

文章编号:1001-1498(2005)06-0706-05

## 韦塔桉为母本的控制授粉研究\*

李光友<sup>1</sup>,徐建民<sup>1</sup>,卢国桓<sup>2</sup>,黎元伟<sup>2</sup>,黄振华<sup>2</sup>,陆钊华<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所,广东 广州 510520;

2. 广东省江门市新会区林业局,广东 江门 529000)

**摘要:**对2.5年生位于广东江门韦塔桉种质资源库内的母株进行控制授粉试验,结果表明:(1)不同父本花粉在相同母本上的平均座果率、平均单果产种量排序均为:尾叶桉>韦塔桉>巨桉,说明花粉类型对果实宿存和平均单果产种量有影响,亲缘关系越远,获得种子的可能性越小;(2)切割花柱法是缩短授粉时间、减少工作量的授粉方法;(3)参试母株W3102的座果率高,但产种量少,W3604座果率高,种子产量也高;(4)全双列育种有利于亲子代遗传关系分析,但花期不遇影响目的种子的获得,从而延长育种年限;(5)花粉对座果率的影响不如母株的影响显著。参试的8株母本座果率排序为:W3102>W3507>W3604>W3401>W3708>W3206>W3103>W3105。

**关键词:**韦塔桉;控制授粉;全双列杂交;切割花柱法

**中图分类号:**S792.39

**文献标识码:**A

## Study on Controlled Pollination of *Eucalyptus wetarensis*

LI Guang-you<sup>1</sup>, XU Jian-min<sup>1</sup>, LU Guo-huan<sup>2</sup>, LI Yuan-wei<sup>2</sup>, HUANG Zhen-hua<sup>2</sup>, LU Zhao-hua<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Forestry Bureau of Xinhui, Jiangmen 529000, Guangdong, China)

**Abstract:** In this paper, 6 provenances including 8 plus trees of 30-month-old *Eucalyptus wetarensis* were selected in an orchard in Jiangmen City, Guangdong Province for controlled pollination. Many hybrids were acquired by breeding with different pollen of *Eucalyptus* trees. The results indicated that: (1) average value of fruits/sack among different pollens is in the order of *E. urophylla*'s > *E. wetarensis*' > *E. grandis*', the average seed quantities per fruit is in the order of *E. urophylla*'s > *E. wetarensis*' > *E. grandis*'; (2) incision methods of flower pillar for controlled pollination could acquire hybrids and save pollination time; (3) all diallel crossing could in favor of analysis of genetics between parents and progenies, but isolation of phonological phase would prolong period of breeding to attain object hybrids; (4) the average value of fruits/sack was significantly different among different mother trees according to variance analysis, and the order of value is W3102's > W3507's > W3604's > W3401's > W3708's > W3206's > W3103's > W3105's. The impact of mothers for value of fruits/sack was much higher than pollens', so it is very important to select mother trees in breeding.

**Key words:** *Eucalyptus wetarensis*; controlled pollination; all diallel crossing; incision methods of flower pillar

杂交是育种研究的重要方法,也是获得遗传增益的重要手段。林木上杂交通常是指不同种或种内不

同小种的交配,杂种由于组合了两个或多个亲本的优良基因,其生长发育或抗性往往比亲本种更优越,种

收稿日期:2004-12-15

基金项目:国家“十五”科技攻关项目“优质林木果树育种及高效利用技术研究”之课题“南方主要速生阔叶树种新品种选育及培育技术”的子课题“桉树良种选育及高产栽培技术”(2002BA515B02)的部分研究内容

作者简介:李光友(1970—),男,重庆开县人,中国林科院热带林业研究所助理研究员。

\*在此致谢提供花粉的福建漳州林业局国营林场管理处,提供授粉条件的广东江门市新会区林科所及罗坑镇林业站!

间杂交在“难生根”的桉树改良上应用十分普遍,目前已获得了一批优良杂种<sup>[1]</sup>。按 Pryor-Johnson 分类系统<sup>[2]</sup>,桉树属(*Eucalyptus* L' Hérít.)分为7个亚属19个组和多个系,同一亚属不同组间的种可以进行杂交,产生杂种。适宜在广东省生长的尾叶桉(*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake)、韦塔桉(*Eucalyptus wetarensis* Pryor)、细叶桉(*E. tereticornis* Smith)、赤桉(*E. camaldulensis* Dehnh.)、刚果12号桉(*E. ABL12*)、窿缘桉(*E. exserta* F. Muell.)、雷林1号桉(*E. leizhou* No.1)、巨桉(*E. grandis* W. Hill ex Maiden)、柳桉(*E. saligna* Smith)和粗皮桉(*E. pellita* F. Muell.)同属双蒴盖亚属(*Symphyomyrtus*),前7个树种为窿缘组,后3个树种为横脉组<sup>[1]</sup>,上述10个桉树种间杂交可以产生杂种。中国林科院热带林业研究所新会韦塔桉种质资源库内现有6个优良种源,从中选择速生、干形圆满通直、自然整枝良好的8株韦塔桉为母本,通过交配设计,收集包括韦塔桉在内的多种桉树花粉为父本,实施控制授粉试验,获得性状的遗传参数,在较早世代分析鉴定出组合的亲本优势,缩短处理育种材料的范围和时间,从而提高育种效率,获得目的组合。

韦塔桉是速生树种,既可用于绿化造林,也能作为重要的工业用材树种,是优良制浆造纸原料,它耐干旱、瘠薄,具有作为培育速生高抗育种材料的可行性和必要性。韦塔桉在我国的热带、南亚热带地区低山、丘陵都可以种植,能适应铁质砖红壤、赤红壤、山地赤红壤等多种立地类型<sup>[2]</sup>。通过韦塔桉控制授粉研究,旨在获得具有优良遗传基础的杂种种子,供进一步培育和选择,满足华南地区“林纸一体化”项目对速生高抗新品种的需要。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

韦塔桉种质资源库于2000年5月建立,位于广东省江门市新会区罗坑镇(113°05'E,23°34'N,海拔45m),库内6个种源及原产地概况见表1,以6个种源为基础选择8株优树进行控制授粉试验。优树选择以候选树为中心,在立地条件一致的15m范围内(包括30~40株以上),选出仅次于优树候选树的3~5株优势木作对比树。按优树标准生长量指标逐项实测,比较鉴定。候选树通过与对比树比较评定,符合优树标准要求者作为优树登记入选<sup>[3,4]</sup>。由于入选优株需当年开展杂交授粉,因此入选者此时一般应具有较多花蕾,实际操作时需兼顾各种源均有优株入选。按上述方法有8株母树入选,参试母株授粉前的基本状况见表2。2002年9月人工授粉时参试父本有:韦塔桉、巨桉、尾叶桉、尾巨桉(尾叶桉为母本,巨桉为父本的常规定名法,下同)、巨尾桉、尾细桉及刚果12号桉等种的花粉,由于采集时间、地点、品种(多个桉)及类型(包括杂交、不同家系花粉)多样,受篇幅限制不一一介绍,但授粉前需要对花粉进行活力测定,符合要求的才可参与授粉育种。

表1 种源批号及种源原产地概况

种源批号	种源原产地	纬度 S/(°')	经度 E/(°')	海拔/m
17831	Ilwaki Wetar	IND 7 52	126 27	515
17832	Arнау Wetar	IND 7 49	126 10	315
17834	Telemar SW Wetar	IND 7 54	125 58	180
17835	Carbubu Wetar	IND 7 56	125 53	175
17836	Uhak NE Wetar	IND 7 39	126 29	350
17837	Old Uhak Wetar	IND 7 36	126 37	215

表2 参试母株授粉前基本情况

参试母株试验号	亲本株数	种源批号	树高/m	胸径/cm	枝下高/m	冠幅/m	树皮宿存高度/m	花蕾形状及大小
W3401	1	17834	14.0	15.00	4.0	4.2	4.0	大
W3102	1	17831	13.5	13.40	0.5	4.0	6.0	小
W3103	1	17831	12.0	12.38	3.8	2.8	6.0	小
W3604	1	17836	12.0	12.80	3.0	4.0	宿存	大
W3105	1	17831	12.0	12.70	1.5	5.0	1.5	小
W3206	1	17832	11.0	11.15	2.5	3.0	2.0	大
W3507	1	17835	11.0	10.90	3.0	4.0	宿存	大
W3708	1	17837	10.0	9.80	2.5	3.0	2.5	球型,中

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 授粉方法

1.2.1.1 常规授粉法 韦塔桉常规授粉<sup>[6]</sup>时的最佳时机为柱头分泌粘液时,一般在上午 10:00 前授粉较适宜,此时雌蕊柱头上的粘液较多,利于接受花粉;最好雨天不授粉,以防柱头等器官渗水影响授粉效果。采用竹制授粉匙,匙长约 28 cm、直径 4 mm,一端离端头 2.5 mm 处钻一小洞盛花粉,洞直径 2.7 mm、深 3 mm。

1.2.1.2 切割花柱法 采用切割花柱法<sup>[7]</sup>的步骤:套袋前花蕾去雄(为提高工作效率也可以不去雄,因桉树自花受精率低<sup>[2,5]</sup>)→割除雌蕊上部 2/3→立即将需授花粉直接授于雌蕊伤口部位→套袋。

1.2.2 授粉设计 试验中父母本均为韦塔桉时采用全双列交配设计<sup>[4,8]</sup>,包括自交、正交和反交,其组合数为  $8 \times 8 = 64$  个。该设计能有效地估算有关群体的遗传和环境参数,可以提供所有参试亲本的一般配合力和所有组合的特殊配合力,以及遗传方差分量和遗传力的估计值。父本为非韦塔桉者,选择适应性强、生长快的多个桉树花粉用于试验。

## 2 结果与分析

### 2.1 韦塔桉开花物候

2001 年 9 月调查该资源库时有的树已开始开花,且发现库内韦塔桉在 1 a 内开花时间可延续 6 个月之久。近两年调查,韦塔桉盛花期均在 9 月下旬至 10 月中下旬,少数植株为 11 月至 12 月份。2002 年库内植株最早开花时间在 8 月上旬,入选的 W3102 母株 9 月 12 日始花,20 日盛开,10 月 20 日

左右开败;其它母株次第开放,W3102 花谢 2 日后,W3604 于 10 月 22 日始花,10 月底盛开,11 月 20 日开败;W3708 开花最晚,始花期 11 月 3 日,11 月 15 日盛开,12 月 5 日前开败;库内植株直到 2003 年 1 月上旬才完全开败,前后延续 6 个月。

### 2.2 韦塔桉 × 韦塔桉(巨桉、尾叶桉)控制授粉结果

试验中韦塔桉、巨桉、尾叶桉的花粉类型多,按家系分别收集,分别授粉;但父本分析时需合并树种,简化花粉类型,本文主要集中在上述 3 种花粉分析上;其它参试树种(如刚果桉花粉)花粉类型少,套袋少,座果率低,种子收获量少,分析时可能误差较大,因此不宜单列分析。

从表 3 看出:韦塔桉种内杂交,座果率最高的是 W3102 株,达 48.06%,W3105 无果产生,平均座果率为 19.21%;平均单果种子数超过 20 粒的母株只有 W3401 和 W3604,超过 10 粒的有 W3206、W3507 和 W3708;韦塔桉种内控制授粉获得的单果种子数平均为 14.25 粒。以巨桉(包括巨尾桉)为父本,授粉座果率最高的是 W3102,达 79.06%,W3206 无果产生,平均座果率为 16.94%;平均单果种子数最多的 3 个母株分别为:W3401、W3604 和 W3708,均达 20 粒以上;单果种子数平均为 10.25 粒。以尾叶桉(包括尾巨桉、尾细桉)为父本,授粉座果率最高的是 W3102,达 46.60%,W3103、W3105 和 W3507 均未产生果实,平均座果率为 24.73%;平均单果种子数超过 20 粒的是 W3401 和 W3604,达 15 粒以上的是 W3708;单果种子数平均为 16.08 粒。结果表明:不同父本花粉的平均座果率、平均单果产种量均为尾叶桉 > 韦塔桉 > 巨桉。

表 3 巨桉、尾叶桉、韦塔桉花粉对不同母株控制授粉结果

母本	父本								
	韦塔桉花粉			巨桉花粉			尾叶桉花粉		
	套袋数/ 个	座果率/ %	平均单果 种子数/粒	套袋数/ 个	座果率/ %	平均单果 种子数/粒	套袋数/ 个	座果率/ %	平均单果 种子数/粒
W3401	10	23.78	20.3	9	17.26	25	13	45.27	20.8
W3102	5	48.06	2.5	7	79.06	2.4	5	46.60	3.52
W3103	9	31.22	7.3	11	6.43	8.8	3	0.00	0.0
W3604	18	21.49	23.6	35	13.06	20.7	5	16.67	23.9
W3105	6	0.00	0.0	12	17.79	1.06	9	0.00	0.0
W3206	7	3.26	15.3	1	0.00	0.0	1	33.33	8.5
W3507	9	11.02	19.3	2	0.00	0.0	0	0.00	0.0
W3708	11	10.20	12.6	24	5.85	21.2	2	16.33	15.6
平均	—	19.21	14.25	—	16.94	10.25	—	24.73	16.08

韦塔桉×韦塔桉全双列杂交设计,如果全部授粉成功将产生64个组合,因花期不遇2002年只进行了56个组合,其中产生果实的有33个(可能有果无种)、产生种子的有29个组合;2003年母株只有W3401、W3102、W3103、W3105和W3708开花,且后4株开花量少,套袋数少,加之授粉后台风过境,只有W3401母株成功4个组合。两年内全双列设计

授粉结果见表4。

从表4看出:有5个自交授粉得到种子。本试验中自交授粉同样采用集粉、去雄、套隔离袋的程序,这与水稻等自交时的套袋育种法<sup>[9]</sup>(对植株套袋,袋内花自交)不同。从表4还看出:不同优株之间的杂交可配性排序为:W3401 = W3604 > W3708 > W3102 = W3507 > W3103 = W3206 > W3105。

表4 8×8韦塔桉全双列设计授粉结果

母本	父本							
	W3401	W3102	W3103	W3604	W3105	W3206	W3507	W3708
W3401	A	A	A	A	A	A	A	A
W3102	—	A	A	—	A	A	B	—
W3103	—	B	B	—	A	A	—	—
W3604	A	A	A	A	A	A	A	A
W3105	—	—	—	—	—	—	—	—
W3206	—	A	—	—	—	A	—	—
W3507	—	A	A	—	A	B	—	—
W3708	A	—	A	A	A	A	—	A

注:表中A表示有种子产生,B表示只有果实没有种子,“—”表示没有收获果实。

### 2.3 不同授粉方式结果比较

切割花柱授粉因是非主流授粉法,在桉树中还未大量采用,本试验只是验证其制种可能性,套袋数量有所控制。试验中将某些花粉进行合并(如巨桉桉并入巨桉类花粉中,尾桉桉作相似处理)分析,有利于防止父本(花粉)类型单列时较大误差的产生。

以韦塔桉、尾桉桉(包括尾桉桉)、巨桉(包括巨桉桉)为父本的切割花柱授粉,均有种子产生,结果见表5。以授粉100粒果(座果率(不含%)×平均

每果产种子数换算,下同)为例,按表5中数据计算可得,3类花粉的平均产种量为:韦塔桉181粒、巨桉16粒、尾桉桉423粒。结果表明:平均产种量尾桉桉>韦塔桉>巨桉,这一结果与表3反映的常规法控制授粉结果(韦塔桉274粒、巨桉174粒、尾桉桉398粒种子)相同,说明不同授粉方法对种子产量有相同的影响趋势,但从整体上比较,常规法授粉100粒果所得到的平均产种量398粒明显高于切割花柱法的148粒。

表5 切割花柱法控制授粉结果

父本	套袋数/个	套果数/个	产果袋/个	产果数/个	座果率/%	平均单果种子数/粒
韦塔桉	24	432	12	66	15.28	11.83
尾桉桉(尾桉桉)	4	83	3	19	22.89	18.47
巨桉(巨桉桉)	14	278	1	2	0.72	22
合计	42	793	16	87	—	—

### 2.4 控制授粉综合分析

综合所有类型花粉,以授粉100粒果为准,分析各母株在相同工作量的制种难易程度,结果为:W3401 > W3604 > W3507 > W3102 > W3103 > W3708 > W3206 > W3105,其产种数分别为:521、381、214、148、39、1.26、0.59、0.07粒,表明参试8个母株制种难易程度各不相同,以W3401株最易,W3105最难。

以隔离套袋量为重复,每袋座果率经正弦变换后的数据为依据,采用双因素不等重复方差分析,分析参试8株韦塔桉母本及11类父本花粉(8株韦塔桉+尾桉桉+巨桉+刚果桉)授粉后座果难易程度,结果见表6。从表6可以看出:花粉类型对座果率影响不显著,而母本对座果率影响显著,说明不同母本对果实的保存影响大,母本之间座果率有显著差异。经Duncan检验,8株母本中W3102最易座果,

W3105 最易掉果,其排序为:W3102 > W3507 > W3604 > W3401 > W3708 > W3206 > W3103 > W3105;同种源的 W3102、W3103 和 W3105 座果率差异显著,表明座果成功受种源影响小,此结论需继续试验验证。

表6 韦塔桉母树、花粉对座果率影响的方差分析

变异来源	自由度	平方和	均方差	F 值	概率 P
花粉	10	4 064.81	406.48	1.19	0.303 5
母本	7	43 029.85	6 147.12	18.02 **	0.000 1
母本 × 花粉	34	17 467.65	513.75	1.51	0.055 9
误差	120	4 094.06	341.19		

注: \*\* 表示达1%极显著。P 表示接受零假设的概率 P 值,当概率 P < 0.05 时,拒绝零假设,表示差异显著。

### 3 结论与讨论

(1)巨桉、尾叶桉和韦塔桉花粉对韦塔桉母株授粉后,平均座果率、平均单果产种量均为:尾叶桉 > 韦塔桉 > 巨桉,说明花粉类型对果实宿存和平均单果产种量有影响,亲缘关系<sup>[2]</sup>越远,获得种子的可能性越小。

(2)从座果率看,母株间差异明显。对没有获得种子的杂交组合需今后继续试验,并同时验证某些母株(如 W3105 易掉果几乎无种子产生)可能不适合杂交育种。

(3)切割花柱法授粉在花卉上应用广泛,林木杂交还鲜见采用。桉树育种授粉采用该技术不必等到花柱分泌粘液就可直接授粉,缩短授粉时间和减少解、套袋工作量;不足之处在于桉花小,花柱切口面积小,不易着粉,且未去除的雄蕊也影响花粉的附着量,这一技术还需探索和改进。

(4)韦塔桉果实中种子产量与座果率是两个不同的概念,在育种工作中要选择既有较高座果率、又有较高种子产量的母株。W3102 虽然座果率高但受精程度不高,因此产生种子量少;W3604 是符合育种要求的母株,其座果率高,种子产量也高。

(5)全双列育种中,虽然有利于亲子代遗传关系分析,产生高遗传增益的后代,但花期不遇影响目的种子的获得,延长育种年限,分析表明:花粉对座果率的影响不如母株影响显著,此两方面说明在前期试验中要注意母株的选择,以防止选择不当导致败育和落果,浪费人力物力。

### 参考文献:

- [1] 吴坤明,吴菊英,徐建民,等. 桉树杂交育种的研究[J]. 林业科学研究,1996,9(5):504~509
- [2] 白嘉雨,徐建民,周文龙,等. 桉树[M]. 北京:经济管理出版社,1999:17~21,60~64
- [3] 沈熙环. 林木育种学[M]. 北京:中国林业出版社,1988:41~53
- [4] 王明麻. 林木育种学概论[M]. 北京:中国林业出版社,1988:67~81,146~167,223~243
- [5] 白嘉雨. 桉树速生丰产培育技术[M]. 北京:中国科学技术出版社,1992:31~32
- [6] 吴坤明,吴菊英,甘四明. 桉树杂交育种及杂种优势的利用简介[J]. 广东林业科技,2001,17(4):10~15
- [7] 黄济明. 采用切割花柱和幼胚离体培养方法培育百合种间远缘杂交种[J]. 种子,1983(3):24~27
- [8] 朱军. 遗传模型分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,1997:66~74
- [9] 傅爱军. 水稻雄性不育性的遗传研究[J]. 杂交水稻,1988a(6):35~37