

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2016.06.002

## 桉树耐积雪胁迫杂交组合和优良单株选择研究

黄振,郭洪英\*,陈炙,肖兴翠,李佳蔓  
(四川省林业科学研究院,四川成都610081)

**摘要:**桉树是四川重要的用材林树种。发掘耐积雪胁迫的桉树杂交组合以及优良的遗传型,是桉树育种应对气候变迁和桉树种植区域北移的必然选择。本研究以位于宜宾的桉树杂交子代测定林为研究对象,通过比较各个杂交组合的存活率和积雪后的通直率进行初步选择,而后比较通直桉树的平均树高、平均胸径进行复选,从88个杂交组合中筛选出21个耐积雪胁迫的杂交组合,以及90株耐积雪胁迫的优良单株。研究结果为定向培育耐积雪和低温的桉树新品种提供了杂交组合方案和无性系化材料。

**关键词:**桉树;杂交组合;优良单株;积雪胁迫

**中图分类号:**S723 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5508(2016)06-0006-06

## Research on Selection of Excellent Cross Combinations and Plus trees of *Eucalyptus* for Snow Cover Stress

HUANG Zhen GUO Hong-ying\* CHEN Zhi XIAO Xing-cui LI Jia-man  
(Sichuan Forestry Academy, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** *Eucalyptus* is an important timber tree species in Sichuan province. Seeking snow stress resistant *eucalyptus* cross combinations and plus trees are the inevitable choice for *eucalyptus* breeding to cope with the climate change and expand the planting area of *eucalyptus*. The progeny test forest in Yibin was used as research object. After preliminary selection by livability and the unbent rate by snow cover, the average tree height and DBH were used to choose the crossing combination, and 21 snow tolerant hybrid combinations and 90 plus trees were selected from 88 cross combinations. The results of this study would provide some cross combinations and clone materials for directive cultivation of *eucalyptus* varieties with tolerance to snow and low temperature.

**Key words:** *Eucalyptus*, Cross combination, Plus tree, Snow cover resisitance

桉树(*Eucalyptus*)是四川重要的用材林和工业原料林树种之一,其在四川的种植历史逾80年。早在20世纪80年代,四川省林科院就开始进行了桉树的区域性引种试验,经过多年的筛选,选择出四川不同生态区的主栽种,如盆地主栽巨桉(*E. gran-*

*dis*)、攀西地区主栽直干蓝桉(*E. maidenii*)、干热河谷区主栽赤桉(*E. camaldulensis*),目前,桉树已广泛种植在川中、川南地区,对优化四川森林资源结构、增加森林碳汇储量、改善生态环境、提高林农收入发挥了重要作用。

收稿日期:2016-10-25

基金项目:四川省科技计划项目:林-板-家具一体化现代产业链关键技术集成研究与产业化示范,(2014NZ0033);国家十一五科技支撑计划“高产优质桉树速生材树种新品种选育”(2006BAD01A15-4)。

作者简介:黄振(1984-),男,湖南安化人,博士,助理研究员,研究方向:林木遗传育种。邮箱:h7210@126.com

通讯作者:郭洪英(1973-),女,四川越西县人,研究员,研究方向:林木遗传育种。

培育桉树新品种,特别是抗性强的桉树新品种,既能丰富四川桉树林分种类,降低桉树无性系林的生态风险,也是桉树应对气候变化的必然选择,同时提高桉树分布区域,加快桉树北移。

本研究以2010年栽植在泸州市泸县玉蟾山的桉树杂交子代林为研究对象,采用2014年和2016年调查结果,选择耐积雪胁迫的杂交组合类型。同时,还发掘了子代测定林中生长快、耐低温、抗雪压的遗传型,为下一步创制耐低温、耐积雪的桉树新品种提供数据支撑和材料来源。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

桉树杂交子代苗均来源于中国林科院热带林业研究所,共有88个杂交组合和4个无性系,分属于26种杂交类型(表1),各杂交组合造林号和父母本桉树种类见表2。

表1 桉树子代测定林杂交组合概况

杂交类型编号	杂交类型	杂交组合数	杂交类型编号	杂交类型	杂交组合数
1	赤桉×尾细桉	2	14	巨桉自由授粉	1
2	赤桉×尾叶桉	5	15	韦塔桉×赤桉	1*
3	邓恩桉×边沁桉	1	16	尾巨桉×赤桉	3
4	邓恩桉×赤桉	1	17	尾巨桉×尾巨桉	3
5	邓恩桉×巨桉	2	18	尾巨桉自由授粉	3
6	邓恩桉×柳桉	1	19	尾叶桉×赤桉	6
7	邓恩桉自由授粉	2	20	尾叶桉×刚果桉	2
8	巨桉×赤桉	2	21	尾叶桉×巨桉	21*
9	巨桉×刚果12	3	22	尾叶桉×韦塔桉	2
10	巨桉×巨桉	1*	23	尾叶桉×尾细桉	2
11	巨桉×昆北赤桉	1	24	尾叶桉×尾叶桉	20
12	巨桉×尾叶桉	1*	25	尾叶桉×细叶桉	2
13	巨桉自由授粉	3	26	尾叶桉自由授粉	1

注:\*表示该杂交类型中有1个无性系。

### 1.2 试验地概况

实验林位于泸州市泸县玉蟾山,地处四川盆地南缘,属中亚热带气候,兼南亚热带季风气候属性,年平均气温17.8℃,年际最高气温18.8℃,年际最低气温17.1℃。最大降水量为1464.5mm,最小降水量为664.2mm,多集中于夏、秋季。年均相对湿度84.0%,年平均蒸发量为1176.6mm,略大于降水量。年均无霜期341d,最长365d,最短282d。年平均气温≥10℃的活动积温5737.2℃,年平均日照时数1424.6h。

试验林地土壤为石英粗砂岩夹薄层碳质泥岩风化形成的黄沙土、碳渣土。pH值4.6~5.5,缺磷、钙,自然肥力较低。试验林地坡度25°~35°。

表2 各个桉树杂交组合造林编号及其父母本类型

杂交组合	播种号	母本	父本	杂交组合	播种号	母本	父本
1	401	尾叶桉	巨桉	47	521	赤桉	尾叶桉
2	402	尾叶桉	刚果桉	48	522	赤桉	尾叶桉
3	403	尾叶桉	韦塔桉	49	523	赤桉	尾叶桉
4	404	尾叶桉	韦塔桉	50	524	赤桉	尾细桉
5	405	尾叶桉	尾细桉	51	525	赤桉	尾细桉
6	406	尾叶桉	尾细桉	52	526	赤桉	尾叶桉
7	407	尾叶桉	巨桉	53	527	尾叶桉	尾叶桉
8	408	尾叶桉	尾叶桉	54	529	尾叶桉	尾叶桉
9	409	尾叶桉	尾叶桉	55	530	尾叶桉	巨桉
10	410	尾叶桉	尾叶桉	56	532	尾叶桉	巨桉
11	411	尾叶桉	细叶桉	57	534	尾叶桉	赤桉
12	412	尾叶桉	尾叶桉	58	536	尾叶桉	赤桉
13	413	尾叶桉	尾叶桉	59	537	尾叶桉	赤桉
14	414	尾叶桉	巨桉	60	702	尾巨桉	赤桉
15	415	尾叶桉	巨桉	61	703	尾巨桉	巨桉
16	416	尾叶桉	巨桉	62	704	尾巨桉	赤桉
17	417	尾叶桉	细叶桉	63	706	尾巨桉	巨桉
18	418	尾叶桉	尾叶桉	64	707	尾巨桉	赤桉
19	419	尾叶桉	尾叶桉	65	709	尾巨桉	巨桉
20	420	尾叶桉	巨桉	66	714	尾叶桉	尾叶桉
21	421	尾叶桉	巨桉	68	717	尾叶桉	自由授粉
22	422	尾叶桉	巨桉	69	718	尾巨桉	自由授粉
23	423	尾叶桉	巨桉	70	719	尾巨桉	自由授粉
24	424	尾叶桉	尾叶桉	71	807	尾叶桉	赤桉
25	426	尾叶桉	尾叶桉	72	812	尾巨桉	自由授粉
26	427	尾叶桉	尾叶桉	76	S3	巨桉	刚果12
27	428	尾叶桉	尾叶桉	77	S5	巨桉	自由授粉
28	429	尾叶桉	巨桉	79	S10	巨桉	赤桉
29	430	尾叶桉	尾叶桉	80	S11	巨桉	刚果12
30	431	尾叶桉	尾叶桉	81	S12	巨桉	昆北赤桉
31	432	尾叶桉	尾叶桉	82	S21	巨桉	赤桉
32	501	尾叶桉	尾叶桉	83	S22	巨桉	刚果12
33	502	尾叶桉	刚果桉	84	S23	巨桉	自由授粉
34	504	尾叶桉	尾叶桉	85	Y1	邓恩桉	巨桉
35	505	尾叶桉	尾叶桉	86	Y2	邓恩桉	边沁桉
36	508	尾叶桉	巨桉	87	Y7	邓恩桉	柳桉
37	509	尾叶桉	巨桉	88	Y9	邓恩桉	赤桉
38	510	尾叶桉	赤桉	89	Y11	邓恩桉	自由授粉
39	513	尾叶桉	巨桉	90	Y15	邓恩桉	巨桉
40	514	尾叶桉	巨桉	91	G1	巨桉	自由授粉
41	515	尾叶桉	巨桉	92	G2	巨桉	自由授粉
42	516	尾叶桉	巨桉	93	D1	邓恩桉	自由授粉
43	517	尾叶桉	巨桉	94*	GY66	韦塔桉	赤桉
44	518	尾叶桉	巨桉	95*	DH32-29	尾叶桉	巨桉
45	519	尾叶桉	赤桉	96*	GU9	巨桉	尾叶桉
46	520	赤桉	尾叶桉	97*	Eg2	巨桉	巨桉

注:\*表示无性系造林。

### 1.3 造林方式

2009年冬季对林地进行全面清杂,采用挖穴方式整地,穴规格为50cm×50cm×30cm(长×宽×深),株行距2m×2.5m,每穴施250g钙镁磷肥作为基肥。2010年春季造林。定植两个月后抚育除草1次。

### 1.4 试验设计

林分排列方式为随机区组试验设计,每小区5株,重复4次,布置方式为小区垂直于等高线。试验

林地四周以桉树无性系 G2 为隔离行。

### 1.5 调查统计

分别于 2014 年 11 月中旬(5a 生)和 2016 年 4 月中旬(7a 生)对试验林分所有的杂交组合、CK 和隔离行植株均进行观测,测量各组合和 CK 的存活株数、2010 年至 2014 年的累积死亡数和存活数、2016 年初雪压造成断裂数、弯曲数、成活数(2016 年通直数 = 2014 年存活数 - 断裂数 - 弯曲数)和通直率(2016 年通直数/2014 年存活数),存活植株的胸径、树高等指标。

对杂交组合进行描述统计,计算各杂交组合的累积死亡率和存活率,百分数经过反正弦平方根转换后检测是否符合正态分布,如果符合正态分布则转换后进行方差分析,差异显著时采用 Tukey 法进行多重比较;反之采用相关样本 Wilcoxon 符号秩检验后再进行多重比较。初步选择 2014 年存活数高、2016 年通直率较高的杂交组合作为定向培育抗雪压、耐低温桉树的优选组合。然后分别统计初选组合中通直桉树的平均胸径和平均树高,并与 4 个无性系进行两两比较,对初选的杂交组合进行复选。

优树选择采用直立指标结合生长量评选,以杂交组合为单位进行筛选,要求树体通直,没有弯曲、断顶或折断,胸径和树高大于无性系的平均值。

分别标记各个杂交组合的存活、直立桉树;填写优树登记表,绘制优树位置示意图;实测候选优树的

树高、胸径,选择胸径值大于存活 CK 平均胸径 20% 以上的桉树为优树。

## 2 结果与分析

### 2.1 林分整体描述

试验林由 1840 株桉树组成。2014 年调查结果表明(表 3),林分的自然死亡率为 15.11%。现场调查发现,桉树林分的主要死亡期出现在造林前期,主要原因是造林后林分处于近自然状态生长,没有实施除草、施肥等抚育措施。随着幼苗长高,抗性增强,杂草对其影响减小,林分的存活率上升。

2016 年 1 月 21 日至 1 月 24 日,泸州地区出现极端雨雪天气,泸县积雪深度 7 cm。积雪导致很多桉树被雪压断或压弯,据统计,34.08% 桉树折断,19.62% 桉树被压弯,能承受积雪影响、存活的桉树有 399 株,占总数的 21.68%,另有 175 株桉树被冻死,占总数的 9.51%,初步调查结果表明积雪胁迫对桉树林分的影响大于低温胁迫(表 3)。4 类桉树的平均胸径和平均树高见表 4,直立状态桉树的平均胸径和平均树高大于其余 3 类桉树,但方差分析发现 4 类桉树的平均胸径和平均树高之间没有显著性差异,表明不能从胸径、树高判断桉树在积雪环境中的表现。

表 3 桉树林分总体情况调查

总数	2014 年情况调查				2016 年情况调查					
	死亡数	死亡率	折断数	折断率	弯曲数	弯曲率	存活数	存活率	死亡数	死亡率
1840	278	15.11%	627	34.08%	361	19.62%	399	21.68%	175	9.51%

表 4 积雪后折断、弯曲、直立和死亡的桉树林分平均胸径和平均树高

性状	桉树积雪后的情况			
	折断的桉树	弯曲的桉树	直立的桉树	死亡的桉树
平均胸径(cm)	12.57 ± 4.8	12.41 ± 4.33	12.95 ± 4.29	11.91 ± 4.34
平均树高(m)	12.24 ± 3.72	12.08 ± 3.79	12.27 ± 3.68	12.03 ± 3.57

### 2.2 耐积雪胁迫的杂交组合初选

从各个杂交组合 2014 年存活数方差分析表明杂交组合间存在显著性差异,多重比较结果发现(表 5),4 个杂交组合(2 号、54 号、71 号、77 号)平均存活数较少且与 4 个无性系存在显著性差异,说明这些杂交组合在前 5a 的生长中适应能力差,达不到现有主栽无性系品种的水平,不能入选耐胁迫的

杂交组合,尽管 2 号组合 2016 年的通直率很高,但随后选择出的优树中没这些组合也证明了该结论。

2016 年统计各个杂交组合情况时,由于基数的不一致,采用通直率表征林分的耐积雪胁迫能力。结果表明:不同的杂交组合在积雪灾害中的存活能力差异较大。14 个杂交组合平均通直数与 4 个无性系相比差异显著,其中平均通直率最高为 69.17%,最低为 40%。结果表明杂交子代中蕴藏着很多变异,导致子代苗期造林表现的差异,以及对

突发性异常气候的适应能力的差异。结合 2015 年平均存活数对余下杂交组合做进一步筛选,从中选择出 2015 年平均存活数  $\geq 4.75$ 、2016 年通直率高于无性系平均通直率 20% 以上的杂交组合 18 个。

表 5 不同杂交组合 2014 年存活数和 2016 年平均通直率调查情况

杂交组合	2015 年平均存活数	2016 年平均通直率	杂交组合	2015 年平均存活数	2016 年平均通直率
1	4.75	30.00%	47	4.75	20.00%
2	2*	62.50%*	48	4	23.33%
3	4.25	44.58%*	49	4.5	27.50%
4	4	48.33%*	50	5	35.00%
5	4.5	43.75%*	51	5	40.00%*
6	5	20.00%	52	4.75	40.00%*
7	4.75	67.50%*	53	4.5	21.25%
8	3.75	41.67%*	54	2.75*	12.50%
9	3.5	69.17%*	55	4	25.00%
10	4	25.00%	56	4.5	20.00%
11	4.25	23.75%	57	4.75	25.00%
12	4.75	41.25%	58	4.75	15.00%
13	4.5	32.50%	59	4	37.50%
14	4.75	37.50%	60	4.5	25.00%
15	5	40.00%*	61	4.25	18.75%
16	4	12.50%	62	3.5	18.75%
17	4	24.58%	63	4.75	20.00%
18	5	30.00%	64	4.5	25.00%
19	3.75	27.92%	65	4	11.25%
20	5	25.00%	66	4.25	11.25%
21	4.5	28.33%	68	4.5	18.75%
22	4.75	11.25%	69	4.5	26.25%
23	4.75	47.50%*	70	3.75	27.92%
24	4.25	18.33%	71	2.5*	6.25%
25	5	20.00%	72	3.5	12.50%
26	4.75	16.25%	76	4.5	21.25%
27	4.75	31.25%	77	3.25*	43.33%*
28	4.5	32.50%	79	4.25	31.25%
29	5	25.00%	80	4.5	21.25%
30	4	12.50%	81	3.25	14.58%
31	4.5	20.00%	82	4.5	6.25%
32	5	35.00%	83	4.5	20.00%
33	4.25	44.17%*	84	4.25	22.50%
34	3.75	37.50%	85	3.5	44.17%*
35	3.25	18.75%	86	3.5	0.00%
36	4.5	0.00%	87	3.75	18.75%
37	4.75	5.00%	88	3.75	16.67%
38	4	43.75%	89	3.25	25.00%
39	4.5	28.33%	90	3.25	13.33%
40	5	35.00%	91	4.25	6.25%
41	4.75	25.00%	92	3.75	6.25%
42	5	35.00%	93	4	21.67%
43	4.5	21.25%	94	4.25	15.00%
44	3.75	0.00%	95	4.75	31.25%
45	4.75	5.00%	96	4.25	11.25%
46	3*	20.83%	97	4.5	17.50%

注: \* 表示该杂交组合与无性系(94-97)在当前指标存在差异显著( $p=0.05$ )。

通过累积死亡率和存活率初步筛选出耐积雪胁迫的杂交组合共计 32 个(表 6),分属于 14 种杂交类型,以母本为尾叶桉、尾巨桉、巨桉和赤桉为主。从表 7 中还能发现,同一母本的杂交类型,其杂交组合入选率差异不大,如母本为尾叶桉的杂交类型,入选率在 30%~50%(杂交组合数量  $\leq 5$  的由于样本数过小,不纳入考虑范围),表明母本的选择对子代林的耐积雪胁迫和低温胁迫能力影响较大,桉树子代林有较强的母本效应。

表 6 耐积雪胁迫杂交组合筛选

杂交组合	母本	父本	杂交组合	母本	父本
1	尾叶桉	巨桉	38	尾叶桉	赤桉
3	尾叶桉	韦塔桉	40	尾叶桉	巨桉
4	尾叶桉	韦塔桉	41	尾叶桉	巨桉
5	尾叶桉	尾细桉	42	尾叶桉	巨桉
7	尾叶桉	巨桉	50	赤桉	尾细桉
8	尾叶桉	尾叶桉	51	赤桉	尾细桉
9	尾叶桉	尾叶桉	52	赤桉	尾叶桉
14	尾叶桉	巨桉	57	尾叶桉	赤桉
15	尾叶桉	巨桉	59	尾叶桉	赤桉
18	尾叶桉	尾叶桉	60	尾巨桉	赤桉
20	尾叶桉	巨桉	64	尾巨桉	赤桉
23	尾叶桉	巨桉	69	尾巨桉	自由授粉
27	尾叶桉	尾叶桉	77	巨桉	自由授粉
29	尾叶桉	尾叶桉	79	巨桉	赤桉
32	尾叶桉	尾叶桉	84	巨桉	自由授粉
33	尾叶桉	刚果桉	85	邓恩桉	巨桉

表 7 复选耐积雪胁迫杂交组合所属杂交类型统计

序号	杂交类型	杂交组合总数	耐积雪胁迫杂交组合入选数	耐积雪胁迫杂交组合入选率
1	赤桉 × 尾细桉	2	2	100.00%
2	赤桉 × 尾叶桉	5	1	20.00%
3	邓恩桉 × 巨桉	2	1	50.00%
4	巨桉 × 赤桉	2	1	50.00%
5	巨桉 × 自由授粉	3	1	33.33%
6	巨桉 × 自由授粉	1	1	100.00%
7	尾巨桉 × 赤桉	3	2	66.67%
8	尾巨桉 × 自由授粉	3	1	33.33%
9	尾叶桉 × 赤桉	6	3	50.00%
10	尾叶桉 × 刚果桉	2	1	50.00%
11	尾叶桉 × 巨桉	20	9	45.00%
12	尾叶桉 × 韦塔桉	2	2	100.00%
13	尾叶桉 × 尾细桉	2	1	50.00%
14	尾叶桉 × 尾叶桉	20	6	30.00%

### 2.3 耐积雪胁迫的杂交组合复选

统计初步筛选耐积雪胁迫杂交组合中通直桉树的平均树高和平均胸径,把每个杂交组合分别与 4 个无性系进行两两比较,标记数值低于无性系并与之有显著性差异的组合(表 8)。共有 10 个杂交组合的平均胸径和平均树高低于无性系,7 个杂交组

合有一项平均指标低于无性系,从初选结果中剔除17个杂交组合。保留剩余15个杂交组合。即:1

号、3号、7号、8号、9号、14号、15号、18号、20号、23号、27号、29号、40号、41号和69号。

表8 初选耐积雪胁迫杂交组合平均树高和平均胸径比较

杂交组合	平均树高	平均胸径	杂交组合	平均树高	平均胸径
1	15.17 ± 4.49	14.2 ± 4.61	41	12.9 ± 2.79	14.14 ± 2.82
3	14.44 ± 2.27	14.86 ± 3.81	42	11.14 ± 4.7**	12.29 ± 3.27**
4	8.38 ± 4.59**	11.81 ± 6.92**	50	10.14 ± 4.06**	9.21 ± 3.97**
5	12.25 ± 5.32	13.15 ± 5.31**	51	9.56 ± 4.56**	7.05 ± 2.76**
7	14.27 ± 2.73	16.35 ± 3.38	52	10.88 ± 3.53	9.18 ± 2.81**
8	14 ± 1.97	14.12 ± 3.38	57	8.4 ± 2.1**	10.32 ± 1.94**
9	13 ± 2.94	13.9 ± 2.71	59	9.12 ± 2.67**	9.93 ± 4.11**
14	16.46 ± 1.86	17.5 ± 2.97	60	12.2 ± 1.3	11.74 ± 1.73**
15	13.5 ± 4.04	15.63 ± 4.6	64	11.2 ± 2.28**	9.46 ± 2.26**
18	15.58 ± 1.2	16.22 ± 4.12	69	12.2 ± 2.39	14.34 ± 3.54
20	14.38 ± 1.75	15.7 ± 3.15	77	12.75 ± 3.1	12.45 ± 3.82**
23	14.17 ± 2.26	15.3 ± 2.36	79	10.56 ± 3.92**	10.92 ± 2.62**
27	15 ± 2.26	15.6 ± 3.69	84	10.35 ± 3.06**	9 ± 2.42**
29	13.4 ± 2.79	14.48 ± 2.5	85	12.52 ± 1.75	11.15 ± 2.73**
32	14.36 ± 3.2**	14.5 ± 3.12	94 <sup>a</sup>	14.67 ± 1.15	12.9 ± 1.57
33	11 ± 2.24**	12.66 ± 2.21**	95 <sup>a</sup>	15.5 ± 1	17.08 ± 1.27
38	8.14 ± 3.85**	9.43 ± 1.72**	96 <sup>a</sup>	14 ± 2.83	14.85 ± 1.91
40	13.86 ± 3.18	14.87 ± 3.33	97 <sup>a</sup>	14.13 ± 1.5	14.27 ± 0.12

注: \*\*表示杂交组合该指标至少与一个无性系存在限制性差异; a表示无性系。

2.4 耐积雪胁迫优树选择与耐积雪胁迫杂交组合补充

指标和积雪后是否能保持直立状态,确定了各个杂交组合的优树数量和位置,各优树的树高胸径见表

桉树优树评选综合考虑胸径和树高两个生长量

9。共选择出耐积雪胁迫的桉树单株90棵。

表9 耐积雪优树选择结果

优树编号	杂交组合	年树高(m)	年胸径(cm)	优树编号	杂交组合	年树高(m)	年胸径(cm)	优树编号	杂交组合	年树高(m)	年胸径(cm)	优树编号	杂交组合	年树高(m)	年胸径(cm)
1	1	19	18	46	23	17	18.2	24	13	15	18	69	39	16	15.4
2	1	18	17.7	47	23	16	15.9	25	13	15	18.5	70	40	16	17.2
3	1	17	17.6	48	23	16	17.3	26	14	17.7	21.5	71	40	16	17.5
4	3	18	22.8	49	23	15	16.5	27	14	17	15.8	72	40	16	17.7
5	3	16.5	15.7	50	25	16	19	28	14	16.5	15.8	73	40	16	17
6	3	16	15.8	51	25	15	17.2	29	14	16	18.6	74	42	16	15.5
7	5	17	18	52	26	15	15.6	30	14	16	20.1	75	43	17	18.1
8	5	16	17.9	53	27	18	19.9	31	15	18	19.4	76	49	16	16
9	5	16	19.8	54	27	16.5	17.9	32	15	16	18.5	77	49	16	16
10	7	18	21.6	55	27	16	17.8	33	15	16	18.8	78	49	15	15.8
11	7	17.7	23	56	28	18	19.3	34	15	15	20.2	79	55	16	17.4
12	7	17.5	19.8	57	28	17	15.7	35	17	15	15.4	80	55	15	18.3
13	7	15.5	17.5	58	28	15.3	19	36	18	17	18	81	56	17	16.5
14	8	16	15.6	59	29	18	18.5	37	18	17	21.3	82	61	18	20.6
15	8	16	18.1	60	31	17	18.9	38	18	15.5	18.3	83	61	16	23.6
16	8	15	15.7	61	32	18	17.5	39	18	15	15.8	84	61	15	15.2
17	9	18	18.1	62	32	16.5	16.5	40	19	16	18.3	85	63	16	25.1
18	9	17	15.2	63	32	16	18	41	20	16	18.3	86	69	15	17.7
19	9	15	17.1	64	34	17	17.1	42	20	15	18.2	87	77	17	15.7
20	10	16	17.6	65	34	15	17.6	43	20	15	17	88	80	17	18.3
21	12	18	22.2	66	39	16.5	23.8	44	21	16	18.9	89	93	16	16.5
22	13	16	17.2	67	39	16.5	18.8	45	22	15	16.4	90	93	15	15.2
23	13	16	16.1	68	39	16.5	21								

优树群体中45株来源于复选的耐积雪胁迫杂交组合,平均树高16.45 m,平均胸径18.08 cm;另

外45株优树来源于未入选耐积雪胁迫类型的杂交组合,平均树高16.1 m、平均胸径18.1 cm,其中34

株母本为尾叶桉,4 株母本为尾巨桉,3 株母本为赤桉,两株为邓恩桉自由授粉子代,两株母本为巨桉。这些优树的杂交组合未入选耐积雪胁迫组合的原因是组合内性状变异过大,导致平均值较低,使得这些杂交组合被漏选。选择优树数量 $\geq 3$ 的杂交组合,补充至耐积雪胁迫组合中,共有 6 个杂交组合,分别是:5 号、13 号、28 号、39 号、49 号和 61 号。最终共获得 21 个耐积雪胁迫杂交组合。

### 3 结论与讨论

杂交组合选择和优树选择是挖掘优异种质资源的必然途径,在定向培育具有特定性状林木的过程中具有重要意义<sup>[1-3]</sup>。本研究以 2016 年初受到积雪影响的桉树杂交子代林为研究对象,开展了耐积雪胁迫的杂交组合及优良单株选择研究。共筛选出 21 种杂交组合,同时选择 90 棵耐积雪胁迫的优良桉树单株。

桉树引种驯化北移是桉树发展的趋势<sup>[4]</sup>,培育耐积雪、耐低温的桉树品种是扩展桉树种植区域的重要内容<sup>[5]</sup>。以现有林分中耐积雪低温的桉树优株为材料,通过无性系化研究,建立无性系测定林,是获得桉树新品种的主要方法<sup>[2]</sup>,而测定全同胞家系,寻求胁迫条件下,存活率高的杂交组合,能扩展优株选择的范畴。

优树选择的方法很多,常见的有 5 株优势木法<sup>[6]</sup>、生长性状与形质指标联合选择法<sup>[7]</sup>、综合评价法<sup>[8]</sup>等。基于单纯用材目的选择的核心问题是材积和生长速度的比较,耐积雪胁迫桉树的选择不同于传统用材林优树的选择,本研究综合了成活率、积雪后通直率和生长性状指标对 92 个杂交组合进

行了筛选;在选择优良单株的过程中,由于积雪后林地的特殊性,使得测量树冠、树高、冠幅、分枝角度、侧枝粗细等形质指标非常困难,而这些指标不仅与树冠的积雪面积、数量直接相关,在联合力学性能时,还与桉树是否会被积雪压弯、压断直接相关。为了解决这一矛盾,本研究直接采用最终的结果——植株是否保持直立状态——为指标。

本研究所获得的杂交组合可以用于定向培育更多遗传型的耐寒和耐积雪桉树,所获得的优良单株在无性系化后,可以在四川北部和盆周山地进行区域试验,进而申报良种。同时在今后的研究中,将加入优树力学特征的研究,建立树高、胸径和力学特征与存活率之间的数学模型,达到利用模型预测桉树林分受积雪胁迫影响的目的。

### 参考文献:

- [1] 吴俊,陈健波,陈剑成,等.桉树无性系主要性状差异分析与评价[J].广西林业科学,2013,42(4):304~309.
- [2] 肖小芳,杨曾奖,徐大平,等.桉树无性系区域测定及经济效益评价[J].广东林业科技,2014,30(4):48~52.
- [3] 杨梅,黄晓露,谭玲,等.4 个桉树优良无性系的耐铝性评价指标分析[J].中南林业科技大学学报,2011,31(9):28~33.
- [4] 李晓清,胡天宇.四川桉树基因收集及培育技术[J].四川林业科技,2004,25(01):26~30.
- [5] 刘奕清,陈泽雄,刘长春,等.重庆桉树无性系引种评价与选择效果[J].桉树科技,2008,25(2):16~19.
- [6] 翁海龙,陈宏伟,段安安.思茅松高产脂优树选择[J].西北林学院学报,2010,25(3):71~74,79.
- [7] 刘光金,贾宏炎,卢立华,等.不同林龄红椎人工林优树选择技术[J].东北林业大学学报,2014(5):9~12.
- [8] 曹展波,林小凡,罗坤水,等.16 种常绿阔叶树种人工林早期生长评价[J].江西农业大学学报,2014(6):1290~1297.