

加勒比松异砧高位嫁接效果分析*

林昌明¹ 钟岁英¹ 王哲² 赵奋成²
叶威方¹ 谭志强¹ 李义良² 郭文冰²

(1. 广东省台山市红岭种子园, 广东 台山 529223; 2. 广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

摘要 在台山市红岭种子园内, 以湿地松 (*Pinus elliottii*) 精选种子园 3 个无性系的 12 a 生树木为中间砧木、加勒比松 (*P. caribaea*) 3 个变种共 17 个无性系的新梢为接穗, 研究砧木无性系、接穗无性系对接穗嫁接成活率、成活穗条直径、长度生长、雌雄花量的影响。结果显示: 3 个砧木中无性系 B118 是嫁接亲和力高的砧木无性系, B2、B6、C4、C5、H10、H17 是嫁接亲和力高的接穗无性系。方差分析结果显示砧木无性系对成活穗条直径和长度生长都有极显著的影响, 其中嫁接在砧木 A05 上的接穗生长量最大。开花性状方面, 在全部的成活接穗中, 有 18.07% 的接穗产生雌球花, 6.02% 的接穗产生雄花序, 成活接穗的雌、雄花量平均值分别为 0.67 个和 1.37 条。参试的 17 个接穗无性系中, 有 7 个无性系的成活接穗共产生了 56 个雌球花、114 条雄花序; 砧木无性系间对成活接穗的促花效果存在差异, 无性系 B118 的促花效果最佳。

关键词 加勒比松; 高位嫁接; 提早开花

中图分类号: S791.244 文献标识码: A 文章编号: 2096-2053(2018)02-0013-06

Effectiveness Analysis of *Pinus caribaea* Top Grafting on Interstocks of *P. elliottii*

LIN Changming¹ ZHONG Suiying¹ WANG Zhe² ZHAO Fencheng²
YE Weifang¹ TAN Zhiqiang¹ LI Yiliang² GUO Wenbing²

(1. Hongling Seed Orchard, Taishan, Guangdong 529223, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/ Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract At Hongling Seed Orchard, Taishan, Guangdong Province, the 12-year-old trees of three clones from slash pine genetically superior seed orchards “Elite” were as interstocks, and the shoot tips of 17 clones from three *Pinus caribaea* varieties were as scions. The effects of different interstock clones and different scion clones on the survival rate of grafted scions, diameter of live scions, length of living scions, and the amount of male and female strobili were studied. The results showed that the clone B118 was the interstock clone with the highest graft affinity, while the clones of B2, B6, C4, C5, H10 and H17 were the scions with a higher graft affinity. The result of variance analysis showed that different interstock clones had a significant effect on the growth of diameter and length of the living scions, and scions that grafted to interstock clone A05 had the largest growth. In terms of flowering traits, among all the living scions, 18.07% of them produced female inflorescences, 6.02%

* 基金项目: 广东省林业科技创新专项“湿加松优良新种质创制研究”(2015KJCX011, 2017KJCX014)。

第一作者: 林昌明(1968—), 男, 高级工程师, 主要从事松树良种繁育工作, E-mail:466718055@qq.com。

通信作者: 赵奋成(1963—), 男, 研究员, 主要从事松树遗传改良研究, E-mail:zhaofc@sinogaf.cn。

of them produced male inflorescences, and the average numbers of female and male inflorescences were 0.67 and 1.37, respectively. Of the 17 tested scion clones, the living scions of seven clones produced a total of 56 female and 114 male inflorescences. The effect of promoting flowering on the live scions was different among the three interstock clones, and the clone B118 had the best effect on promoting flowering.

Key words *P. caribaea*; top grafting; promote flowering

加勒比松 (*Pinus caribaea*) 是我国南方重要的商品林树种湿加松杂种 (*P. elliottii* × *P. caribaea*) 的育种亲本^[1]。目前, 我省开展湿加松育种的主要场所是处于南亚热带的台山市红岭种子园, 由于加勒比松是热带树种, 在热带北缘和亚热带地区虽然可以正常生长, 但生长量远低于热带地区, 而且开花时间推迟、花量偏少^[2], 这种情况不利于在较短的时间内配制大量的杂交组合, 影响了湿加松的育种进程。因此, 促使加勒比松育种材料提早开花结实, 对于加速湿加松良种选育进程有重大意义。

为促使育种材料提早开花、结实, 国外在火炬松 (*P. taeda*)、湿地松 (*P. elliottii*)、欧洲赤松 (*P. sylvestris*) 等树种开展了高位嫁接试验, 通过把目标无性系的穗条嫁接到种子园中处于正常开花结实的大树树冠上, 能够促使部分接穗当年开花^[3-5]。但是, 也有高位嫁接对促花无效或几乎无效的报道^[5]。至于可否在加勒比松的主要栽培区外通过高位嫁接促使加勒比松提早开花、结实, 作者作了初步试验。

1 材料方法

1.1 试验材料

1.1.1 接穗 以 12 株加勒比松优树和 5 个洪都拉斯加勒比松无性系树木的枝条作为试验接穗。这 12 株加勒比松优树选自 1974 年种植于广东省林科院内的加勒比松种源试验林, 其中, 属于巴哈马加勒比松 (*P. caribaea* var. *bahamensis*, PCB)、本种加勒比松 (*P. caribaea* var. *caribaea*, PCC) 和洪都拉斯加勒比松 (*P. caribaea* var. *hondurensis*, PCH) 的优树数量分别为 6 株、2 株和 4 株; 5 个洪都拉斯加勒比松无性系的穗条采自台山市红岭种子园内的加勒比松育种园, 该 5 个无性系的原株为 1970 年代种植于海南省澄迈县的加勒比松人工林内的优树, 于 2000 年采穗嫁接在该加勒比松育种园内。

1.1.2 砧木 在台山市红岭种子园内的湿地松 (PEE) 精选种子园中选择 3 个无性系的树木作为砧木。由于这些作为砧木的树木已经嫁接在湿地松实生苗木之上, 因此称其为中间砧木。该种子园营建于 2005 年, 这 3 个作为砧木的无性系都具有较好的开花、结实量。

1.2 大树矮化促萌嫁接方法

在湿地松种子园中, 10 a 生的树木高度通常在 8~10 m 以上^[6], 在树冠层嫁接需要借助升降机, 或搭高架, 为不用这些设备或设施, 本试验首先对确定作为砧木的树体进行矮化, 对其作截顶、促萌, 然后在新萌条上嫁接, 具体步骤如下。

1.2.1 砧木预处理 在湿地松种子园内选取生长正常的大树作为砧木, 用锯子截除其主干第 2 层轮枝以上的顶梢, 截顶高度通常为 1.5~2.0 m, 对于离地面达 2 m 以上的枝条尾梢也一并剪除。在树体截顶处理后, 每株树上施放鸡粪 10 kg、磷肥 2 kg、钾肥 0.5 kg, 促使树木旺盛生长及侧枝萌发新枝。

1.2.2 接穗采集、预处理及保存 从松树大树上部选择健康、饱满阳枝作为接穗, 用枝剪剪取约 10 cm 长的带顶芽枝条, 剥掉枝条上全部针叶, 挂上接穗无性系信息牌, 带回实验室备用。穗条随采随接, 如果不能马上嫁接, 即用 70°C 的石蜡溶液包裹后用密封袋装好放冰箱冷藏室保存, 保存时间不超过 15 d。

1.2.3 嫁接过程 采用贴接法嫁接。(1) 接枝选择: 在实操前在已截干促萌处理的大树上选取 1 a 生萌芽枝或 1 a 生延长枝 (阳枝) 作为嫁接枝, 要求嫁接枝粗度比接穗略大;(2) 接穗处理: 留顶芽以下约 7 cm 左右, 快刀距顶芽约 4 cm 处约以 30° 夹角斜切, 切口长度约 3 cm, 再在切口背部斜切一小刀, 刀口长度约 0.5~1 cm;(3) 接枝处理: 在处理好接穗后, 迅速将砧木或接枝顶部剪去, 落剪处应选择皮层青绿非完全木质化的地方, 或在 1 a 生新梢新旧交界往上约 6~8 cm 的地方截

除，随即迅速在砧木或接枝剪口横切面约 1/3~1/2 处往下纵切，深度比穗条切口略长；（4）接合：在处理好接枝后，快速将切好的穗条插入砧木的切口中，长切口一面面对接枝髓心方向，两者最小有一边形成层对齐，用专用嫁接带缠绕固定。伤口要密封，防止雨天或淋水时渗入，最后挂上穗条信息牌。嫁接 40 d 后调查成活情况、4 个月后解除绑带。

1.3 试验设计

2016 年春对湿地松精选种子园内的部分树木做截顶、促萌，2017 年 1 月分 2 批次在这些经过处理的树木上做嫁接，以开展相关研究。第 1 批次嫁接：2017 年 1 月中旬进行，选择湿地松无性系 A05、B02 作为中间砧木无性系，每个无性系随机选择 2 株分株；以 12 株加勒比松优树的枝条作为接穗，每株优树提供穗条 4~7 条，平均嫁接到

目标砧木上，每株砧木共嫁接穗条 13~14 条（表 1）。第 2 批次嫁接：时间为 2017 年 1 月下旬，中间砧木无性系是 B02、B118，每个无性系随机选择 5 株分株；接穗采自洪都拉斯加勒比松育种园内的 5 个无性系，每个无性系提供接穗数量 21~27 条，每株砧木上均嫁接参试的 5 个无性系的接穗，具体的嫁接数量见表 2。

1.4 数据收集与统计分析

2017 年 5 月份调查嫁接成活率，同年 12 月下旬调查成活接穗的基部直径（即接穗与砧木接合处的直径）、长度、雄花序和雌球花数量。

利用 Microsoft Excel 和统计软件 SAS 9.3 的 GLM 过程对试验数据作方差分析和多重比较，其中，嫁接成活率作方差分析和多重比较前用反正弦 $ASIN(X)$ 变换^[7]。

表 1 第 1 批试验中参试加勒比松材料及嫁接穗条的数量

Tab.1 Tested materials of Caribbean pine and number of grafted scions in the first batch of test

接穗无性系 Scion clone	变种 Variant	砧木无性系 A05 Interstock clone A05		砧木无性系 B02 Interstock clone B02	
		分株 1	分株 2	分株 1	分株 2
		B2	PCB	1	1
B3	PCB	1	1	1	1
B4	PCB	1	2	1	1
B5	PCB	1	1	1	1
B6	PCB	1	1	1	1
B7	PCB	1	1	1	1
C4	PCC	1	1	1	1
C5	PCC	1	1	1	1
H9	PCH	1	1	1	1
H10	PCH	1	1	1	1
H17	PCH	2	1	1	1
H29	PCH	1	1	1	1

表 2 第 2 批试验中参试加勒比松材料及嫁接穗条的数量

Tab.2 Tested materials of Caribbean pine and number of grafted scions in the second batch of test

接穗无性系 Scion clone	变种 Variant	砧木无性系 B02 Interstock clone B02					砧木无性系 B118 Interstock clone B118				
		分株 3	分株 4	分株 5	分株 6	分株 7	分株 1	分株 2	分株 3	分株 4	分株 5
		CMH02	PCH	2	3	2	2	2	4	5	2
CMH12	PCH	2	4	3	2	3	2	2	3	3	2
CMH15	PCH	2	5	2	2	2	2	2	2	2	2
QJH27	PCH	2	5	2	2	3	2	2	2	2	2
RPH13	PCH	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2

2 结果与分析

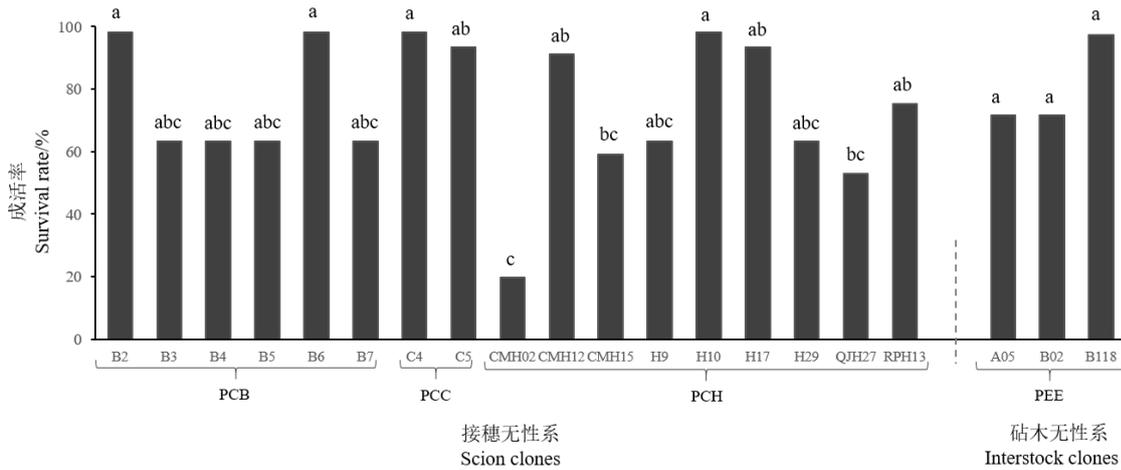
2.1 嫁接成活率

根据大树嫁接成活调查数据,分析了接穗的嫁接成活率,结果显示(图1):嫁接于砧木无性系 A05 和 B02 上接穗成活率都为 71.64%,嫁接于无性系 B118 上的接穗成活率比较高,达到 97.38%,虽然 B118 上嫁接的穗条成活率比在另 2 个砧木无性系上嫁接的成活率高了 25.74 个百分点,但差异没有达到显著水平 ($F=2.55$, $Pr=0.0843$)。接穗无性系间,其嫁接成活率达到显著差异 ($F=1.77$, $Pr=0.0499$),嫁接成活率达到 90% 以上的无性系有 7 个,分别为 B2、B6、C4、C5、CMH12、H10、H17;成活率最低的无性系 1 个,仅 19.73%,其它 9 个无性系的嫁接成活率介于 52.90%~75.24% 之间。

2.2 成活接穗的生长表现

对嫁接在砧木上成活穗条的基部直径、穗条长度进行了方差分析,初步分析结果显示砧木无性系与接穗无性系的交互作用不显著,所以将此来源忽略,进一步分析结果如表 3 所示。不同砧木无性系对穗条直径生长有极显著的影响,同时对穗条长度影响显著。不同接穗无性系对穗条长度作用显著,对直径生长作用不显著。表明砧木在接穗直径生长过程中发挥了重要的作用,接穗自身的遗传因素对长度生长有一定的控制。

嫁接在砧木无性系 A05 上的穗条生长最快,穗条平均直径和平均长度都最大,分别为 22.39 mm、68.03 cm,砧木 B118 上的成活穗条生长量居中,而砧木 B02 上的成活穗条生长量最小(表 4)。表明砧木 A05 对成活接穗生长有较大的促进作用。



注:具有相同字母的无性系表示其嫁接成活率差异不显著,显著性水平, $P=0.05$ 。Note: Clones with the same letter indicates that the difference in grafting survival rate is not significant, significant level, $P=0.05$ 。

图 1 接穗无性系嫁接成活率和嫁接在砧木无性系上嫁接成活率

Fig.1 Grafting survival rate of scion clones and scions on different interstock clones

表 3 接穗直径、长度的方差分析

Tab.3 Variance analysis for diameter and length of living topgraft

性状 Traits	变异来源 Source of variation	自由度 d.f	平方和 SS Sum of squares	均方 MS Mean square	F 值 F-measure	P 值 P value
穗条直径 Scion diameter /mm	砧木无性系	2	611.63	305.82	12.69***	< 0.0001
	接穗无性系	16	509.43	31.84	1.32 ^{ns}	0.2124
穗条长度 Scion length/cm	砧木无性系	2	2999.85	1499.93	3.66*	0.0313
	接穗无性系	16	15666.84	979.18	2.39**	0.0073

注:显著性水平, ns, $P>0.05$; *, $0.01<P<0.05$; **, $0.001<P<0.01$; ***, $P<0.001$ 。Note: Significant level, ns, $P>0.05$; *, $0.01<P<0.05$; **, $0.001<P<0.01$; ***, $P<0.001$ 。

表 4 砧木无性系对接穗两个生长性状的影响分析

Tab.4 Analysis of the effect of interstock clones on the two growth traits of living grafts

砧木无性系 Interstock clone	平均直径 /mm Average diameter	标准差 Standard error	平均长度 /cm Average length	标准差 Standard error
A05	22.39 a	1.40	68.03 a	5.78
B02	12.93 b	1.16	53.67 b	4.79
B118	15.31 ab	1.66	66.45 a	6.84

注：具有相同字母的无性系表示其嫁接成活率差异不显著，显著性水平， $P = 0.05$ 。Note: Clones with the same letter indicates that the difference in grafting survival rate is not significant, Significant level, $P = 0.05$.

表 5 3 个砧木无性系上接穗无性系的产花数量

Tab.5 Number of inflorescences produced by the living grafts on the three interstock clones

接穗无性系 Scion clone	变种 Variant	砧木无性系 A05 Interstock clone A05		砧木无性系 B02 Interstock clone B02		砧木无性系 B118 Interstock clone B118	
		雌球花量 / 个 Number of female inflo- rescence	雄花序量 / 条 Number of male inflores- cence	雌球花量 / 个 Number of female inflo- rescence	雄花序量 / 条 Number of male inflores- cence	雌球花量 / 个 Number of female inflo- rescence	雄花序量 / 条 Number of male inflores- cence
B2	PCB		53 (1)				
C4	PCC	2 (1)					
H10	PCH		28 (1)				
CMH02	PCH					2 (1)	
CMH12	PCH			9 (2)	12 (2)	14 (4)	21 (1)
CMH15	PCH			11 (3)		5 (2)	
QJH27	PCH					13 (2)	

注：括号内的数字为产生雌球花或雄球花的成活接穗数量。

Note: The number in parentheses is the number of living scions that produce female or male inflorescences.

2.3 成活接穗开花结果

嫁接当年 12 月下旬成活穗条的产花数量调查结果显示（表 5）。总体上，在被调查的 83 条成活接穗中，有 15 条接穗共产生了 56 个雌球花，5 条接穗产生了 114 条雄花序，产生雌球花和雄花序的接穗数量分别占总数量的 18.07% 和 6.02%，平均每条成活接穗的雌、雄花量分别为 0.67 个和 1.37 条。

按接穗无性系分析，产花的无性系有 7 个，占总数量的 41.18%。其中：PCB 变种中，无性系 B2 产生了 53 条雄花序，但所有无性系没有产生雌球花；PCC 变种中，无性系 C4 产生 2 个雌球花，所有无性系没有产生雄花；PCH 变种中，无性系 CMH02、CMH12、CMH15、QJH27 共产生了 54 个雌球花，其中无性系 CMH12 同时产生了 23 个雌球花和 33 条雄花序，无性系 H10 产生 28 条雄花序（表 5）。

按砧木无性系分析（表 5），在第 1 批嫁接试验中，嫁接在砧木无性系 A05 上的成活穗条中，

有 1 个接穗无性系产生了 2 个雌球花，2 个接穗无性系产生了 81 条雄花序，而砧木无性系 B02 上的成活穗条没有产生雌花或雄花；在第 2 批嫁接试验中，砧木无性系 B02 上仅有 2 个接穗无性系产生了雌球花或雄花序，而砧木无性系 B118 上有 4 个接穗无性系产量了雌、雄球花，而且雌雄花量也较多。初步显示无性系 A05、B118 对接穗开花有较大的促进作用，无性系 B02 的促花效果较弱。

3 结论与讨论

采用大树截顶、促萌嫁接技术，可以取得理想的嫁接成活率。砧木无性系 B118 上嫁接的成活率最高，达 97.38%，表明其是嫁接亲和力高的砧木无性系。接穗无性系 B2、B6、C4、C5、CMH12、H10、H17 的成活率都超过 90%，显示这些无性系是嫁接亲和力高的接穗无性系；砧木无性系对接穗直径生长和长度生长都有极显著的影响，嫁接在砧木无性系 A05 上的穗条生长量最大，而砧木无性系 B02 上的穗条生长量最小；嫁

接在大树砧木上的部分成活接穗能够当年开花,在全部的成活接穗中,有18.07%的接穗产生雌球花,6.02%的接穗产生雄花序,成活接穗的雌、雄花量平均值分别为0.67个和1.37条。参试的17个接穗无性系中,产生雌球花或雄花序的无性系有7个,占参试无性系数量的41.18%;砧木无性系间成活穗条的产花量不同,以无性系B118的促花效果最为明显。

据Medina Perez等报道^[4],利用湿地松接穗嫁接到湿地松大树上,当年成活的1861条接穗中,产生球花的接穗数量占总数的53.8%,其中,77%的接穗产生了雌球花,9%产生雄球花,14%产生雌雄球花。Gooding等^[8]利用火炬松接穗嫁接到湿地松大树上,成活接穗第1年产生雌、雄球花的比例分别为94%、12%。这些数据显示他们的试验结果比本试验结果较好。但本文和上述2个试验的结果均显示,产生雄球花的接穗比例都不高。本试验雌、雄花数量偏少的主要原因可能是试验区的积温偏低抑制了加勒比松接穗的花芽分化,下一步需要开展相关的验证试验。

林木育种中采用大树高位嫁接的主要目的是:促使接穗尽快开花、结实,缩短育种周期。有研究报道,砧木无性系对接穗开花有一定的影响^[4,5,9],本试验结果也显示,砧木无性系对接穗生长、开花有一定的影响。在湿地松、加勒比松育种中,新选育出来的育种材料通常是嫁接在1~2 a生的幼树上,嫁接4~5 a甚至更长的时间之后才能开花结实。而本试验首次把加勒比松穗条嫁接到湿地松大树上,当年就可以产生一定数量的雌、雄花,初步说明采用大树高位嫁接方法促使加勒比松育种材料提早开花是可行的,该技术的成功应用,将可缩短加勒比松育种周期4~5 a以上。为提高今后的育种效率,应该扩大试验规模,筛选出嫁接亲和力高,促花效果显著、而且对接穗生长有矮化作用的砧木无性系。

本研究采用的大树截顶、促萌嫁接方法,与

国外采用的大树高位嫁接方法略有不同,属于改良的高位嫁接技术,其特点是降低了大树的高度、把嫁接高度控制在2.5 m以下,其意义是提高了工作效率,降低作业成本和危险性,可在多种立地条件下应用。

参考文献

- [1] 黄永权,赵奋成.广东省加勒比松遗传改良策略的探讨[J].广东林业科技,2000,16(1):15-19.
- [2] 潘志刚,游应天.湿地松、火炬松、加勒比松引种栽培[M].北京:北京科技出版社,1991:79-103.
- [3] BRAMLETT D L, BURRIS L C. Topworking young sci-
ons into reproductively-mature loblolly pine[C]// Weir R
J, Hatcher A V (eds). Proceedings of the 23rd Southern
Forest Tree Improvement Conference. Asheville, NC,
1995: 234-241.
- [4] MEDINA PEREZ A M, WHITE T L, HUBER D A, et al.
Graft survival and promotion of female and male strobili
by topgrafting in a third-cycle slash pine (*Pinus elliottii*
var. *elliottii*) breeding program[J]. Canadian journal of
forest research, 2007, 37(7): 1244-1252.
- [5] ALMQVIST C. Interstock effects on topgraft vitality and
strobili production after topgrafting in *Pinus sylvestris*[J].
Canadian journal of forest research, 2013, 43(6): 584-588.
- [6] 赵奋成,林昌明,吴惠珊,等.湿地松生长性状遗传参数的
年度变化趋势[J].广东林业科技,2015,31(5):1-7.
- [7] 莫惠栋.农业试验统计[M].2版.上海:上海科学技术出版
社,1992:188-192.
- [8] GOODING G D, BRIDGWATER F E, BRAMLETT D
L, et al. Topgrafting loblolly pine in the western Gulf Re-
gion[C]// Mary Bowen, Michael Stine (eds). Proceedings
of the 25th Southern Forest Tree Improvement Confer-
ence, Southern Forest Tree Improvement Committee. New
Orleans, Louisiana, 1999: 60-66.
- [9] MCKEAND S E, RALEY E M. Interstock effects on stro-
bilus initiation in topgrafted loblolly pine[J]. Forest Ge-
netics, 2000, 7(3): 179-182.