

# 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>Aguaiaria</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>Camptostemon</i>	弯蕊木属
<i>Rhodognaphalon</i>	—	<i>Bombacopsis</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  $\mu\text{m}$ ；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<sup>①</sup>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。

<sup>①</sup> 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°23'~23°27', 东经 108°36'~109°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

熟。我国云南西部至南部（盈江、镇康、普洱、勐腊）有零星分布，属于国家三级保护植物。在印尼、缅甸、老挝、越南生长于海拔 500 ~ 1000 m 的石灰岩山林内。

### 1.2.3 吉贝

吉贝别名爪哇木棉，为危地马拉国花。落叶大乔木，板状根小或不存，高达 30 m，有大而轮生的侧枝；幼枝平伸，有刺。小叶 5 ~ 9 片，长圆披针形，长 5 ~ 16 cm，宽 1.5 ~ 4.5 cm；叶柄长 7 ~ 14 cm，比小叶长；小叶柄极短，仅 3 ~ 4 mm。花簇生于上部叶腋间，花梗长 2.5 ~ 5 cm，无总梗，有时单生；花瓣倒卵状长圆形，长 2.5 ~ 4 cm；外面密被白色长柔毛；雄蕊管上部花丝不等高分离，不等长，花药肾形；子房无毛；花柱长 2.5 ~ 3.5 cm，柱头棒状，5 浅裂。蒴果长圆形，长 30 ~ 52 cm，粗 3 ~ 7 cm；果梗长 7 ~ 25 cm，5 裂，果内面密生丝状果实纤维；种子圆形，种皮革质、平滑；花期 1 ~ 3 月。吉贝原产热带美洲、斯里兰卡、爪哇岛、菲律宾群岛和东印度群岛，现广泛引种于东南亚及非洲热带地区，我国广东、广西、海南和云南热区也有引种。

### 1.2.4 美丽异木棉

美丽异木棉别名美人树（因其树干基部膨大有曲线美而得名）。落叶大乔木，高 10 ~ 15 m，树干下部膨大，幼树树皮浓绿色，密生圆锥状皮刺、侧枝放射状水平伸展或斜向伸展。掌状复叶，小叶 5 ~ 9 片；小叶椭圆形，长 12 ~ 14 cm。花单生，花瓣 5，反卷，花丝合生成雄蕊管，包围花柱。冬季为开花期，花期长达 3 个月。花苞圆珠状，花冠淡紫红色，花冠近中心初时为金黄色，后渐转为白色。树体长满尖刺，开花时满树鲜艳的花朵，绚丽耀目。美丽异木棉花谢后结果，蒴果椭圆形，种子次年春季成熟。果实成熟后，厚厚的外皮自然脱落，一团白色的絮状物脱颖而出，状如成熟开裂的棉花团。白色絮状物柔软性、保暖性与木棉相当。美丽异木棉原产南美，被广泛应用于道路和城市绿化，在我国广东、福建、广西、海南、云南、四川等南方城市广泛栽培。主要采用种子繁殖，苗木移植成活率高，属于强阳性树种，如作遮阳路树宜单行种植，行距 15 ~ 20 m。树皮富含纤维，有较强的抗风倒、抗风折能力，目前尚未发现严重病虫害。

### 1.2.5 轻木

轻木别名白塞木（balsa wood）。常绿中等乔木，高达 20 m，胸径 50 cm 以上。树皮平滑，灰色或灰褐色。单叶互生、宽卵形或近圆形，长 20 ~ 30 cm，宽

12~20 cm, 5~7 浅裂或近棱角, 近全缘或略有不明显的锯齿, 下面有极细的毛; 掌状叶脉 5~7 条, 叶柄长 15~20 cm, 有褐色贴毛。花大, 花瓣 5 枚, 黄白色, 单体雄蕊, 花丝合生成柱状, 子房 5 室, 柱头螺旋状。果纺锤状圆筒形或长角状, 长 15~22 cm, 直径 3~4 cm, 成熟时外果皮开裂脱落, 有浅褐色纤维毛翻出。种子多数褐色, 着生于棉毛中, 大小似芝麻。轻木速生, 10~12 年生的轻木高达 16~18 m。在湿热气候条件, 年降雨量 1200 mm 以上, 年平均相对湿度保持在 75% 以上, 年平均气温 21℃ 以上, 最低温 7℃ 以上的地区适宜栽培。轻木为世界上最轻的商品材, 轻木炉干材的容量为 0.1%~0.25%, 基本特征为边材浅黄白色, 心材绿色或浅绿色, 久则变浅。主产区在厄瓜多尔, 其次为哥斯达黎加、尼加拉瓜、墨西哥、危地马拉、秘鲁、哥伦比亚、委内瑞拉和巴拿马, 国内在云南、广东、福建、海南, 中国台湾热带、南亚热带地区有少量栽培。

### 1.2.6 瓜栗

瓜栗又名发财树, 为瓜栗属小乔木。高 4~5 m, 树冠较松散, 幼枝栗褐色, 无毛。小叶 5~11 片, 具短柄或近无柄, 长圆形至倒卵状长圆形, 渐尖, 基部楔形, 全缘, 上面无毛, 背面及叶柄被锈色星状茸毛; 中央小叶长 13~24 cm, 宽 4.5~8.0 cm, 外侧小叶渐小。花单生于枝顶叶腋; 雄蕊管较短, 分裂为多数雄蕊束, 每束再分裂为 7~10 枚细长的花丝; 花柱长于雄蕊, 深红色, 柱头小, 5 浅裂。蒴果近梨形, 长 9~10 cm, 直径 4~6 cm, 果皮厚, 外面无毛, 内面密被长棉毛, 开裂, 每室种子多数。种子大, 不规则的梯状楔形, 表皮暗褐色, 有白色螺旋纹, 内含多胚; 花期 5~11 月。果先后成熟, 种子落地后自然萌发。果皮未熟时可食, 种子可炒食。瓜栗喜高温多湿、阳光充足环境, 不耐寒, 怕强光直射, 较耐阴, 有一定耐旱能力, 土壤以肥沃、疏松为好, 冬季温度不低于 10℃。瓜栗株形美观, 茎干叶片全年青翠, 是目前十分流行的室内观叶植物, 幼苗枝条柔软, 耐修剪, 可加工成各种艺术造型的桩景和盆景。该属 2 种, 原产墨西哥后至哥斯达黎加, 我国主要以室内绿化树种引入。

### 1.2.7 龟纹木棉

龟纹木棉为木棉属小乔木, 原产美洲墨西哥。根基部粗壮; 茎基部不规则膨大, 呈块状, 肉质, 外皮灰色, 分布有浅绿色斑纹, 表皮龟裂, 故得名。掌状复叶, 互生, 小叶 5 片, 休眠期叶片脱落。花白色 (有资料称为紫红色), 花丝长, 生长期生于近枝端; 蒴果较大, 长椭圆形。喜温暖干燥和阳光充足气候, 不耐寒, 不耐积水, 以肥沃、疏松砂质壤土为宜, 排水需良好。生长期需水分充足供应, 休眠时应减少浇水, 保持干燥, 注意通风。根茎膨大, 状态奇特如同龟壳,

为目前国内尚为少见的奇趣多肉植物，我国主要以盆栽观赏植物形式引入。

### 1.2.8 猴面包树

猴面包树为猴面包树属落叶大乔木，无刺。叶螺旋状排列，掌状复叶；小叶3~9片，全缘；托叶小。花大，腋生，单1或成对，具梗，下垂；苞片2；花萼革质，于花前完全闭合，花时撕裂为5个相等的裂片，二面密被柔毛，果熟前脱落；花瓣5，基部合生并贴生于雄蕊管基部，雄蕊多数；合生成一高管，上部分离，花丝极多数；花药肾形，1室；子房5~10室；每室胚珠多数；花柱伸长，柱头星状分叉为5~15支，裂肢短，展开。果木质，不开裂，长圆形或近棒状，无棉毛；种子多数，大，藏于果肉内，有假种皮，胚乳少。猴面包树属10种，分布于古热带地区（非洲、马达加斯加、澳大利亚），我国引种1种。

### 1.2.9 榴莲

榴莲别名麝香猫果，为榴莲属热带落叶乔木，树高15~20 m。榴莲叶片长圆，顶端较尖，聚伞花序，花淡黄色，果实足球大小，果皮坚实，密生三角形刺，果肉是由假种皮的肉包组成，肉淡黄色，黏性多汁。榴莲果肉含有多种维生素，营养丰富，香味独特，具有“水果之王”的美称。因为榴莲的物候学特征要求，在日平均温度22℃以上，无霜冻的地区方能生长结实，即使在赤道地区，海拔600 m以上的高地，由于气温下降，也不能种植榴莲或不能结果。榴莲原产东印度和马来西亚，菲律宾、斯里兰卡、泰国、越南、缅甸、我国热带地区均有栽种。

## 1.3 木棉的林分特性

木棉树为喜光、耐高温、耐干旱的强阳性树种；喜干热或湿热气候，其中心分布区年平均温度20℃以上，年活动积温7000~8600℃，最热月平均气温24~27℃，极端最低气温-4~0℃，年降雨量540~1802 mm，相对湿度50%~80%。总之，木棉喜光，喜温暖，不耐寒，耐旱，稍耐湿，忌积水；对土壤要求不严，喜微酸性或中性土壤。木棉能生长于石灰岩、砂岩、页岩的砖红壤、红色石灰土、紫色土和河流冲积土，但在强酸性的黏土上生长极差，切忌在土层瘠薄及积水的地块种植。木棉树木具有深根、抗风力强、萌芽力强、树皮厚、耐火烧、抗污染、生长快、寿命长等特点。

现有的栽培特性表明木棉对寒流十分敏感。2007年个旧市黄草坝东北方向37 km处，海拔310 m苗圃培育的吉贝，遇50年一遇的寒流，2年生幼苗40%的

地上部遭冻害,海拔 600 m 以上的受冻情况更严重,在寒冷期较长的地方,难以生存。

木棉林分的天然更新情况变化较大,在大多数情况下,木棉树下均无幼苗出现,但也有少数地方例外,如新平县戛洒乡木棉天然纯林,发现林下有 1 年生幼苗,苗高 10 cm 左右,树龄约 25 年,树高 9~27 m,胸径 20.1~76.7 cm,林分密度为 76 株/hm<sup>2</sup>,蓄积量 203.6 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,郁闭度 0.5,有苗频度 65%,每公顷有幼苗 3000 株。但仍然未见幼树长成大树。木棉树的伐桩及根蘖露头容易萌发新株,只要人工加以适时定苗、定干及管理,便可长成大树。

关于木棉天然更新能力低的原因有多种解释。据郑艳玲等(2013)研究发现木棉新鲜种子的含水率达到 13%,当年的萌发能力高,但不耐 40℃ 以上高温和干燥,而木棉成熟正好是干热河谷的旱季,高温和干燥可能是该地区木棉天然更新的障碍因素之一。此外,干热河谷地区大量入侵的紫茎泽兰的遮蔽作用,根系和叶片凋落物的化感作用也影响木棉种子萌发和生长,因此,这也可能是木棉天然更新的另一个障碍因素。

木棉适宜生长的地域较广,除海南、广东、广西和福建外,西南地区金沙江、澜沧江、怒江、元江、珠江流域均为适生地。在西南地区木棉自然分布于河流两岸、滩地、河川。在自然状况下很少有纯林存在,仅在云南省保山市潞江坝和新平县戛洒乡有小面积的人工纯林,数量为 2000~10 000 株。根据木棉分布现状归纳为以下 4 类:①带状分布。这类木棉多见于峡谷两侧,散生在阔叶林中,自然混交成林,一般长势较好,树干通直高大。②线状分布。分布在公路两旁,为人工营造的公路行道林。有的区域存在长达几十千米的夹道木棉林,如麻栗坡县城至天保口岸的公路两旁,个旧市黄草坝至河口的公路两旁,木棉枝繁叶茂,树干高大挺拔、雄伟壮观,在春暖花开的季节,满树红花锦簇,是难得一见的艳丽景观。③块状分布。主要分布在河谷边、河滩上或河流流经的丘陵地块上,几十株或上百株木棉树成群集中分布在一起。④单株分布。主要分布在学校、田地旁、路边、房子旁。主要特点是树龄老、树体大。

## 1.4 木棉的纤维特性

木棉纤维是一种天然纤维素纤维,与棉花纤维同属单细胞纤维。棉花纤维是由种子的表皮细胞生长而成,纤维附着于种子上。木棉纤维是果实纤维,纤维附着于木棉果壳体内壁,由内壁细胞发育而成。木棉纤维为表面光滑、呈圆柱形、无扭转的单细胞纤维,其纤维细胞壁薄,外层包覆一层较厚蜡质,纤维内中空,中空部位填充空气,在光学显微镜下可见到明显气泡。木棉纤维顶端细,根部稍

粗，带有网格状纤维壁，纤维截面形状为椭圆形和近圆形。木棉纤维壁结构和其他天然纤维素类纤维不同，纤维表层细胞壁由矩形取向的微原纤构成，第二层微纤基本平行于纤维轴。木棉纤维的颜色为黄色至褐色系，或略带白色，纯白色较罕见。纤维无味、无毒、无人体过敏性物质。

据高静等（2012）的研究，木棉纤维与其他类似纤维的化学成分差异较大（表 1.2），纤维素含量只有棉花纤维的 2/3 左右，但半纤维素和木质素含量却高出许多。水分含量比棉花纤维高 1 倍，化学成分的差异造成了其物理和纺织特性的差异。

表 1.2 不同植物棉纤维化学成分质量分数/%

种类	纤维素	半纤维素	果胶	腊质	木质素	灰分
木棉	64.0	10.0	2.3~2.5	0.8~1.2	13.0	1.4~3.5
棉花	94.0	0.0	0.8~1.2	0.8~1.3	0.0	1.27
牛角瓜	64.0~66.0	20.0~22.0	3.2~3.8	2.0~3.0	8.0~9.0	1.2~1.8

资料来源：高静等，2012

木棉纤维具有如下物理特性：①木棉纤维密度小、质量轻，体积质量为  $0.2 \sim 0.4 \text{ g/cm}^3$ ，其主要原因除纤维壁密度小以外，还与其内部中空度（70%~80%）高有关。中空腔内密封有大量空气，使得木棉纤维具有优良的保暖和隔音性能，同时也为优良的浮力性能提供了部分功效。②木棉纤维细（ $0.9 \sim 3.1 \text{ dtex}$ ），长度短（ $10 \sim 35 \text{ mm}$ ），纤维长度仅为棉花纤维长度的一半，扭转刚度大，拉伸强度较低，造成木棉纤维可纺性差，通常需要与其他纤维混纺使用。③木棉纤维平均光折射率为 1.17，高于其他纤维，光泽好，曾一度被用作纸中增光原料。④木棉纤维压缩模量小，压缩模量为 48.92 kPa，拉伸强力  $0.84 \sim 1.97 \text{ cN/dtex}$ ，纤维可承载的压力较小，受压后易变形，甚至被压扁，在加工和使用过程中应该注意避免高压造成木棉纤维很多优良性能的损失。⑤木棉纤维回潮率（10%~10.73%）较高，主要源自纤维内部的半纤维素快速吸水膨胀，同时在木质素的输送作用下，纤维内部水分可以快速晾干。这种特性已经被用来做水上娱乐用品，如水上漂流棉被，在海上可以像船一样让人漂浮在水面，且脱离水后 1~2 h 即可晾干。

木棉纤维发育的研究尚无报道，因此，关于外界因素对木棉纤维发育影响的研究进展主要借鉴棉花纤维。不同的是棉花纤维为锦葵科棉属植物的种子纤维，而木棉纤维是果实纤维。从现有研究来看，温度、光照对棉花纤维分化突起的时间和数量有明显的影响，低于或高于某一温度范围不产生纤维细胞，纤维分化突起适宜的温度为  $25 \sim 30^\circ\text{C}$ ，低温使纤维分化降低、整齐度下降。光照对纤维的发育起了明显的抑制作用，无论受精胚珠还是未受精胚珠，在光照条件下其成活

率、纤维诱导率、纤维生长量、胚珠鲜重均低于在黑暗条件下。遮阴使棉花气候小环境发生变化,气温降低棉花纤维分化能力下降。达不到适宜的温度,纤维分化能力降低,从而影响棉花纤维的发育。棉花纤维伸长生长呈“S”形曲线,正常温度条件下,棉花胚珠外表皮细胞在开花当天开始膨大,其中一部分细胞开始伸长而进入纤维伸长发育阶段。开花5 d后增长速度迅速增加,伸长速率及持续期因品种和环境而异,一般在花后5~15 d伸长速率最大,此后伸长减缓,花后25~30 d伸长停止。光照对棉纤维的伸长有较大影响,光照不足,环境温度降低棉纤维伸长减慢,遮阴导致棉纤维生长发育期间光温达不到最适要求,从而影响棉纤维的伸长速率和最终长度。

一直以来,木棉纤维因其长度短、强度低、抱合性差和缺乏弹性而难以单独纺纱,这些不足严重制约了其在纺织方面的应用和发展。但由于木棉纤维自身具有许多优良特性,在当今人们崇尚自然,追求绿色、生态的环境下,它无疑又是一种十分具有发展潜力和广阔应用前景的新型生态纺织材料。目前,木棉纤维主要有以下几方面用途:①被褥、枕头、衣服等的絮料填充物;②作为隔热和吸声材料使用,如房屋的隔热层和吸声层填料;③水上救生用品的浮力材料;④用作复合材料的增强体材料;⑤作为吸油材料;⑥通过纺纱织布作为服装面料、家用纺织品使用,这部分的应用呈迅速上升趋势。

## 1.5 木棉的遗传特性

### 1.5.1 染色体数量

染色体是细胞内具有遗传性质、易被碱性染料染成深色的物质。其本质是脱氧核苷酸,在细胞核内由核蛋白组成、能用碱性染料染色、有结构的线状体,是遗传物质基因的载体。木棉科的遗传背景一直模糊不清。Baker H G 和 Baker I (1968) 做了木棉科植物染色体数量的综述,发现报道千差万别。木棉属染色体数  $2n=56, 72, 80$ ; 吉贝属染色体数  $2n=72, 80, 88, 96$ ; 猴面包树属染色体数  $2n=72, 88, 92, 144$ ; 榴莲属染色体数  $2n=56$ ; 异木棉属、瓶树属和 *Bombacopsia* 3个属染色体数  $2n=72$ ; 轻木属染色体数  $2n=72, 78, 88$ ; 假木棉属染色体数  $2n=72, 88$ ; *Rhodognaphalon* 染色体数  $2n=150, 144$ 。出现混乱的原因可能是早期研究主要靠光学显微镜观察,没有先进设备,随着流式细胞仪的广泛应用,木棉染色体倍性和基数应该可以得到确认。

### 1.5.2 花粉特征

高等植物之间传粉机制的研究集中于生物的生态、形态、协同进化、变异规律

等,对于遗传学及植物育种学至关重要。生物学传粉是植物育种和保证农作物产量的一个先决条件。育种系统控制植物的变异性,其中授粉机制是不可分割的组成部分。在植物整个花期,需要多个访花动物为其授粉,同样访花动物需要大量的花为其提供营养,授粉机制关系到一个种群的基础。植物的授粉活动对于其群落结构和运作是极其重要的。一种植物花粉的生产力,表示一个特定植物的生物效率。

关于木棉科植物传粉生物学的研究仅对吉贝有报道。吉贝的每朵花可以产生 886 300 颗具有较厚网状纹饰的外壁的 3 孔花粉粒,花粉粒具 3 孔沟,轮廓呈三角形。花药开裂后,花朵开放。花粉离体萌发研究表明,最好的花粉萌发值在 20% 蔗糖与 500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  硼酸的混合溶液中产生,萌发率是 97%,花粉管伸长 2940  $\mu\text{m}$ ,在 50  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的硝酸钙溶液中有 54% 的花粉萌发,花粉管伸长 420  $\mu\text{m}$ 。在开花后的第 1 天发现最大的柱头具有可授性,61% 的花粉体内萌发。在 10 h 内,大气中花粉出现的频率是 5.17%。

吉贝有较硬的花瓣、花丝,很好地保护着子房,很难风媒传粉,因此,属于鸟媒传粉。花粉管内分泌花蜜,不易流失,花套袋后未座果证明大气中存在的花粉与吉贝授粉无关。花从午夜开始开放,并且一直持续到第 2 天早晨。花药开裂后,花朵开放。白天,棕鸟、黄腹花蜜鸟、家八哥、白头鹎等访花鸟类开始采蜜,并且快速频繁地在花朵之间进行授粉。这些鸟类降落到树枝上,努力地收集花蜜,花粉粒黏附在鸟喙的表面,后储存在吉贝杯型的花萼中。随后,这些花粉粒被输送到同株或者异株柱头上,即形成了同株授粉或异株授粉。

### 1.5.3 花粉活力及其影响因素

开花后的时间是影响授粉的重要因素,吉贝开花后的第 1 天,柱头比较容易授粉,即有 61% 的花粉在体内萌发,花粉管伸长 317  $\mu\text{m}$ 。但是,随着开花时间的推移,授粉的比例和在体内萌发的花粉含量连续减少。许多有机和无机物质对花粉活力有影响作用,如蔗糖、硼酸、四水合硝酸钙、硝酸钾、七水合硫酸镁对花粉离体萌发能够产生影响。吉贝花粉需要更多的呼吸底物来促进它的萌发,如蔗糖,也需要硼和钙来促进花粉的萌发和花粉管的伸长,但可能不需要钾和镁。通过花粉离体萌发观察发现,高浓度的蔗糖和硼酸,花粉萌发最好,花粉管伸长度最长。使用高浓度蔗糖和硼酸的原因,可能与木棉花粉中存在少量的糖和硼有关。蔗糖是花粉萌发的最佳碳水化合物,在保持介质的渗透压和作为花粉代谢的底物中,具有独特的功能。蔗糖摄取的最佳浓度在不同的植物内是不同的。硼是一种刺激剂,负责花粉萌发和花粉管伸长,它也参与蔗糖的转运和代谢。通过生殖毛孔形成的突起与硼酸无关,但花粉管的伸长取决于硼酸的存在。

研究发现,温度对花粉活力影响不同,在低温(2~15 $^{\circ}\text{C}$ )或高温(25~