

文章编号: 1001-1498(2010)06-0924-04

苗期寄主配置对印度檀香幼苗生长影响的研究

刘小金¹, 徐大平^{1*}, 张宁南¹, 谢正生², 陈浩福³

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2. 华南农业大学林学院, 广东 广州 510642;

3. 雷州市珍稀树木实业有限公司, 广东 雷州 524200)

关键词: 檀香; 寄主配置; 生长效应

中图分类号: S723.1

文献标识码: A

Effects of Pot Host Configuration on the Growth of Indian Sandalwood (*Santalum album*) Seedlings in South China

LIU Xiao-jin¹, XU Da-ping¹, ZHANG Ning-nan¹, XIE Zheng-sheng², CHEN Hao-fu³

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

2. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China

3. Leizhou Precious Tree Industrial Corporation Ltd., Leizhou 524200, Guangdong, China)

Abstract: The effects of pot host (*Kuhnia rosmarinifolia*) configuration on the growth of Indian sandalwood (*Santalum album* L.) seedlings were studied by container culture experiment using split plot design. ANOVA results showed that the configuration time of pot host affected the height ($p < 0.001$), ground diameter ($p = 0.038$), biomass ($p = 0.039$) as well as haustoria amount ($p = 0.016$) of *S. album* seedlings significantly after 5 months' growth, while statistically differences were not found for the quality index ($p = 0.120$). The amount of *K. rosmarinifolia* as well as the interaction between amount and configuration time did not show significant differences on the above indices. Earlier configuration of the pot host was good for the growth of *S. album*, and it was the best when disposing the pot host in the same time with the transplantation of *S. album* seedlings from seed bed to containers. In consideration of nursery practices, the ideal pot host amount was 2 or 3, under such a configuration model, the growth of *S. album* seedlings achieved the best performance for most indices, including an average height of 29.43 cm, an average ground diameter of 0.41 cm, an average biomass of 3.06 g, an average haustoria number of 151, and an average quality index of 0.402 after 5 months growth.

Key words: *Santalum album*, host configuration; seedling growth

檀香 (*Santalum album* L.), 又名真檀、白旃檀、震檀等, 是檀香科 (Santalaceae) 檀香属的一种常绿半寄生小乔木, 原产于印度尼西亚, 后被引种到印度并得到大面积天然繁殖, 它是一种集药用、佛教用品、香料、精细工艺雕刻材料于一体的重要经济树

种^[1-2]。中国科学院华南植物园自 1962 年引种檀香以来, 经过多年的栽培推广与试验研究, 目前檀香已在广东、广西、海南、云南、四川、福建等地种植成功^[3-5], 并得到了具有经济价值的心材。从形成的心材中提取的檀香精油与印度产的檀香精油成分非

收稿日期: 2010-02-21

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划“檀香栽培技术”(2006BAD24B0903); 广东省科技计划项目“檀香的高效培育与种植技术示范”(2009B020415018)

作者简介: 刘小金(1983—), 男, 江西省莲花县人, 在读博士研究生, 从事热带珍贵树种培育研究。

* 通讯作者: E-mail: gzfsrd@pub.guangzhou.gd.cn

常接近^[6-7]。

半寄生性是檀香区别于其它植物的重要特点之一。据报道^[8], 檀香种子的发芽及幼苗生长早期不需要寄主植物的参与, 但在其后的幼苗生长过程中, 其根系必须寄生在适宜的寄主植物的根上, 否则, 檀香始终不能正常生长。檀香的寄主可分苗期寄主、过渡性寄主和长期寄主三大类^[9], 苗期寄主植物的种类、苗龄以及配置时间等对檀香幼苗的质量及后续生长发育的影响显著^[10-13]。在澳大利亚西澳洲, 莲子草 (*Alternanthera sessilis* (L.) DC.) 是檀香苗期的最佳寄主之一^[10], 并且其配置(种植)时间越早, 对檀香幼苗的生长越有利^[11]; 在印度, 木麻黄 (*Casuarina equisetifolia* L.)、木豆 (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) 等是檀香最佳的苗期寄主^[14, 21]; 而在中国的华南地区, 假蒿 (*Kuhnia rosmarinifolia* Vent.) 是檀香苗期的最佳寄主之一^[2, 15]。周庆年^[16]在西双版纳初步报道了寄主植物飞机草 (*Eupatorium odoratum* L.) 对檀香幼苗生长的影响。有关檀香寄主配置的研究多见于优良寄主的筛选^[8]、寄主植物的分类学特点^[2, 10]以及造林时寄主配置(种植)模式等^[3, 17], 系统地研究单一苗期寄主(假蒿)的配置方式(数量和时间)对檀香幼苗生长的影响则尚未见报道。

檀香作为一种珍贵用材树种, 目前已在我国华南地区大力推广种植, 但其中一项重要的限制条件是缺乏优质合格的檀香苗木^[18]。本试验以假蒿为檀香的苗期寄主, 通过系统地分析寄主植物的配置数量及时间对檀香幼苗生长的影响, 拟筛选出一套最佳的苗期寄主配置模式, 一方面可以为培育出高质量的檀香幼苗提供指导, 另一方面也可加快檀香人工造林的步伐, 使檀香人工培育在我国早日走上产业化的道路。

1 材料与方 法

1.1 试验地点

试验地点在中国林业科学研究院热带林业研究所檀香试验示范基地苗圃内, 该基地位于广东省雷州市珍稀树木实业有限公司(109°58'15"~110°1'35"E, 21°5'28"~21°7'13"N), 海拔85 m, 为热带北缘海洋性季风气候, 年平均气温为23.1℃, 年降水量1567 mm, 年平均相对湿度80.4%, 主要土壤类型为砖红壤。

1.2 试验材料

供试檀香幼苗为播种实生苗, 其种子采集于试

验地的檀香林内, 播种前采用1000 mg·L⁻¹的赤霉素进行浸种催芽^[19]; 供试假蒿为当年生的嫩插穗, 采自于檀香林内的寄主插穗圃, 在扦插前对其进行适量修剪, 使各插穗的形态尽量一致, 高度约10 cm, 粗2~3 mm; 栽培基质为50%红心土+24%泥炭土+24%海南椰糠+2%过磷酸钙; 基质的有机质含量为79.13 g·kg⁻¹, 全N含量为1.69 g·kg⁻¹, 全P含量为1.73 g·kg⁻¹, 全K含量为0.96 g·kg⁻¹。育苗袋为黑色聚乙烯塑料袋, 规格为12 cm×12 cm。

1.3 试验方法

试验采用裂区设计, 檀香寄主植物假蒿的数量(株数)为主处理, 相应的配置(扦插)时间为副处理。假蒿的扦插数量依次为1株、2株、3株和4株4个水平, 相应的配置时间依次为比檀香移植早10 d扦插、在檀香移植当天扦插和比檀香移植晚10 d扦插3个水平。檀香幼苗的移植时间为2007年12月18日(刚长出2片真叶, 苗龄约45 d)。每个处理用檀香幼苗10株, 4次重复, 共用檀香幼苗480株。待檀香幼苗进入生长期后, 视基质的具体湿润程度进行浇水, 每2周用低浓度(0.2%)复合肥料(N P K=21 7 14)追肥1次; 当假蒿长到较高高度时(约10 cm), 用剪刀对假蒿顶端进行统一修剪, 抑制高度的过度生长; 试验期间定期喷洒杀菌剂和杀虫剂以防病虫害。

1.4 统计分析方法

2008年5月16日测定檀香幼苗在不同的寄主配置方式下, 经过5个月生长的苗高、地径; 试验结束后从每个处理中随机选择3株檀香幼苗测定生物量(不包括假蒿的根系)、根系吸盘的数量, 再计算檀香幼苗的质量指数(QI), QI的计算公式为^[20]:

$$QI = \frac{S}{(h/d) + (t/r)}$$

式中: S为幼苗总干质量(g), h为苗高(cm), d为地径(mm), t为茎干质量(g), r为根干质量(g)。所有调查数据用统计软件SPSS(Version 13.0)进行方差分析, 均值的多重比较采用Duncan新复极差法进行比较。

2 结果与分析

檀香幼苗在不同的寄主配置方式下, 其苗高、地径、生物量、吸盘数量以及幼苗质量指数的方差分析结果见表1。由表1可知: 假蒿的株数及其扦插时间对檀香幼苗各生长指标的影响各不相同。

表 1 不同的寄主配置方式对檀香幼苗生长影响的方差分析结果

差异来源	自由度	苗高		地径		生物量		吸盘数量		质量指数	
		均方	F	均方	F	均方	F	均方	F	均方	F
数量	3	6.292	1.450NS	0.001	1.379NS	0.294	0.497NS	8352.741	1.456NS	0.004	0.356NS
时间	2	53.665	12.362***	0.004	3.602**	2.214	3.736**	1174.333	0.205*	0.027	2.320NS
交互作用	6	7.229	1.665NS	0.001	0.934NS	0.362	0.611NS	4060.407	0.708NS	0.005	0.473NS

注: * 表示 $p < 0.05$, ** 表示 $p < 0.01$, *** 表示 $p < 0.001$, NS 为差异不显著, 下同。

2.1 寄主的不同配置方式对苗高、地径的影响

表 1 表明: 寄主植物假蒿的配置(扦插)时间对檀香幼苗苗高的生长有极显著的影响($p = 0.000 < 0.05$), 对地径的生长也有显著的影响($p = 0.038 < 0.05$); 扦插数量(株数)对檀香幼苗苗高($p = 0.244 > 0.05$)、地径($p = 0.265 > 0.05$)的影响均不显著; 假蒿扦插数量和扦插时间的交互作用对檀香苗高(p

$= 0.158 > 0.05$)、地径($p = 0.483 > 0.05$)的影响也不显著。由表 2 可知: 假蒿的扦插时间宜早, 早扦插假蒿对檀香幼苗苗高、地径的生长较为有利, 在檀香移植当天配置假蒿, 檀香幼苗苗高、地径的生长达到最大值, 平均苗高为 29.43 cm, 平均地径为 0.41 cm, 比相同条件下晚 10 d 扦插的处理, 檀香幼苗苗高生长提高了 13.48%, 地径生长提高了 7.31%。

表 2 寄主假蒿的配置时间对檀香幼苗各生长指标均值的影响及多重比较结果

配置时间/d	苗高/cm	地径/cm	生物量/(g·株 ⁻¹)	吸盘数量/(个·株 ⁻¹)	质量指数
-10	28.63 ± 2.51a	0.41 ± 0.035ab	2.75 ± 0.81ab	137 ± 74.0b	0.369 ± 0.113
0	29.43 ± 2.17a	0.41 ± 0.034a	3.06 ± 0.84a	151 ± 87.0a	0.402 ± 0.107
+10	25.93 ± 1.89b	0.38 ± 0.025b	2.21 ± 0.46b	133 ± 63.1b	0.309 ± 0.070

注: 配置时间“-10”表示比檀香移植早 10 d 扦插, “0”表示在檀香移植当天扦插, “+10”表示比檀香移植晚 10 d 扦插; 表中相同字母表示差异不显著, 不同字母表示差异显著($\alpha = 0.05$)。

2.2 寄主的不同配置方式对檀香生物量的影响

檀香苗期寄主假蒿的配置方式对檀香幼苗全株生物量积累的影响与苗高和地径的情况类似。假蒿的配置时间($p = 0.039 < 0.05$)对檀香幼苗生物量的积累有显著的影响, 而配置数量($p = 0.688 > 0.05$)以及数量和时间的交互作用($p = 0.791 > 0.05$)对其影响不显著(表 1)。多重比较结果(表 2)表明: 假蒿的配置时间宜早, 在檀香移植当天和早 10 d 扦插假蒿, 与同等条件下晚 10 d 扦插假蒿相比, 檀香幼苗全株生物量分别提高了 24.31% 和 38.41%; 在檀香移植当天扦插假蒿, 檀香幼苗的生物量最大, 平均为 3.06 g·株⁻¹。

2.3 寄主的不同配置方式对檀香吸盘数量的影响

檀香根系吸盘的数量、大小以及和寄主根系结合的紧密程度是筛选优良寄主时要考虑的重要条件之一^[2, 8]。寄主假蒿的配置时间($p = 0.016 < 0.05$)对檀香幼苗根系吸盘数量的影响差异显著(表 1), 配置数量($p = 0.252 > 0.05$)以及数量和时间的交互作用($p = 0.647 > 0.05$)对其影响不显著。表 2 表明: 在檀香移植当天扦插假蒿, 其形成的吸盘数量最多, 平均为 151 个·株⁻¹, 与同等条件下早 10 d 扦插和晚 10 d 扦插相比, 吸盘的数量分别增加了 10.22% 和 13.54%。

2.4 寄主的不同配置方式对檀香质量指数的影响

寄主假蒿的配置时间($p = 0.120 > 0.05$)、配置数量($p = 0.785 > 0.05$)以及它们之间的交互作用($p = 0.821 > 0.05$)对檀香幼苗质量指数的影响均不显著(表 1), 这在某种意义上说明, 寄主的配置方式对檀香幼苗质量指数的影响较为有限; 在檀香移植当天扦插假蒿, 檀香幼苗的质量指数平均值最大, 为 0.402; 早 10 d 扦插假蒿, 檀香幼苗的平均质量指数为 0.369; 而晚 10 d 扦插假蒿, 檀香幼苗的平均质量指数仅为 0.309(表 2)。

3 结论与讨论

试验结果表明: 苗期寄主假蒿的配置方式对檀香幼苗各生长指标的影响主要取决于假蒿的配置时间, 在移植檀香幼苗当天扦插假蒿, 经 5 个月的生长, 檀香幼苗的苗高、地径、生物量、吸盘数量及质量指数均达最大值, 假蒿的扦插株数及其与配置时间的交互作用对檀香幼苗各生长指标的影响均不显著。

檀香幼苗移植后经过 7~10 天才能长出新根, 寄主假蒿也在扦插后的 7~10 天内长出新根。假蒿的根系较发达, 生长速度快, 而檀香的根系则生长较慢, 这 2 种根系在同一个育苗袋内生长, 通过吸盘

形成寄生关系。假蒿的不同配置时间对檀香幼苗生长影响的差异很可能和这2种根系结合形成吸盘时间的先后顺序有关, 但是否假蒿扦插时间越早(提前20天扦插或更多)越有利于檀香的生长, 还需做更进一步的试验来证明。假蒿的株数虽然不影响檀香幼苗的生长情况, 但结合苗圃具体的工作实践, 当每株檀香只扦插1株假蒿时, 育苗袋内容易滋生杂草, 与檀香争夺营养和水分, 且假蒿插穗的成活率并非百分百, 要定期检查和补种; 当扦插4株假蒿时, 不仅工作量较大, 要大量的假蒿插穗, 而且日常的修剪工作也费工时, 同时过多的根系在有限的空间内生长, 消耗大量的养分和水分, 因此, 檀香苗期寄主假蒿的配置数量以2~3株·袋⁻¹为宜, 具体的数量还要根据育苗袋大小、插穗生长情况、扦插时的天气情况等因地制宜。

除了苗期寄主的配置模式外, 栽培基质的配方^[15]、育苗容器的大小、颜色、类型^[21]以及所采用的遮荫方法^[22]等均能显著地影响檀香幼苗的生长。在印度, Annapurna等^[21]采用最好的育苗容器处理, 所培育出的半年生檀香幼苗, 其质量指数最大值为0.37; Surata等^[22]采用最好的遮荫处理所培育出的半年生檀香幼苗, 其质量指数最大值为0.32; 在广东湛江, 刘小金等^[15]采用最理想的栽培基质配方, 培育出的半年生檀香幼苗, 其质量指数平均最大值为0.647; 本试验采用最佳的寄主配置模式, 檀香幼苗质量指数为0.402, 除了生长地生态环境之间的差异外, 这很可能还表明, 对于培育较高质量的檀香幼苗来说, 栽培基质的选择要比寄主配置模式更为重要, 而高效的寄主配置模式又比育苗容器的选择重要, 育苗容器类型的选用相比遮荫方式又显得重要些, 这点有待更进一步的试验来证明。

苗期寄主通过与檀香根系形成吸盘, 建立寄生关系, 从而影响到檀香的生长, 这是一个很复杂的过程。尽管檀香吸盘的解剖学结构已有报道^[23], 但有关檀香吸盘具体传导功能的研究目前还较少, 寄主的配置模式不仅会影响到檀香幼苗苗期的生长情况, 而且还会更进一步影响到造林后檀香林分的生长, 相关的试验研究目前还在进行中。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第24卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1988
- [2] 李应兰. 檀香引种研究[M]. 北京: 科学出版社, 2003
- [3] 李应兰, 余作岳. 广东电白檀香栽培试验[J]. 热带亚热带森林

- 生态系统研究, 1984, 1(2):145 - 150
- [4] 李应兰. 檀香奇木落户中华[J]. 植物杂志, 1997(1):8 - 9
- [5] 杨晓玲. 珍稀而又珍贵的檀香树[J]. 云南林业, 2005, 26(1):21 - 22
- [6] 余竞光, 丛浦珠, 林级田, 等. 国产檀香油化学成分和五个新化合物的初步结构研究[J]. 药学学报, 1988, 23(11):868 - 872
- [7] 刘中秋, 徐鸿华, 刘心纯, 等. 引种檀香不同部位的质量研究[J]. 广州中医药大学学报, 1996, 13(3-4):72 - 75
- [8] 马国华, 何跃敏, 张静峰, 等. 檀香幼苗半寄生性初步研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2005, 13(3):233 - 238
- [9] Radomiljac A M, Borough C J. Sandalwood [J]. Australian Forest Grower, 1995, 19(4, Special liftout section No. 34):1 - 4
- [10] Radomiljac A M. The influence of pot host species, seedling age and supplementary nursery nutrition on *Santalum album* Linn. (Indian sandalwood) plantation establishment within the Ord River Irrigation Area, Western Australia [J]. Forest Ecology and Management, 1998, 102(2-3):193 - 201
- [11] Radomiljac A M, McComb J A, Shea S R. Field establishment of *Santalum album* L. - the effect of the time of introduction of a pot host (*Alternanthera nana* R. Br.) [J]. Forest Ecology and Management, 1998, 111(2-3):107 - 118
- [12] Surata K. Effect of host plants on growth of sandalwood (*Santalum album*) seedling [J]. Santalum, 1992, 9:1 - 10
- [13] Suriamihardja S, Surata K, Kharisma A. Effects of variety, urea and host species on seedling growth of sandalwood (*Santalum album*) [J]. Santalum, 1991, 6:1 - 13
- [14] Rai S N. Status and cultivation of sandalwood in India[M] // Hamilton L, Conrad C E. Proceedings of the Symposium on Sandalwood in the Pacific. 9-11, April, 1990. Honolulu, Hawaii. US Forestry Service General Technical Paper PSW-122:66 - 71
- [15] Liu X J, Xu D P, Xie Z S, et al. Effects of different culture media on the growth of Indian Sandalwood (*Santalum album* L.) seedlings in Zhanjiang, Guangdong, southern China [J]. Forestry Studies in China, 2009, 11(2):132 - 138
- [16] 周庆年. 飞机草对檀香生长的影响及其寄生过程的观察[J]. 中草药, 1981(3):30
- [17] 黄滨, 冯明开, 陈舜让, 等. 檀香林分的生长分析[J]. 中药材, 1989(12):7 - 11
- [18] 张宁南, 徐大平, 王文卫, 等. 檀香培育技术及发展对策[J]. 林业实用技术, 2007(6):13 - 15
- [19] 李应兰, 陈福莲. 促进檀香种子发芽技术的研究[J]. 广西植物, 1996, 16(3):278 - 282
- [20] Dickson A, Leaf A L, Hosner J F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries [J]. Forest Chron, 1960, 36:55 - 60
- [21] Annapurna D, Rathore T S, Joshi G. Effect of container type and size on the growth and quality of seedlings of Indian sandalwood (*Santalum album* L.) [J]. Australian Forestry, 2004, 67(2):82 - 87
- [22] Surata I K, Butarbutar T. Shading system on sandalwood seedlings in Timor, east nusa tenggara, Indonesia[J]. Small-scale Forestry, 2008, 7:311 - 318
- [23] Tennakoon K U, Cameron D D. The anatomy of *Santalum album* (sandalwood) haustoria [J]. Canadian Journal of Botany, 2006, 84:1608 - 1616