.7	1.6	6.3	4.7	4.1
EC ₄₈	2.6	2.8	2.2	2.9	3.6	3.3	3.2	1.7	2.2	2.0	1.4	2.3	2.3	2.4	2.5
LM ₁	3.5	2.9	2.8	3.7	5.0	4.4	4.4	1.2	2.7	5.6	2.5	2.7	2.7	5.7	3.6
DH ₂₀₁₋₂	3.3	1.5	2.3	3.0	3.9	3.4	3.4	2.9	1.4	3.2	2.0	3.7	2.9	3.7	2.9
H ₁	8.3	7.6	7.4	5.8	15.9	15.4	15.2	4.2	4.9	5.3	3.3	7.7	6.4	8.3	8.3
H ₂	8.3	8.8	7.7	5.8	15.0	16.0	14.9	3.5	5.4	4.5	3.2	5.8	6.1	5.8	7.9
H ₃	8.4	9.5	8.1	6.6	14.9	16.3	14.9	3.2	7.1	5.2	5.1	5.9	5.6	5.4	8.3
Totle	8.4	8.8	7.8	6.1	15.2	15.8	14.9	3.9	5.9	5.1	3.9	6.7	6.2	6.9	—

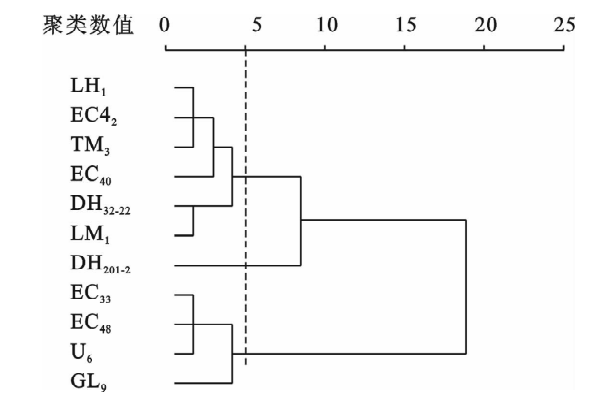


图 2 无性系的聚类树形图
Fig.2 Cluster analysis of 11 clones

3 结论

对木材干缩性能的研究,可以了解各个干缩性指标值。针对不同的用途,选取不同的品种及不同高度的木段,采用相应的措施(如浸泡、蒸煮)来减少干缩,提高木材的利用率和使用价值。本文通过对 5 年生 11 个桉树无性系及 3 个树干高度木材干缩性的全面研究,有如下结论:

(1) 不同无性系、树干高度位置的木材具有不同的干缩性能。通过方差分析,本研究的 11 个无性系木材除气干状态的差异干缩在显著水平为 0.05 以外,其余各干缩指标的显著水平更高,均≤0.001。不

同树干高度位置木材的干缩特性,除全干状态的弦向干缩率表现极显著和体积干缩率显著外,其余指标无论是在气干状态,还是在绝干状态均无明显差异。

(2) 11 个无性系木材干缩特性的变异较小,变异系数总体平均值为 3.7%,变幅为 2.5%~5.4%,表明木材的表型干缩特性较稳定。与此相反,3 个不同树干高度的木材干缩特性变异相对较大,其中树干中间段(地面高 2.6~5.2 m)木材的干缩变异系数相对较小,更为稳定。因此,为更准确地了解桉木的干缩特性,试件应取树干中部木段。两种干燥状态木材干缩特性的稳定性有所不同。气干状态木材干缩特性变异系数较全干高出 2 倍。因此,测定木材绝干状态时的干缩特性更能代表其真实值,受环境如气温、空气湿度影响更小。

(3) 通过对 11 个无性系进行聚类分析,在阈值取 5 时,可分为 3 个类:第 1 类由 LH₁,EC₄₂,TM₃,EC₄₀,DH₃₂₋₂₂,LM₁ 共 6 个无性系组成,此类群主要表征体积干缩率中等,差异干缩小的特点;第 2 类仅有无性系 DH₂₀₁₋₂,它表征体积干缩率大,差异干缩中等的特点;第 3 类由 EC₃₃,EC₄₈,U₆,GL₉ 共 4 个无性系组成,此类群主要表征体积干缩率小,差异干缩大的特点。体积干缩率主要表征木材在体积尺寸上的变化,决定木材的消耗量和利用率;差异干缩

主要表征木材的稳定性,是否可能发生弯曲、翘曲、开裂(通常为表裂)等影响木材质量的缺陷。因此,通过了解不同类群无性系木材的干缩性特性,针对不同的用途对相应干缩指标的要求,选择相对优良的无性系品种作为目的树培育。桉树已经选育出众多优良无性系,但不同无性系的区域化适应性不尽相同,应进一步开展更多区域化无性系木材的干缩特性研究,以便为特定培育目的无性系品种的选择在理论上给予支持。

致谢:感谢对本研究作出指导、帮助的桉树中心老师、学生及遂溪县方兴木业有限公司相关人员。

参考文献:

[1] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1985.

[2] 滕通谦,周永东,孟京明,等. 短周期工业材干缩率和干燥应变规律的研究[J]. 木材工业,1999,13(2): 17-21.

TENG T L, ZHOU Y D, MENG J M, *et al.* Shrinkage and drying strain of timber from fast-growing plantation wood[J], China Wood Industry, 1999, 13(2): 17-21.

[3] 王喜明. 木材干燥学 [M]. 3 版,北京:中国林业出版社,2007.

[4] 王琼,陈广元,刘一星. 30 mm 厚度俄罗斯落叶松木材干燥过程中的含水率和应力变化分析[EB/OL]. <http://www.doc88.com/p-79016170892.html>.

[5] 林业专家为桉树“正名”[EB/OL]. <http://www.zaozhijishu.cn/news/ShowArticle.asp?ArticleID=445>. html, 2010-9-13.

[6] 桉树人工林面积达 260 万公顷[EB/OL]. <http://www.chinaeuc.com/show.asp?id=171>. html, 2009-09-15.

[7] 中国造纸学会. 中国桉树种植与制浆造纸研讨会纪要[J]. 中华纸业,2005,26(11):22-23.

[8] 祁述雄. 中国桉树[M]. 2 版,. 北京:中国林业出版社,2002.

[9] 姜笑梅,叶克林,吕建雄,等. 中国桉树和相思人工林性质与加工利用[M]. 北京:科学出版社,2007:1-2.

[10] 刘元. 热处理对桉材皱缩的作用[J]. 林业科学,1994,32(2):140-144.

LIU Y. Effect on collapse of *Eucalyptus* wood by heat treat-

ment.[J]. Scientia Silvae Sinica, 1994,32(2): 140-144.

[11] 柴修武,王豁然,方玉霖,等. 四种桉树不同种源木材基本密度和纤维长度变异研究[J]. 林业科学研究,1993,(4):397-402.

CHAI X W, WANG H R, FANG Y L, *et al.* Variation of wood basic density and fiber length of provenances of four *Eucalyptus* species[J]. Forest Research, 1993, 6(4): 397-402.

[12] 李贤军,李延军,张星光. 柠檬桉和邓恩桉木材干燥特性初探[J]. 林产工业,2004,32(2): 11-14.

LI X J, LI Y J, ZHANG X G. Study on drying characters of *E. citriodora* and *E. dunnii*[J]. China Forest Products Industry, 2004, 32(2): 11-14.

[13] 任世奇,罗建中,彭彦,等. 17 年生邓恩桉两个种源木材密度与干缩性研究[J]. 亚热带植物科学,2010,39(2): 5-9.

REN S Q, LUO J Z, PENG Y, *et al.* Wood density and shrinkage study on two provenances of 17-yr-old *E. dunnii* [J]. Subtropical Plant Science, 2010, 39(2): 5-9.

[14] 徐有明,江建军. 火炬松种源木材气干干缩性的变异[J]. 华中农业大学学报,1997,16(3):299-303.

XU Y M, JIANG J J. Variation in shrinkage of air-dry wood of 31 loblolly Pine Provenances[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 1997, 16(3): 299-303.

[15] 郭明辉,勾锐. 木材皱缩的研究现状及发展趋势[J]. 世界林业研究,2005,18(1):39-42.

GUO M H, GOU R. The present condition and development tendency of the research on wood collapse[J]. World Forestry Research, 2005, 18(1): 39-42.

[16] 王喜明. 山杨小径木皱缩材组织结构的变化及其皱缩机理的研究[J]. 林业科学,1991,227(4):484-487.

WANG X M. A Study on change of structure of collapsed *Populus davidiana* small-diameter timber and mechanism of collapse[J]. Scientia Silvae Sinica, 1991, 227(4): 484-487.

[17] 方文彬,林云,苏维斌. 火炬松短周期工业材不同高度上干缩性能的研究[J]. 中南林学院学报,1996,16(3):15-21.

FANG W B, LIN Y, SU W B. The shrinkage characteristics at different stem height of short-period *Pinus taeda* L. industrial wood[J]. Journal of Central-south Forestry University, 1996, 16(3): 15-21.