

不同嫁接方式对红厚壳成活率及抽芽数的影响^{*}

覃国铭 任 征 于 彬 杨锦昌 施国政 林明平

(中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要 红厚壳 (*Calophyllum inophyllum*) 是热带地区多功能的优良树种。为筛选出适宜的红厚壳嫁接技术, 研究采用完全随机区组设计, 设置了不同嫁接方式、穗条类型、穗条存放时间等3因素不同水平的嫁接试验, 分析不同嫁接处理组合对成活率和抽芽数的影响。研究结果表明: 劈接、合接、切接3种不同嫁接方式中切接的成活率最高, 显著高于合接和劈接; 半木质化穗条比木质化穗条嫁接成活率高3.5个百分点, 差异未达到显著水平; 穗条存放0~2 d后嫁接的成活率显著高于存放3 d; 利用存放2 d的半木质化穗条进行切接, 抽芽数最多, 达到3.9个。综合分析, 采用半木质化穗条存放0~2 d后进行切接有利于提高红厚壳嫁接的成活率。

关键词 红厚壳; 嫁接; 抽芽数; 成活率

中图分类号: S791.2 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2019) 02-0062-05

Effects of Different Grafting Methods on Survival Rate and the Number of Cion Buddings of *Calophyllum inophyllum*

QIN Guoming REN Zheng YU Bin YANG Jinchang
SHI Guozheng LIN Mingping

(Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract *Calophyllum inophyllum* is a multifunctional tree species, naturally distributed in tropic area. In order to screen out suitable grafting technology of *C. inophyllum*, and to provide reference for strengthening resource conservation and cultivation on this species, a grafting experiment was conducted with different grafting methods, cutting types, and storage time of cuttings by adopting completely randomized block design to analyze the effects of different grafting treatment combinations on survival rate and the number of cion budding. The results showed that the survival rate of the cutting grafting was the highest among the three different grafting methods, which was significantly higher than the other two methods. The survival rate of the semi-lignified cuttings was 3.5% higher than that of the lignified cuttings, but the differences between the two cutting types didn't reach a significant level. The survival rate of the graftings stored for 0~2 days was significantly higher than that of those done for 3 days. Cutting grafting with semi-lignified cuttings kept for 2 days led to the highest budding number, which was 3.9. It was concluded that cutting grafting with semi-lignified cuttings stored for 0~2 days was advantageous in increasing the survival rate of the graftings of *C. inophyllum*.

Key words *Calophyllum inophyllum*; grafting; the number of cion budding; survival rate

^{*} 基金项目: 国家林业局 948 引进项目 (2014-4-73)。

第一作者: 覃国铭 (1994—), 男, 研究生, 研究方向为能源树种资源培育, E-mail: 511095190@qq.com。

通信作者: 于彬 (1978—), 女, 助理研究员, 主要从事植物繁育与营养学研究, E-mail: ritfyubin@163.com。

红厚壳 (*Calophyllum inophyllum*), 又名海棠果、海棠木、君子木、琼崖海棠、胡桐等, 为藤黄科 (Guttiferae) 红厚壳属 (*Calophyllum*), 原生分布于印度南部海岸至马来群岛、澳大利亚北部和太平洋群岛的旧世界热带区域^[1]; 在我国主要分布于海南岛, 零星分布于广东和广西^[2]。红厚壳是热带地区集经济利用、生态防护、园林观赏和药用开发一体的多功能优良树种^[3-6]。

随着经济和高效农业的不断发展, 部分红厚壳原生环境破坏频繁, 导致红厚壳植物资源日趋减少^[7]。为加强红厚壳资源的保育, 一些学者对苗木繁育技术进行了探究^[8-9], 为促进资源的培育提供了技术支持; 总体上, 现有红厚壳资源培育主要靠种子苗繁育, 虽然高空压条和组培技术取得了进展^[10-11], 但限于繁殖倍数低或对条件要求高等问题难以在生产上广泛应用, 而对于红厚壳嫁接繁殖的研究尚未进行; 嫁接作为一种无性繁殖技术, 具有保持和发展母株优良性状、缩短苗木培育年限、操作简便等特点。基于此, 本试验采用不同的嫁接方式对红厚壳苗木繁殖进行研究, 旨在选出适宜的嫁接技术, 为加强红厚壳的资源保护和培育提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于海南省乐东县尖峰岭热带林业研究所试验站苗圃 (18.40° N, 108.80° E), 年均平均气温为 24.4 °C, 最高月温为 30.1 °C, 最冷月气温为 18.9 °C, 属于半湿润的季风气候, 终年无雪; 年平均降水量在 1 669 mm, 湿季 (从 5 月到 10 月) 平均降水量为 1 471.4 mm, 干季 (从 11 月到翌年 4 年) 降水量为 195.4 mm, 湿季降水量约占全年降水量的 88%, 干湿季节明显; 土壤为砖红壤和

砖黄壤, pH 值为 5.8 左右, 肥力中等^[12]。

1.2 试验材料

试验砧木选择生长健壮、无病虫害的 1.5 a 生红厚壳营养袋实生苗, 植株高 60~70 cm, 地径 1.5~1.7 cm。穗条选取红厚壳优良植株的冠层中上部、带 3~5 个芽眼且生长健壮的当年生的半木质化或木质化枝条, 采集完后及时剪掉叶片, 用湿毛巾包裹。

1.3 试验方法

采用完全随机试验设计, 设置了嫁接方式、穗条类型、穗条存放时间 3 个因素, 嫁接方式分为劈接、合接、切接 3 个水平, 穗条类型分为半木质化与木质化 2 个水平, 穗条存放时间设置在冰箱 10 °C 冷藏 0~3 d 等 4 个水平; 每处理组合重复 3 次, 每个处理组合的株数为 20 株。

不同嫁接组合类型如表 1 所示, 组合 (*i, j, k*), *i*=1, 2, 3 分别表示劈接, 合接, 切接; *j*=1, 2 分别表示半木质化, 木质化; *k*=0, 1, 2, 3 分别表示穗条存放时间 0, 1, 2, 3 d。

1.4 嫁接管理

2014 年 9 月 9 日开始嫁接试验。嫁接前, 备好拱棚和遮荫网, 并淋透水; 嫁接时, 将苗木截成高 15 cm 和选择枝长 10 cm 且带 2~4 个芽眼的分别作为砧木和穗条; 嫁接后, 根据天气情况进行浇水, 并每 10 天观察芽眼膨大和抽芽情况 (芽眼开始膨大且直径达 0.5 cm 时, 计为一个抽芽数), 嫁接后 30 天统计接穗成活率, 其计算如下: 成活率 = 成活株数 / 总株数 × 100%。

1.5 数据处理

采用 Excel2010 进行统计分析与绘制图表, 利用 SPSS20.0 对数据进行方差分析, 当差异显著水平 $P < 0.05$, 进一步用 Duncan 法进行多重比较。

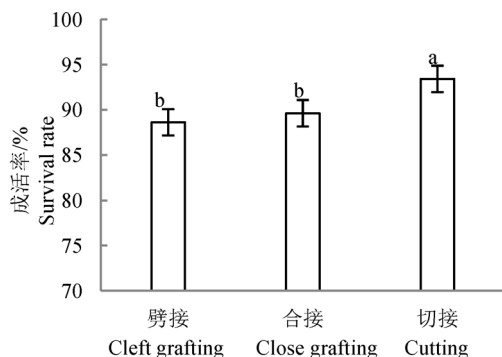
表 1 红厚壳嫁接组合类型
Table 1 Grafting combination types of *Calophyllum inophyllum*

嫁接方式 Grafting method	穗条选择 Scion selection	时间 /d Time			
		0	1	2	3
劈接 Cleft grafting	半木质化 Semi-lignified	(1, 1, 0)	(1, 1, 1)	(1, 1, 2)	(1, 1, 3)
	木质化 Lignified	(1, 2, 0)	(1, 2, 1)	(1, 2, 2)	(1, 2, 3)
合接 Close grafting	半木质化 Semi-lignified	(2, 1, 0)	(2, 1, 1)	(2, 1, 2)	(2, 1, 3)
	木质化 Lignified	(2, 2, 0)	(2, 2, 1)	(2, 2, 2)	(2, 2, 3)
切接 Cutting grafting	半木质化 Semi-lignified	(3, 1, 0)	(3, 1, 1)	(3, 1, 2)	(3, 1, 3)
	木质化 Lignified	(3, 2, 0)	(3, 2, 1)	(3, 2, 2)	(3, 2, 3)

2 结果与分析

2.1 嫁接方式对接穗成活率的影响

由图1可知,嫁接成活率以切接最高,达93.4%,劈接法成活率最低,为88.6%。因此切接法较适合厚壳嫁接,能满足生产上的要求。



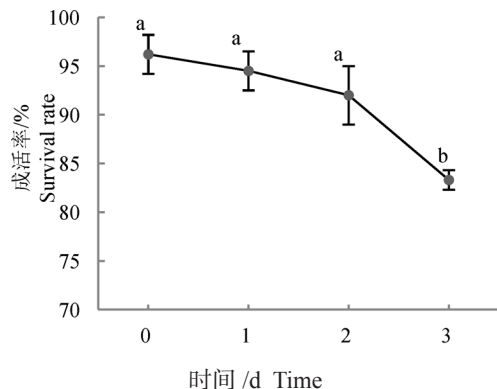
注: 图为均值 $\pm$ 标准差; 不同小写字母代表处理间存在显著差异 ($P < 0.05$) Note: The data are mean $\pm$ standard error; different lowercases mean significant differences among treatments at 0.05 level

图1 红厚壳嫁接方式对接穗成活率的影响

Fig. 1 Effects of grafting methods on the survival rate of scions of *Calophyllum inophyllum*

2.2 穗条存放时间对接穗成活率的影响

由图2可知,随着穗条存放时间的增加,穗条嫁接的成活率呈下降趋势。当接穗条存放时间为0 d,嫁接的成活率最高,为96.2%,存放2 d后下降速度显著变快,3 d时降至83.3%。因此,缩短接穗的存放时间能显著地提高成活率。



注: 图为均值 $\pm$ 标准差; 不同小写字母代表处理间存在显著差异 ($P < 0.05$) Note: The data are mean $\pm$ standard error; different lowercases mean significant differences among treatments at 0.05 level

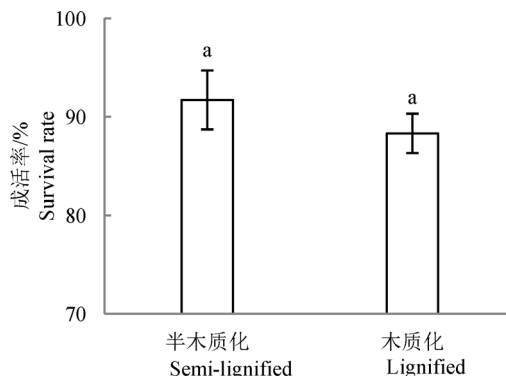
图2 红厚壳接穗存放时间嫁接成活率的影响

Fig. 2 Effects of preservation time on survival rate of scions of *Calophyllum inophyllum*

2.3 穗条木质化程度对接穗成活率的影响

通过不同木质化程度的红厚壳穗条对嫁接成活率影响可知,半木质化和木质化的穗条成活率分

别为91.7%与88.3%,处理间没有显著差异 ($P < 0.05$),嫁接采用半木质化的穗条成活率更高。



注: 图为均值 $\pm$ 标准差; 不同小写字母代表处理间存在显著差异 ($P < 0.05$) Note: The data are mean $\pm$ standard error; different lowercases mean significant differences among treatments at 0.05 level

图3 红厚壳接穗木质化程度嫁接成活率的影响

Fig. 3 Effects of cion lignification on the survival rate of grafting of *Calophyllum inophyllum*

2.4 嫁接方式组合对接穗抽芽数和嫁接成活率的影响

由表2可知,不同嫁接方式组合对红厚壳的抽芽数影响具有较大的影响。嫁接后10 d,超过一半的嫁接组合的抽芽数间达到显著差异;其中劈接与存放2 d的木质化穗条的嫁接组合最有利于穗条抽芽,其数量达1.9个。嫁接后20和30 d,均发现切接对木质化穗条存放2 d的嫁接组合抽芽数最多,分别为3.6和3.9;同样处理,当穗条存放时间为3 d时,抽芽数显著减少。切接对存放0 d的木质化穗条进行嫁接的成活率高达97.6%,而切接对存放3 d的半木质化穗条进行嫁接的成活率仅为58.3%,两者相差39.3%。且抽芽数与嫁接成活率相关系数达0.698,说明抽芽数直接影响红厚壳的成活率,抽芽数越多对嫁接后红厚壳的成活越有利,呈现显著正相关关系 ($P < 0.05$)。

3 讨论与结论

3.1 嫁接成活的关键在于砧木与接穗的形成层密切结合,研究如何通过嫁接方式来提高成活率成为首要问题^[13]。常用的嫁接的方法主要有劈接法^[14]、合接法^[14]、切接法^[15]、T型芽接法^[16]、单芽腹接^[17]等。其中切接可用于培育苗木,又可用于大树的高接更新,故在嫁接法中具有代表性。例如,郭乔仪等^[15]研究表明,用改良切接法可显著提高核桃 (*Carya cathayensis*) 嫁接成活率至90%以上;周东果等^[18]研究不同嫁接方式对柠檬苗嫁

表 2 红厚壳不同嫁接组合方式下的接穗抽芽数与成活率

Table 2 The budding number and survival rate of cions in the different grafting combinations of *Calophyllum inophyllum*

嫁接方式组合 Graft combination types (<i>i,j,k</i>)	抽芽数 (个/株) Number of buds /per plant			嫁接成活率 /% Survival rate of grafting
	嫁接后 10 天 10 days after grafting	嫁接后 20 天 20 days after grafting	嫁接后 30 天 30 days after grafting	
(1,1,0)	1.5 ± 0.1 ab	2.3 ± 0.2 bc	3.2 ± 0.2 bc	96.0
(1,2,0)	1.4 ± 0.2 ab	2.2 ± 0.2 bc	2.7 ± 0.2 bc	96.0
(1,1,1)	1.6 ± 0.1 a	2.4 ± 0.2 bc	3.5 ± 0.1 bc	95.0
(1,2,1)	1.2 ± 0.1 ab	2.3 ± 0.4 bc	3.2 ± 0.3 bc	91.0
(1,1,2)	1.9 ± 0.3 a	3.3 ± 0.2 bc	3.6 ± 0.1 bc	91.6
(1,2,2)	1.5 ± 0.2 ab	2.3 ± 0.1 ab	3.3 ± 0.1 ab	91.5
(1,1,3)	1.5 ± 0.2 ab	2.1 ± 0.2 bc	2.8 ± 0.1 bc	83.5
(1,2,3)	0.9 ± 0.1 ab	1.9 ± 0.5 bc	2.3 ± 0.4 bc	58.5
(2,1,0)	0.8 ± 0.1 ab	2.5 ± 0.1 bc	3.6 ± 0.2 bc	96.3
(2,2,0)	1.4 ± 0.2 ab	2.4 ± 0.2 bc	3.2 ± 0.2 bc	96.0
(2,1,1)	1.3 ± 0.1 ab	2.0 ± 0.3 bc	3.1 ± 0.2 bc	95.1
(2,2,1)	1.0 ± 0.1 ab	1.7 ± 0.1 bc	2.5 ± 0.1 bc	91.6
(2,1,2)	1.8 ± 0.2 a	2.7 ± 0.1 bc	3.6 ± 0.1 bc	95.1
(2,2,2)	1.5 ± 0.3 ab	2.2 ± 0.3 ab	3.5 ± 0.3 ab	91.5
(2,1,3)	1.6 ± 0.2 a	2.8 ± 0.2 bc	3.3 ± 0.2 bc	83.2
(2,2,3)	1.6 ± 0.1 a	2.6 ± 0.1 ab	3.2 ± 0.1 ab	78.2
(3,1,0)	1.5 ± 0.1 ab	2.5 ± 0.2 bc	3.6 ± 0.2 bc	97.6
(3,2,0)	0.7 ± 0.1 a	2.4 ± 0.1 ab	3.1 ± 0.1 ab	95.6
(3,1,1)	1.7 ± 0.2 a	2.4 ± 0.1 bc	3.7 ± 0.1 bc	95.2
(3,2,1)	1.7 ± 0.1 a	2.6 ± 0.3 bc	3.1 ± 0.3 bc	91.6
(3,1,2)	1.7 ± 0.1 a	3.6 ± 0.2 a	3.9 ± 0.2 a	95.0
(3,2,2)	1.6 ± 0.2 a	2.3 ± 0.2 bc	3.5 ± 0.2 bc	90.1
(3,1,3)	1.6 ± 0.3 a	2.0 ± 0.2 ab	2.5 ± 0.2 bc	82.0
(3,2,3)	1.0 ± 0.1 ab	1.7 ± 0.1 c	1.9 ± 0.1 c	58.3

注：表为均值 ± 标准差；不同小写字母代表处理间存在显著差异 ($P < 0.05$)

Note: The data are mean ± standard error; different lowercases mean significant differences among treatments at 0.05 level

接成活率的影响，认为切接芽接法嫁接成活率高，萌发生长速度快。本研究也得到相同的结果，切接法嫁接成活率最高。因此，可采用切接法来对红厚壳进行嫁接。

接穗的存放时间对接穗的含水量起重要影响，而接穗的含水量对嫁接成活率起关键作用^[14]。存放时间过长，会出现活性降低、枯萎落叶等现象。本研究表明接穗采集后存放时间较短，嫁接成活率较高，与许丽萍等^[19]的结果一致。接穗的存放时间能直接影响接穗的含水量及营养物质，随着接穗存放时间的延长，自身营养物质消耗加剧，接穗条生理活性降低，水分供给不足，导致愈伤

组织的形成受到影响，同时，还会导致切口的单宁等物质的氧化反应，不利于砧木与接穗的愈合。穗条的存放时间影响嫁接植株的成活率，接穗的存放时间越短越有利于其细胞生理活性的保持，切口处内物质与外界发生氧化反应机会就小，植株更易存活^[13]。

穗条的生理活性是影响植株嫁接成活率的重要因素，主要受自身因素（穗条类型、叶片保留、采穗集部位）^[17]与外界条件（存放时间、存放方式、嫁接季节）^[19]的共同影响。在一定程度上，会影响植株形成层的形成和创伤激素的释放。有研究表明^[20]，在龙脑樟（*Cinnamomum camphora*-

chavr) 嫁接过程中,半木质化穗条较木质化穗条成活率高,但亦有研究者持不同观点^[19],原因可能是与嫁接树种自身特性有关。红厚壳半木质化穗条相对于木质化的穗条而言,可能是体内养分含量较高且细胞生命活动力强,接穗与砧木之间的营养位置 and 水分能顺利通过愈伤组织维管束桥运输,故嫁接的成活率高^[21]。

嫁接后接穗抽梢前或接穗已抽梢时一般都会抹除砧木上的萌芽^[22-23]。本试验中,尝试将抽芽数作为一个评价嫁接效果的指标,以分析抽芽数与成活率的关联程度。本研究表明,大部分抽芽数与成活率呈正相关,这可能是芽眼数的增多有利于刺激更多愈创激素的产生,加速愈伤组织的形成。本研究仅分析了嫁接一个月的穗条成活和抽芽数变化规律,而未对后期穗条生长进行调查并进行抹芽,这方面研究工作有待进一步深入。

3.2 不同的嫁接方式对红厚壳嫁接成活率存在显著影响,切接法有利于嫁接成活率的提高。穗条嫁接前存放时间保持在2 d之内,有利于保持红厚壳的生理活性和提高嫁接后的成活率。不同的树种对不同类型的穗条嫁接后成活率不同,半木质化的穗条更有利于营养物质和水分的运输,更有利于成活率的提高。

根据红厚壳抽芽数与成活率对嫁接方式、存放时间、穗条选择的总体响应规律,培育高成活率的红厚壳适宜的组别是用存放0~2 d的半木质化穗条进行切接,该组合下红厚壳嫁接成活率最高,有利于促进红厚壳的无性繁殖。

参考文献

- [1] LIM T K. Calophyllum inophyllum[M]. Springer Netherlands, 2012: 169-178.
- [2] 吴德邻.海南及广东沿海岛屿植物名录[M].北京:科学出版社,1994.
- [3] 贾瑞丰,尹光天,杨锦昌,等.红厚壳的研究进展及应用前景[J].林业与环境科学,2011,27(2): 85-90.
- [4] PATIL A D, FREYER A J, EGGLESTON D S, et al. The inophyllums, novel inhibitors of HIV-1 reverse transcriptase isolated from the Malaysian tree, Calophyllum inophyllum Linn.[J]. Journal of Medicinal Chemistry, 1993, 36(26): 4131-4138.
- [5] LAURE F, RAHARIVELOMANANA P, BUTAUD J F, et al. Screening of anti-HIV-1 inophyllums by HPLC-DAD of Calophyllum inophyllum leaf extracts from French Polynesia Islands[J]. Analytica Chimica Acta, 2008, 624(1): 147-153.
- [6] ASAAH E, TCHOUNDJEU Z, NGAHANE W, et al. Allanblackia floribunda: a new oil tree crop for Africa: amenability to grafting[J]. New Forests, 2011, 41(3): 389-398.
- [7] 陈娟,陶忠良.红厚壳野生资源的开发型保护途径分析[J].资源开发与市场,2007,23(11): 1029-1031.
- [8] 贾瑞丰,尹光天,杨锦昌,等.红厚壳种子发芽试验的初步研究[J].林业科技通讯,2011(7): 24-26.
- [9] ZOU W, JIA R, YANG J, et al. Optimum nitrogen fertilization of Calophyllum inophyllum seedlings under greenhouse conditions[J]. Frontiers of Agricultural Science and Engineering, 2016, 3(4): 368-374.
- [10] 张军,刘蕊,范海阔,等.红厚壳高空压条繁殖技术研究[J].农学学报,2013,3(5): 56-57.
- [11] 许德成,王小菁.红厚壳茎段丛生芽诱导与植株再生[J].植物学报,2014,49(2): 167-172.
- [12] 周璋,李意德,林明献,等.海南岛尖峰岭热带山地雨林区26年的热量因子变化特征[J].生态学杂志,2009,28(6): 1006-1012.
- [13] 郭传友,黄坚钦,方炎明.植物嫁接机理研究综述[J].江西农业大学学报,2004,26(1): 144-148.
- [14] 杨曾奖,徐大平,张宁南,等.降香黄檀嫁接技术研究[J].林业科学研究,2011,24(5): 674-676.
- [15] 郭乔仪,鲁菊芬.云南楚雄核桃改良切接法嫁接育苗技术[J].果树实用技术与信息,2015(12): 25-26.
- [16] 韩东锋,钱拴提,孙德祥,等.山茱萸改进嵌芽嫁接技术试验[J].防护林科技,2006(6): 21-22.
- [17] 马婷,陈宏伟,熊新武,等.砧木、接穗的选择对美国山核桃嫁接成活率及生长的影响[J].西北林学院学报,2012,27(4): 141-143.
- [18] 周东果,高俊燕,李进学,等.不同嫁接方式对柠檬苗嫁接成活率及生长的影响[J].西南农业学报,2011,24(2): 687-690.
- [19] 许丽萍,唐红燕,贾平,等.穗条木质化程度和储存时间对思茅松容器苗嫁接成活率的影响[J].湖南林业科技,2014,41(5): 9-12.
- [20] 林起艺.不同嫁接方式对龙脑樟成活率的影响[J].安徽农学通报,2016,22(23): 105-107.
- [21] 江泽鹏,张乃燕,王东雪,等.穗条农艺性状对油茶岑软3号芽苗砧嫁接的影响[J].广西林业科学,2012,41(4): 362-364.
- [22] 杨世杰,卢善发.植物嫁接基础理论研究(下)[J].生物学通报,1995(10): 4-6.
- [23] 黄云鹏,王邦富,范繁荣,等.无患子单芽低位嫁接技术研究[J].林业资源管理,2011(6): 69-72.