

木麻黄不同亲缘间嫁接对嫁接亲和力和花诱导的影响^{*}

张 勇¹ 聂 森² 仲崇禄¹ 陈 羽¹ 魏永成¹ 孟景祥¹

(1. 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 501520; 2. 福建林业科学研究院, 福建 福州 350012)

摘要 通过嫁接对木麻黄的亲本进行矮化是开展木麻黄杂交育种的重要技术基础。为了研究木麻黄不同亲缘间嫁接对嫁接亲和力和花诱导的影响, 以木麻黄属的短枝木麻黄 (*Casuarina equisetifolia*) 为砧木, 分别以同种的短枝木麻黄, 同属不同种的细枝木麻黄 (*C. cunninghamiana*)、粗枝木麻黄 (*C. glauca*) 和不同属的滨海木麻黄 (*Allocasuarina littoralis*) 为接穗, 开展木麻黄不同亲缘关系间的嫁接研究, 研究种内、种间和属间嫁接对木麻黄嫁接亲和力和花诱导的影响。研究表明, 木麻黄种内嫁接的亲合力最高, 无性系接穗嫁接成活率高达 91.4%, 实生苗接穗为 87.0%; 而种间嫁接的亲合力显著低于种内嫁接, 细枝木麻黄接穗和粗枝木麻黄接穗嫁接成活率分别为 36.0% 和 45.0%; 属间的嫁接未发现有成活的例子, 其嫁接亲和力为 0。在嫁接对接穗的花诱导方面, 种内嫁接的无性系接穗次年开花率为 74.2%, 显著高于种内嫁接的实生苗接穗 (42.3%) 和种间嫁接的细枝木麻黄 (39.8%) 和粗枝木麻黄 (35.6%)。

关键词 木麻黄; 亲缘关系; 嫁接亲和力; 花诱导

中图分类号: S792.93 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2018) 05-0020-04

Effects of Genetic Distance between Rootstock and Scion on Grafting Compatibility and Flower Induction in *Casuarina*

ZHANG Yong¹ NIE Sen² ZHONG Chonglu¹ CHEN Yu¹
WEI Yongcheng¹ MENG Jingxiang¹

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Fujian Academy of Forestry, Fuzhou, Fujian 350012, China)

Abstract Dwarfing of parental trees is a crucial supporting technique for successful cross breeding of *Casuarina*. In this study, grafting experiments were conducted to study the effects of genetic relationship between rootstocks and scions on grafting compatibility and flower induction in *Casuarina*. Main results was summarized as follows: Homograft showed highest grafting compatibility, grafting survival rate of intra-specific scions of clonal *C. equisetifolia* reached 91.4%, but 87.0% in scions of *C. equisetifolia* seedlings. Heterograft showed significantly lower grafting compatibility than that of homograft, and the grafting survival rates of inter-specific scions of *C. cunninghamiana* and *C. glauca* were 36.0% and 45.0% respectively. No living scion was found between *C. equisetifolia* and *Allocasuarina littoralis*, means there are no grafting compatibility in inter-generic grafting. With regard to flower induction, flowering rate of intra-specific scions of clonal *C. equisetifolia* was 74.2%, significantly higher than intra-specific scions of *C. equisetifolia* seedlings (42.3%) and inter-specific scions of *C. cunninghamiana* (39.8%) and *C. glauca* (35.6%).

Key words *Casuarina*; genetic distance; grafting compatibility; flower induction

^{*} 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2014KJCX017); “十二五” 林业科技支撑计划专题 (2012BAD01B0603)。

第一作者: 张勇 (1975 —), 男, 副研究员, 主要从事林木遗传育种研究, E-mail: zhangyongritf@caf.ac.cn。

通信作者: 仲崇禄 (1961 —), 男, 研究员, 主要从事林木遗传育种研究, E-mail: zclritf@126.com。

木麻黄科 (Casuarinaceae) 植物包含有 4 个属 96 个种^[1]，天然分布于澳大利亚、东南亚和太平洋群岛地区，已引种到我国超过 100 年，成为我国热带和亚热带地区重要的生态林、用材林和多用途树种。木麻黄木麻黄对防台风危害、海浪侵蚀、沿海沙丘的固定、沿海沙地的土壤改良等都有着不可替代的作用，是我国华南和东南沿海地区最重要的防护林树种^[2]。

在我国，木麻黄种质资源不足、新品种缺乏、无性系人工林的遗传多样性单一，造成病虫害破坏和林分衰退严重，导致防护林的生态效益和经济效益不断下降是木麻黄防护林建设面临的巨大难题。引进新的种质资源，开展木麻黄遗传改良研究、增加木麻黄防护林的遗传多样性对提高木麻黄防护林的生态和经济效益有重要作用。

目前为止，传统的杂交育种仍是林木遗传改良的最有效的手段之一。木麻黄达到生理成熟期后树体高达 10~20 m，不利于花粉的收集或人工控制杂交的开展，因此杂交亲本的矮化技术是开展木麻黄杂交育种的重要技术基础。在林木或果树中，经常通过嫁接对乔木树种的亲本进行矮化，同时诱导植物提前开花结果，便于人工授粉杂交和种子的采摘，缩短植物育种的周期等。如对湿地松 (*Pinus elliottii*) 进行顶部嫁接，可使湿地松次年形成雌花和雄花花序^[3]；西伯利亚松 (*Pinus sibirica*) 正常情况下需要 30~40 年才能开花结果，但嫁接后 2~3 年即可开花结果^[4]。

本文通过对木麻黄进行种内、种间和属间的嫁接矮化试验，研究不同亲缘关系间的嫁接亲和

力和嫁接 1 年后的雌花诱导情况，以期为后续的木麻黄杂交育种研究提供重要技术支持。

1 试验点概况

嫁接地点位于福建省泉州市惠安县 (118° 38', 24° 54' N) 赤湖国有防护林场苗圃内，该地属于亚热带海洋季风气候，年平均气温 19.5~21.0 ℃，终年温暖湿润，年降雨量 1 173.1 mm，相对湿度 85%。

2 材料与方法

2.1 接穗采集、砧木准备和嫁接数量

在海南省临高县木麻黄国际种源 / 家系试验林内采集木麻黄属的短枝木麻黄 (*Casuarina equisetifolia*)、细枝木麻黄 (*C. cunninghamiana*) 和粗枝木麻黄 (*C. glauca*) 实生苗优树接穗；在海南文昌市的短枝木麻黄无性系测定林内采集木麻黄无性系接穗；在福建惠安县的赤湖林场采集异木麻黄属的滨海木麻黄 (*Allocasuarina littoralis*) 实生苗接穗 (表 1)。接穗采集时确保接穗的母株已达到生理成熟期。接穗选用 1 a 生的健壮枝条，采集的接穗枝条用湿布包裹后保存在阴凉处，以防止接穗失水干枯，接穗在采集后 5 天内完成嫁接。

用福建省惠安县赤湖林场选育的 1 a 生无性系“惠 1”作为砧木，嫁接前用枝剪剪去上部枝干，留约 40 cm 作为嫁接砧木，砧木直径大小约 0.6~0.8 cm。

嫁接时间为 2010 年春天的 4 月上旬，嫁接地点设在福建省惠安县赤湖国有防护林场苗圃。选

表 1 木麻黄嫁接试验砧木与接穗信息
Table 1 Information of rootstocks and scions in Casuarina grafting experiments

接穗采集地点 Collected sites of scions	接穗类型 Scion types	嫁接数量 / 株 No. of grafted ramets	采穗母株类型	种或属 Species or genus
海南岛东林场 Daodong Forest Farm	34 号、16 号、20 号、21 号、 17 号、4 号、A8	20	无性系	短枝木麻黄 无性系
	E17、E18、E41、E45、E54、	20	优树	短枝木麻黄 实生苗
海南临高林木良种场 Lingao Tree Breeding Farm	C11、C11、C10、C10、C14、	20	优树	细枝木麻黄 实生苗
	G20、G15、G07、G02、G21	20	优树	粗枝木麻黄 实生苗
福建赤湖林场 Chihu Forest Farm	1 号、2 号、3 号	20	优树	滨海木麻黄 实生苗 异木麻黄属

择 7 个无性系的接穗进行嫁接, 每个无性系嫁接 20 株。短枝木麻黄、细枝木麻黄和粗枝木麻黄各选择 5 个种源的实生苗, 每个种源选择 1 株优树的接穗进行嫁接, 每株优树嫁接数量 20 株。异木麻黄属的滨海木麻黄选择了 3 株优树, 每株优树嫁接数量也是 20 株 (表 1)。

2.2 嫁接方法

采用切接的嫁接方法, 把采集的穗条削成接穗, 在接穗芽背面 1 cm 处斜削一刀, 稍削去一些皮层, 小削面长 0.8~1.0 cm; 在砧木需嫁接处剪除砧干, 在皮层内略带木质部垂直切下 2 cm 左右, 将接穗插入砧木的切口中, 使接穗的长斜面两边的形成层和砧木切口两边的形成层对齐、靠紧, 如果接穗较细, 必须保证一边的形成层对齐。采用嫁接专用的透明薄由下向上捆绑和包裹接穗, 防止下雨或浇水时水分进入嫁接接口处, 造成接口发霉或腐烂, 影响成活率。

2.3 数据收集和处理

嫁接 90 天后统计各个处理的嫁接成活率, 嫁接 1 年后 (下一年的 4 月) 统计各个处理的开花率。利用 SAS 8.1 软件对种内、种间、属间的嫁接成活率和次年的接穗开花率进行方差分析和 Duncan 多重比较。在方差分析前, 对百分数值进行反正弦变换^[5]。

3 结果与分析

3.1 木麻黄种内、种间和属间嫁接成活率

表 2 中的结果表明, 木麻黄种间和属间的嫁接成活率有显著差异, 同种的无性系接穗和实生苗接穗的嫁接成活率间的差异不显著。其中短枝

木麻黄无性系接穗和同种砧木间嫁接成活率最高 (91.1%), 而短枝木麻黄实生苗接穗和同种砧木间的嫁接成活率稍低 (86.7%); 细枝木麻黄接穗和短枝木麻黄砧木的种间嫁接成活率为 36.4%, 显著低于短枝木麻黄种内嫁接的成活率 ($P < 0.05$); 粗枝木麻黄接穗和短枝木麻黄砧木间的种间嫁接成活率为 45.2%, 也显著低于短枝木麻黄种内嫁接的成活率, 但显著高于细枝木麻黄和短枝木麻黄间的种间嫁接成活率; 而异木麻黄属的滨海木麻黄接穗和短枝木麻黄砧木间的属间嫁接未发现有成活的接穗。

3.2 木麻黄嫁接对次年开花率的影响

嫁接后的次年春天, 部分嫁接苗的接穗开始大量开花, 且种内、种间嫁接的开花率有明显差异。根据表 2 可知, 相同种的短枝木麻黄无性系间嫁接的开花率最高 (74.2%), 显著高于其他所有嫁接组合的开花率 ($P < 0.05$); 短枝木麻黄、细枝木麻黄和粗枝木麻黄实生优树接穗与短枝木麻黄 (惠 1) 无性系砧木种内或种间嫁接的次年开花率没有显著差异。

4 结论与讨论

4.1 嫁接通常有种内嫁接 (homograft) 和种间嫁接 (heterograft)。研究结果表明, 因为种内嫁接中砧木和接穗在遗传结构上有更高的相似度, 因此种内嫁接比种间嫁接有更高的亲和力^[4]。本试验的结果和前人的研究结果一致。木麻黄种间嫁接的成活率相对较低 (不足 50%), 同时发现种间嫁接的一些接穗已经发芽, 似乎已成活, 但几周后这些芽仍会慢慢干枯死掉。已有的研究结果认为

表 2 木麻黄种内、种间和属间嫁接成活率、次年开花率及 Duncan 多重比较
Table 2 Survival percentage, flowering rate and multi-range comparison in intraspecific, interspecific and intergeneric grafting of Casuarina

嫁接种类 Type of grafting	接穗 Scions	砧木 Rootstocks	嫁接成活率 / % Survival rate of grafting	次年开花率 / % Flowering rate in next year
种内嫁接 Intraspecific grafting	短枝木麻黄 (无性系)		91.1 a	74.2 a
	短枝木麻黄 (实生苗)		86.7 a	42.3 b
种间嫁接 Interspecific grafting	细枝木麻黄 (实生苗)	惠 1	36.4 c	39.8 b
	粗枝木麻黄 (实生苗)	(短枝木麻黄无性系)	45.2 b	35.6 b
属间嫁接 Intergeneric grafting	滨海木麻黄 (实生苗)		0.0 d	

注: Duncan 多重比较中具有相同字母表示没有显著差异 ($P < 0.05$)。Note: Data followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

这是因为接穗和砧木间韧皮部，即木质部维管和胞间连丝连接不充分，使得接穗和砧木间水分和养分运输不畅通，导致了嫁接不亲和^[6-7]。在木麻黄优树矮化过程中，利用同种木麻黄的实生苗或无性系苗作为砧木进行嫁接是提高嫁接成活率的基础。而滨海木麻黄和短枝木麻黄的嫁接未发现有成活的例子，说明木麻黄不同属间的遗传距离太远，嫁接不能亲和。同一属内的种间可能是木麻黄嫁接能亲和的极限遗传距离。

4.2 通常情况下，木麻黄实生苗需要 3~5 年，无性系苗需要 2~3 年进入生理成熟期。采集成熟枝条作为接穗进行嫁接，次年春天木麻黄的接穗便可大量开花，大大缩短了木麻黄的育种周期。优树经过嫁接矮化后，作为杂交亲本集中栽种到苗圃或种子园中，可以更方便地控制亲本的人工授粉环境。另外，还可以把嫁接苗移栽到花盆中，根据研究的需要，把嫁接亲本移入室内或室外开展花期控制、花粉收集、人工授粉等试验。

木麻黄嫁接技术在实践中还有一个应用。对木麻黄种源试验进行选优时，如果想获得一株优树的无性系苗进行测定，那么就必须采集该优树的嫩枝进行无性繁殖后获得无性系苗。但在实践中，在成熟木麻黄大树上通过常规的环割、砍伤等措施来获得萌条是很困难的。利用嫁接技术，采集优树接穗进行嫁接，成活后利用接穗长出的嫩枝进行水培扩繁，便可获得该优树的无性系苗，且没有对原母株造成毁坏或损伤。

对优树亲本嫁接矮化后，只有短枝木麻黄无性系接穗的次年开花率较高（达 74.2%），其他实生苗接穗的次年开花率都相对较低（35.6%~42.3%），这些较低的花开率会对后面的控制授粉杂交造成不利的影响。因此我们下一步还需要研究利用化学手段（施用激素，如赤霉素、矮壮素等）或物理手段（如环割、干旱胁迫等）

来诱导接穗开花及控制树体的生长，减少接穗修剪的工作量和缩短育种周期等^[8-10]。

参考文献

- [1] BARLOW B A. Casuarinas—a taxonomic and biogeographic review[C]//MIDGLEY S J, TURNBULL J W, JOHNSON R D. Casuarina Ecology Management and Utilization. Canberra: CSIRO Press, 1981: 10-18.
- [2] 仲崇禄, 施纯淦, 王维辉, 等. 华南地区短枝木麻黄种源试验[J]. 林业科学研究, 2001, 14(4): 408-415.
- [3] PEREZ A M 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: 1244-1252.
- [4] DARIKOVA J A, SAVVA Y V, VAGANOV E A, et al. Grafts of woody plants and the problem in incompatibility between scion and rootstock (a review)[J]. Journal of Siberian Federal University: Biology, 2011, 1 (4): 54-63.
- [5] 黄少伟, 谢维辉. 实用SAS编程与林业试验数据分析[M]. 广州: 华南理工大学出版, 2001.
- [6] PINA A, ERREA P. A review of new advances in mechanism of graft compatibility –incompatibility[J]. Scientia Horticulture, 2005, 106 (1): 1-11.
- [7] PINA A, ERREA P, SCHULZ A, MARTENS H J. Cell-to-cell transport through plasmodesmata in tree callus cultures. Tree Physiology, 2009, 29: 809-818.
- [8] CHALUPKA W. Influence of growth regulators and polythene covers on flowering of Scots pine and Norway spruce grafts[J]. Silvae Genetica, 1981, 30: 142-146.
- [9] MONCUR M W, BOLAND D J, HARBARD J L. Aspects of the floral biology of *Allocasuarina verticillata* (casuarinaceae)[J]. Australian Journal of Botany, 1997, 45: 857-869.
- [10] 林昌明, 钟岁英, 王哲, 等. 加勒比松异砧高位嫁接效果分析[J]. 林业与环境科学, 2018, 34(2): 13-18.