



THE ESTABLISHMENT OF
KAPOK PLANTATION

木棉人工林培育

马焕成 伍建榕 高 柱◎著



科学出版社

木棉人工林培育

The Establishment of Kapok Plantation

马焕成 伍建榕 高 柱 著

西南林业大学

西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

科学出版社

北 京

内 容 简 介

木棉因其先花后叶的特点成为热带、南亚热带和干热河谷分布的重要景观树种,且因为木棉果实纤维具有驱螨防蛀等功效而成为近年来备受关注的纺织原料树种。但木棉纤维人工林培育尚未开展。本书以多个科研项目研究成果为基础,从木棉种质资源现状、木棉的栽培生理基础入手,探讨干热河谷地区木棉的分布规律和适应性;用组织培养、扦插育苗和播种育苗等方法建立木棉的种苗资源,并在此基础上进一步培育优良无性系;通过植苗方法、造林密度、肥料配方、病虫害控制和株型控制等技术建立木棉人工林的培育体系,并在此基础上形成木棉人工林栽培技术规程。

本书可作为林学、植物学、农学、环境科学、生态学等方面的科研工作者和从业人员的参考书,同时可作为相关学科的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

木棉人工林培育 / 马焕成, 伍建榕, 高柱著. —北京: 科学出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-03-040910-2

I. ①木… II. ①马… ②伍… ③高… III. ①木棉科—人工林—森林抚育
IV. ①S718.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 120382 号

责任编辑: 张会格 / 责任校对: 李 影

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 北京铭轩堂广告设计有限公司

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京科印技术咨询服务公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 6 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2015 年 8 月第四次印刷 印张: 18 3/4 插页: 3

字数: 360 000

定价: 108.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

资 助 项 目

国家自然科学基金项目：干热河谷区木棉-丛枝菌根真菌共生系统的水分关系研究（31260175）

国家公益性行业科研专项（林业）：干热河谷木棉纤维人工林培育关键技术研究（201104034）

云南省高校干热河谷植被恢复科技创新团队建设项目

《木棉人工林培育》编写委员会

主 编 马焕成 伍建榕 高 柱

副主编 唐军荣 郑艳玲 郑 元 欧光龙

王 芳 胡世俊 赵高卷 王小玲

编写人员（按姓氏笔画排序）

马焕成 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

王 芳 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

王小玲 江西省科学院

平 盼 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

田 斌 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

伍建榕 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

杨建军 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

欧光龙 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

郑 元 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

郑艳玲 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

赵高卷 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

胡世俊 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

高 柱 江西省科学院 西南林业大学

唐军荣 西南林业大学 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室

前 言

木棉是我国热带和亚热带广泛分布树种，因其春天开花时具有先花后叶的特点，具有很高的观赏性，被多个城市定为市花。木棉在横断山脉干热河谷地区分布较广，对维护金沙江、澜沧江、怒江和红河等河岸生态安全具有重要的作用，当地村民也有利用木棉果实纤维制作枕头和被褥的悠久历史。随着木棉果实纤维加工技术的提高，木棉纤维需求增加，而散生状的木棉树生产效率低下，必须建立密植高效木棉纤维人工林才能满足木棉纤维纺织的生产需要。

在国家公益性行业科研专项和国家自然科学基金项目资助下，西南林业大学和云南红河攀大木棉科技应用有限公司在云南省个旧市建立了木棉开发和研究基地。收集了不同树种、不同种源的木棉科植物，用组织培养、扦插育苗和播种育苗等方法建立木棉种质资源圃和近 1000 亩（1 亩 $\approx 666.7\text{m}^2$ ）的人工林栽培示范区。在此基础上开展了一系列的科学研究形成本书。

本书著者主要是干热河谷植被恢复科技创新团队（云南高校）的成员和部分研究生。本书的具体内容和分工如下：第 1 章（马焕成）介绍木棉的生物学特性和主要研究开发前景；第 2 章（高柱、马焕成）分析了木棉种质资源和遗传变异规律；第 3 章（郑元）研究几种木棉科植物的光合特性日变化和年变化规律；第 4 章（郑艳玲、胡世俊、赵高卷）分析了环境因子对木棉种子萌发的影响及木棉种子的贮藏特性，尤其对紫茎泽兰浸提液对木棉种子和幼苗的化感作用进行了探讨，从而为干热河谷木棉天然更新能力进行评估；第 5 章（高柱、王小玲）研究了几种木棉科植物的传粉规律和良种扩繁技术；第 6 章（高柱、郑元）研究了不同肥料配比对木棉幼苗和幼林生长的影响；第 7 章（欧光龙、高柱）分析了木棉人工幼林参数分布拟合和人工幼林生长结构动态变化规律；第 8 章（唐军荣）

分析了抗旱保水剂对木棉人工林的影响；第9章（郑艳玲、平盼、杨建军）分析了木棉科植物的旱生解剖结构和抗旱性；第10章（伍建榕）在调查的基础上，提出了木棉人工林的主要病虫害及其防治策略；第11章（伍建榕、王芳）分析了云南干热河谷地区木棉科植物丛枝菌根真菌的多样性；第12章（高柱、马焕成）提出了木棉人工林培育技术规程。

木棉多为散生状的高大乔木，将其改造成适于密植的人工林树种，需要进行长期的生物学和林业特性研究，在此基础上方可开展育种、繁殖、株型和林分结构等方面的改造。

由于著者理论水平有限，研究时间相对较短，书中难免存在不足之处。恳请读者批评指正。

著 者

2013年10月于昆明

目 录

前言

第1章 木棉的生物学特性	1
1.1 木棉科概述	1
1.1.1 木棉科植物分类	1
1.1.2 木棉科植物形态	2
1.1.3 木棉科植物的起源	2
1.2 我国原产和引入木棉科植物	3
1.2.1 木棉	3
1.2.2 长果木棉	3
1.2.3 吉贝	4
1.2.4 美丽异木棉	4
1.2.5 轻木	4
1.2.6 瓜栗	5
1.2.7 龟纹木棉	5
1.2.8 猴面包树	6
1.2.9 榴莲	6
1.3 木棉的林分特性	6
1.4 木棉的纤维特性	7
1.5 木棉的遗传特性	9
1.5.1 染色体数量	9
1.5.2 花粉特征	9
1.5.3 花粉活力及其影响因素	10
1.6 木棉的抗旱性	11
1.6.1 水分吸收	11
1.6.2 水分利用	12
1.6.3 水分输送	13
1.7 苗木的繁殖培育	13
1.7.1 种子采集和处理	13
1.7.2 整地播种	13

1.7.3 育苗管理	13
1.8 林分生长	14
1.9 木棉科植物的开发利用	14
1.9.1 木材特性和利用	14
1.9.2 观赏价值	15
参考文献	17
第2章 木棉种质资源和遗传多样性	18
2.1 不同种源的种质特性	20
2.1.1 参试材料编号	20
2.1.2 调查对象、方法及测定指标	20
2.1.3 吉贝地理单株果实性状特性	25
2.1.4 木棉不同居群种子性状特性	28
2.2 种子的变异规律	30
2.2.1 木棉分布区区划	30
2.2.2 木棉种子变异趋势	32
参考文献	33
第3章 吉贝光合特性	37
3.1 光合日变化	38
3.1.1 材料与方法	38
3.1.2 结果与分析	39
3.1.3 结论与讨论	45
3.2 光合的季节变化	47
3.2.1 材料与方法	47
3.2.2 结果与分析	47
3.2.3 结论与讨论	51
3.3 光响应特征	51
3.3.1 材料与方法	51
3.3.2 结果与分析	52
3.3.3 结论与讨论	56
参考文献	57
第4章 木棉种子特性	60
4.1 环境因子对木棉种子萌发的影响	60
4.1.1 材料与方法	61
4.1.2 结果与分析	63

4.1.3 结论与讨论	66
4.2 木棉种子的贮藏特性	68
4.2.1 材料与方法	70
4.2.2 结果与分析	70
4.2.3 结论与讨论	73
4.3 紫茎泽兰浸提液对木棉种子和幼苗的化感作用	74
4.3.1 材料与方法	75
4.3.2 结果与分析	76
4.3.3 结论与讨论	81
参考文献	82
第5章 木棉的繁殖特性	87
5.1 植物繁殖概述	87
5.1.1 植物有性繁殖	88
5.1.2 植物无性繁殖	89
5.2 传粉规律	95
5.2.1 木棉花特性概述	95
5.2.2 吉贝花结构的传粉学特性	95
5.2.3 访花鸟对吉贝传粉的影响	96
5.2.4 访花蝙蝠与吉贝花蜜的觅食规律及授粉关系	97
5.2.5 不同物质对吉贝花粉体外萌发的影响	97
5.3 播种繁殖特性	101
5.3.1 材料与方法	101
5.3.2 结果与分析	101
5.3.3 结论与讨论	103
5.4 扦插繁殖	104
5.4.1 材料与方法	104
5.4.2 结果与分析	108
5.4.3 结论与讨论	119
5.5 嫁接繁殖	123
5.5.1 材料与方法	123
5.5.2 结果与分析	124
5.5.3 结论与讨论	130
5.6 组织培养	131
5.6.1 木棉离体再生体系的建立	131

5.6.2 吉贝木棉离体再生体系的建立	135
参考文献	143
第6章 木棉人工林对施肥的响应	151
6.1 不同肥料对比对吉贝幼苗和幼林生长的影响	152
6.1.1 参试肥料及造林种苗	152
6.1.2 施肥试验设计	153
6.1.3 造林设计及指标测定	154
6.1.4 不同肥料对比对吉贝幼苗生长的影响	155
6.1.5 不同施肥对比对吉贝幼林生长的影响	160
6.1.6 结论与讨论	165
6.2 不同肥料对比对木棉幼苗生长的影响	167
6.2.1 材料与方法	168
6.2.2 结果与分析	170
6.2.3 结论与讨论	177
参考文献	178
第7章 木棉人工幼林林分结构变化	181
7.1 吉贝人工幼林参数分布拟合及其变化规律	182
7.1.1 材料与方法	182
7.1.2 结果与分析	187
7.1.3 结论与讨论	193
7.2 吉贝人工幼林生长结构动态变化	195
7.2.1 材料与方法	195
7.2.2 结果与分析	196
7.2.3 结论与讨论	201
7.3 吉贝不同种源/家系人工幼林结构变化差异	202
7.3.1 材料与方法	202
7.3.2 结果与分析	203
7.3.3 结论与讨论	206
参考文献	206
第8章 干热河谷地区吉贝应用保水剂造林试验	208
8.1 概述	208
8.1.1 保水剂简介	208
8.1.2 保水剂的应用效果研究	209
8.1.3 研究意义	212

8.1.4 试验区概况	213
8.2 材料与方法	213
8.2.1 材料	213
8.2.2 方法	213
8.3 结果与分析	214
8.3.1 保水剂对吉贝造林成活的影响	214
8.3.2 不同保水剂用量对吉贝生长的影响	216
8.3.3 不同保水剂含量对土壤的养分影响	216
8.4 结论与讨论	218
参考文献	220
第9章 木棉的解剖结构和抗旱性	223
9.1 木棉的解剖结构观察	223
9.1.1 材料与方法	224
9.1.2 结果和分析	225
9.1.3 讨论	228
9.2 木棉的抗旱性	229
9.2.1 材料与方法	230
9.2.2 结果与分析	231
9.2.3 结论与讨论	232
参考文献	234
第10章 木棉的主要病虫害及其防治	236
10.1 绪论	236
10.1.1 前言	236
10.1.2 国内外木棉病虫害研究现状	237
10.2 材料及方法	237
10.2.1 研究地概况	237
10.2.2 研究方法	238
10.3 结果与分析	242
10.3.1 病害调查结果	242
10.3.2 主要虫害调查结果	243
10.3.3 病虫害鉴定结果	243
10.3.4 白蚁防治结果与分析	262
10.4 结论与讨论	264
参考文献	265

第 11 章 云南干热河谷地区木棉科植物丛枝菌根真菌的调查研究	267
11.1 材料与方法	267
11.1.1 调查区域概况	267
11.1.2 AMF 的分离与鉴定	267
11.1.3 菌根侵染率检测	268
11.1.4 AMF 孢子密度的测定	268
11.2 结果与分析	268
11.2.1 AMF 种类及鉴定	268
11.2.2 AMF 在木棉根中的侵染率及孢子密度分布特征	271
11.3 结论与讨论	272
参考文献	273
第 12 章 木棉人工林培育技术规程	274
12.1 木棉的采种和育苗规程	274
12.1.1 采种母树	274
12.1.2 种子采收	274
12.1.3 育苗	275
12.2 木棉的种苗扩繁规程	276
12.2.1 扦插育苗	276
12.2.2 组培快繁育苗	278
12.3 木棉的栽植规程	280
12.3.1 林地选择	280
12.3.2 林地清理及规划	280
12.3.3 整地	281
12.3.4 回土施肥	281
12.3.5 回填	281
12.3.6 栽植	281
12.3.7 定植方法	282
12.3.8 补种	282
12.3.9 档案管理	282
12.4 木棉的抚育管理规程	282
12.4.1 除草、除灌	282
12.4.2 扩穴松土施肥	282
12.4.3 施追肥	282
12.4.4 抚育次数及时间	283

12.4.5	定干修剪	283
12.4.6	病虫害防治	283
12.4.7	抚育档案管理	283
12.5	木棉的采收规程	283
12.5.1	采收方法	283
12.5.2	果实采收时间	283
12.5.3	纤维采收	283
12.5.4	档案管理	283

图版

第 1 章 木棉的生物学特性

1.1 木棉科概述

1.1.1 木棉科植物分类

木棉科属锦葵目 (Malvales)，从现有文献查到的属共 38 个，种名超过 250 个。(Bose *et al.* , 1998) (表 1.1)，产于热带地区，以美洲最多。木棉科中能结果且果实纤维具有利用价值的主要是木棉属 (8 种) 和吉贝属 (10 种)。我国原产的仅有 1 属 2 种，即木棉 (*Bombax ceiba*，别名攀枝花) 和长果木棉 (*Bombax insigne*)。引种的有吉贝 (*Ceiba pentandra*，别名爪哇木棉)、美丽异木棉 (*Chorisia speciosa*，别名美人树)、瓜栗 (*Pachira macrocarpa*，别名发财树)、龟纹木棉 (*Bombax ellipticum*)、轻木 (*Ochroma lagopus*)、榴莲 (*Durio zibethinus*)、猴面包树 (*Adansonia digitata*) 等 7 个种。

表 1.1 文献查到的木棉科属名

拉丁学名	中文属名	拉丁学名	中文属名	拉丁学名	中文属名
<i>Adansonia</i>	猴面包树属	<i>Gyranthera</i>	—	<i>Quararibea</i>	—
<i>Aguiaria</i>	—	<i>Huberodendron</i>	—	<i>Scleronema</i>	硬丝木棉属
<i>Bernoullia</i>	—	<i>Matisia</i>	—	<i>Septotheca</i>	—
<i>Bombax</i>	木棉属	<i>Neobuchia</i>	—	<i>Spirotheca</i>	—
<i>Catostemma</i>	垂冠木棉属	<i>Ochroma</i>	轻木属	<i>Boschia</i>	—
<i>Cavanillesia</i>	瓶树属	<i>Pachira</i>	瓜栗属	<i>Coelostegia</i>	凹项木棉属
<i>Ceiba</i>	吉贝属	<i>Patinoa</i>	—	<i>Cullenia</i>	—
<i>Chiranthodendron</i>	可乐果属	<i>Pentaplaris</i>	—	<i>Durio</i>	榴莲属
<i>Eriotheca</i>	毛鞘木棉属	<i>Phragmotheca</i>	—	<i>Kostermansia</i>	—
<i>Fremontodendron</i>	美洲桐属	<i>Pseudobombax</i>	假木棉属	<i>Neesia</i>	—
<i>Chorisia</i>	异木棉属	<i>Cordia</i>	破布木棉属	<i>Campostemon</i>	弯蕊木属
<i>Rhodognaphalon</i>	—	<i>Bombacopsia</i>	—	<i>Kydia</i>	—
<i>Cullenia</i>	—	<i>Eriodendron</i>	—		

注：“—” 指未曾引入中国或无中文名字

1.1.2 木棉科植物形态

木棉科植物为高大乔木，基部常有板状根，茎干粗大，有粗刺或无刺，有黏液腔。叶互生，单叶或掌状复叶，托叶早落。花两性，大而鲜明；萼在花芽中闭合，偶有5深裂而稍成覆瓦状排列，常有副萼；花瓣5枚或有时缺；雄蕊分离或合生成筒；花药肾形至线形，1~2室或多室，花粉粒平滑无刺，常有退化雄蕊；子房上位，2~5室，花柱1枚，圆头状或分裂，倒生胚珠2枚或多枚，着生室的内角。蒴果大，室背开裂或不裂，种子多数，种子常被内果皮的丝状棉毛所包围，种子有时有假种皮；胚乳缺或只有薄层，子叶扁平，回旋或折叠。木棉科的花粉粒具3沟，3~6孔，超扁球形至近扁球形， $(23 \sim 50) \mu\text{m} \times (48 \sim 62) \mu\text{m}$ ；外壁厚1~4 μm ；外壁外层网状，具暗明图案，外壁内层比外层薄。

1.1.3 木棉科植物的起源

木棉科植物起源的主要证据来自古地层学和孢粉学研究。Mandal (2005) 认为大约在白垩纪中期，木棉植物起源于古北美大陆东部，新近纪早期进入印度次大陆，在大约4000万年的印度次大陆与欧亚大陆碰撞接合，也将木棉带入现在的印度和中南半岛。

进入中国的木棉到底是自然传入，还是人为引种所致，目前尚无定论。根据中国的古籍记载，南越王赵佗曾在公元前2世纪向汉室天朝献上木棉树一株。佟健华和薛春雷 (2005) 认为，我国古代所称的木棉可能是从西域经新疆传入的草棉。有些文献中记载三国和宋代在福建和广东有种植“吉贝”和利用其纤维进行纺织的历史，但从描述的7~8尺^①的高度看，文中所说的“吉贝”不是吉贝属的高大乔木，应该是热带和南亚热带仍在种植的“海岛棉”（一种多年生灌木状棉花）。

从现有文献看，木棉在印度具有广泛的分布和较长的栽培历史，也有人认为印度为木棉的起源和分布中心。著者推测木棉在中国的自然传播路线有2条，其一是陆路，其二是海路。陆路通过中南半岛的缅甸经云南自西向东沿河谷传播，或从缅甸经越南向云南和广西传播；海路可以从中南半岛经南海进入华南沿海地区，当然也不能排除人为引入的可能性。限于原有的纺织技术，木棉纤维只能作为枕芯的填充物，利用价值不高，再加上木棉树体高大，对农田或山地作物具有一定的遮阴作用而常常遭到村民砍伐。因此，不可能存在大规模的人为引入，即便人为引入也只能是零星的、小规模。

^① 1尺 $\approx$ 0.33 m，后同

通过叶绿素 DNA 单倍型分析也发现, 靠近缅甸边境的云南临沧、保山、西双版纳等地区的遗传多样性比较丰富, 而广东和广西的遗传多样性相对单一。这说明滇缅边境的木棉不可能是人为引入的, 也从一定程度上印证了木棉存在自缅甸向云南自然传播的通道。至于从滇缅边境进一步向内地传播的过程还有待进一步探讨。

1.2 我国原产和引入木棉科植物

1.2.1 木棉

木棉也称攀枝花, 属落叶大乔木, 树干有皮刺。叶为掌状复叶, 小叶有 5~7 片。雄蕊多数, 外围雄蕊基部聚生为 5 束, 中间聚生为 1 束。木棉在华南地区的始花期为早春 2~3 月, 云南热区在 12 月以后就花开, 花单生, 大, 通常为红色, 也有深红、橘红、黄、橙黄等颜色。据云南干热河谷地区村民观察, 黄花木棉通常比红花木棉要早开花 10~15 d, 花瓣也更大。蒴果背开裂 5 瓣, 果壳革质, 成熟后果荚开裂, 种子小, 黑色, 藏于果实纤维内, 果实纤维爆裂后随风飘落, 利于种子传播。据怒江干热河谷地区观察, 木棉种子可以翻过相对高差超过 1000 m 的高山在另一侧山谷繁殖。树皮灰色, 幼树树干及枝条具圆锥状尖而硬的皮刺, 果长 10~15 cm。木棉在我国分布区域为北纬 $18^{\circ}23'$ ~ $23^{\circ}27'$, 东经 $108^{\circ}36'$ ~ $109^{\circ}05'$, 主要分布在我国海南、台湾、福建、广东、广西、四川、云南、贵州等地, 尤以云南、广西最多, 一般垂直分布在海拔 1400 m 以下的山谷、丘陵, 是西南干热河谷地区的代表树种。美洲、非洲和亚洲的印度是木棉的分布中心, 东南亚的泰国、缅甸、越南、柬埔寨、老挝、印尼、菲律宾、马来西亚等也有分布。

1.2.2 长果木棉

长果木棉为落叶大乔木, 高达 20 m, 树干无刺。小叶 7~9 片, 近革质, 倒卵形或倒披针形, 长 10~15 cm, 宽 4~5 cm, 短渐尖, 基部渐狭, 背面沿中肋和侧脉被长柔毛; 叶柄长于叶片, 小叶柄长 1.2~1.6 cm。花单生于落叶枝的近顶端, 花梗长 1.9 cm, 粗壮, 棒状; 萼长 3.8~5.0 cm, 厚革质, 坛状球形, 不明显的分裂, 外面近无毛, 内面具浓密的丝状毛; 花瓣肉质, 长圆形或线状长圆形, 钝, 舟状内凹, 长 10~15 cm, 宽 3 cm, 红色、橙色或黄色, 内面无毛, 外面被短的绢毛; 雄蕊多数 (150), 雄蕊管长 1.2 cm, 花丝线形, 集成 5 束, 短于花瓣; 子房 5 室, 花柱长于花丝。蒴果栗褐色, 长圆筒形, 无毛, 长 25~30 cm, 粗 3.5~5.5 cm, 具 5 棱, 成熟时沿棱脊开裂。花期 12 月至翌年 1 月, 果 4 月成