

• 王金锡 吴宗兴 龙汉利 王树椿 朱万泽 饶龙兵◎等著 •

台湾桤木

研究与引种



科学出版社

台湾桤木研究与引种

王金锡 吴宗兴 龙汉利 王树椿 朱万泽 饶龙兵 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为国家 948 项目,“台湾桫欏木优良种质资源引进与推广项目”12 年的科学研究与生产实践的成果总结,主要包括桫欏木和台湾桫欏木的起源、地史演变、世界分布及生态环境以及台湾桫欏木生物学特征和生态学特性、根瘤固氮、木材学分析等内容。同时,本书还根据多年引种实践,从种子种理、苗木培育到山地造林等方面编写了可操作性的技术方案。

本书既可供从事相关科研教学的学者阅读,也可供经营和种植台湾桫欏木的业主和广大技术人员、农户参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

台湾桫欏木研究与引种 / 王金锡等著. —北京: 科学出版社, 2013

ISBN 978-7-03-037201-7

I. ①台… II. ①王… III. ①桫欏木—研究—台湾省

IV. ①S792.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 055265 号

责任编辑: 杨 岭 冯 铂/责任校对: 贺江艳

责任印制: 邝志强/封面设计: 陈思思

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>

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2013 年 4 月第一次印刷 印张: 13 3/4

字数: 300 000

定价: 60.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

本书作者

- 王金锡 (二级研究员、四川省林业科学研究院)
- 吴宗兴 (研究员、四川省林业科学研究院)
- 龙汉利 (研究员、四川省林业科研院)
- 王树椿 (高级工程师、四川绿野景观有限责任公司)
- 朱万泽 (研究员、中国科学院成都山地所)
- 饶龙兵 (博士、中国林业科学研究院亚热带林业研究所)
- 杨永前 (博士、四川农业大学)
- 彭培好 (教授、成都理工大学)
- 帅树成 (高级工程师、四川省资阳市林业局)
- 郝云庆 (副研究员、四川省林业科学研究院)
- 杨小建 (硕士、重庆市涪城区林业局)
- 熊大国 (高级工程师、广元市元坝区林业局)

序 言

台灣檉木在台灣稱為“台灣赤楊”，台灣赤楊在樹木分類上屬於樺木科（Betulaceae）赤楊屬（*Alnus*），廣泛分布於北半球，全屬約 30 餘種，分屬於 3 個亞屬（*subgenus*），即 *Alnus*、*Clethropsis* 及 *Alnobetula*。臺灣僅有一種，稱為台灣赤楊（*Alnus formosana*），係屬於赤楊屬中之第 1 亞種，中名亦稱“台灣檉木”，土名稱“水柯仔、水柳柯、番仔柯等”，英名為 Taiwan alder, Formosan alder, 日名為 Taiwan hannoki（郭寶章，1989）。

台灣檉木為陽性先驅樹種，在台灣自平地至海拔 3000 公尺之高山均常見到。多生長於溪畔、堤岸、開墾跡地或崩場地。其既耐旱亦耐濕，為水源涵養及水土保持的理想樹種。其生長快速，且根部有放射菌（*Frankia*）與其共生，故與豆科植物之根瘤相同——具固氮作用，為非豆科植物中重要的固氮樹種。濁水溪為台灣第一大河流，其上游甚至源起玉山，而濁水河流域為台灣赤楊天然分佈豐富之山區，另大甲河流域亦為其分佈較多之區域。

台灣赤楊之海拔分佈與台灣二葉松（*Pinus taiwanensis*）非常相似，皆自平地至海拔 3000 公尺，且皆為陽性先驅樹種，故此二樹種成為本人上課常用之教材。台灣山林每年遇到森林火災之頻率非常高，火災後之適生樹種與造林樹種常為台灣二葉松，而自 1999 年台灣出現百年來最劇烈的 9·21 大地震後，土石鬆動，接著而來的颱風帶來的豪雨更形成了嚴重的土石流，結果山地崩塌、林地裸露，因此“復育”為非常重要的災後重建工作項目，在山坡地的復育項目中“台灣赤楊”與“九芎”皆為首選且非常重要的樹種。台灣赤楊適應性強，且生長快速，很快就鬱閉成林，在水土保持、固砂、防止沖蝕上扮演非常重要的角色。但依台大森林系姜家華教授在 30 餘年前於溪頭林區之崩場地進行台灣赤楊之造林試驗，如以人為採集種子進行直播造林之效果不佳，且調查不同種源之台灣赤楊苗木，種源間差異大，但受遺傳性質之影響較小，其苗木初期生長與後期生長有顯著相關性（姜家華，1984、1975），故造林時慎選種源與母樹非常重要，對於造林之成果有很大影響。

本人在 2001 年到美國參訪時，親自見證了聖海倫火山（1980 年 5 月 18 日火山爆發）在火山爆發熔岩肆虐後之山溝長滿了紅赤楊（*Alnus rubra*, Red alder），僅僅 20 年的時間，紅赤楊佈滿了整個山谷，且樹高已達 20 餘米，其林相優美、樹勢健壯，令人嘆為觀止。根據郭寶章老師之資料，紅赤楊為世界上較易油漆與塗之木材之一，且提供良好之造紙原料，亦可提供薪炭及礦坑柱，每公頃每坪可提供 40~300 kg 之氮肥，與台灣赤楊天然林立木度 6800 株/公頃，而每年平均活根瘤生物量 6.9 克/株（李明仁，1986）相比亦

相似。

由於台灣中華林學會與中國林學會之學術交流已超過 20 年之歷史，在 2002 年與四川林科院進行參訪交流時，本人與當時中華林學會理事長（亦為“林務局”局長）黃裕星博士一同參觀考察了四川成都附近封山造林的情形。當時王金錫副院長即提到了“台灣赤楊的造林研究計劃”，次年亦邀請王副院長到台灣考察。匆匆一愧，10 年過去，接到王金錫副院長完成“台灣檜木”之大作，令我佩服且驚訝！“十年樹木，百年樹人”，王副院長不但身體力行，在大陸育苗近 3000 萬株，且在 20 個縣市進行了大規模的試驗與推廣，營林面積近 2 萬畝，更重要且難得的是，將試驗研究成果整理、調查、分析，完成了此巨作，不但提供了台灣檜木完整的育林體系，更為廣大農民提供了造林、就業、生財的方向，且對四川大地震後該地區水土保持、造林復育點上了一盞明燈，真是功德無量！

台大森林環境暨資源學系教授兼

台大實驗林管理處處長

王亞男 謹識

2012 年 8 月 6 日

前 言

桫欏木是一种生态与经济效益俱佳的树种,生长快,材质好,可作为优质速生用材树种;在生态保育上,生态适应性强,对土壤要求不甚严格,微酸或微碱、肥沃或贫瘠的土壤皆适生,尤其是在贫瘠地能正常生长,可作为造林先锋树种;作为落叶阔叶树,有庞大的根系、高大的树体,每年还有大量的枯枝落叶归还量,在森林水源涵养、水土保持、物质循环,固定碳排放等方面都起着重要作用;作为非豆科固氮树种,通过弗兰克氏菌(*Frankia*)形成的共生菌能固定大气中的氮,对于增进林地的肥力、改良土壤的性质、维持生态系统的氮平衡有着极为重要的作用,是一种兼具固氮作用的优良树种。可惜,我们至今没有给予桫欏木应有的重视,对桫欏木的科学研究和产业开发也没有提升到应有的高度。系统、全面、深入地认识研究单个优良树种是林业建设的重要课题。本书的目的之一也是希望通过研究认识台湾桫欏木,为生态恢复、森林经营和产业开发提供技术支撑。

台湾桫欏木干形通直,高大,出材率高,这是区别于桫欏木与其他树种的重要特征之一。台湾桫欏木木材轻软,韧性高,耐腐蚀,耐虫蛀,气干密度 0.52 g/cm^3 ,破坏系数和弹性系数与檫木、樟树相近,物理加工性良好,在台湾同列为二级商品材。台湾桫欏木亦称作台湾赤杨,其意为木材偏红且似杨树之速生,深受国内家具制造业界青睐,可作为仿红木系列家具的主要用材。现代林业建设对树种选择提出了更为严格的标准,既要求具有改善生态保护的功能,又要求能快地生产更多的优质商品材。显然,像台湾桫欏木这样优良的树种是相当难得的。

在我国,桫欏木的种植有着悠久的历史,资源丰富,深受广大群众喜爱,历来为名人学者所关注,文献史书不绝。早在《山海经·北山经》中就提及“单狐之山,多机木”(机木即桫欏木),东晋郭璞注释:“机木似榆,可烧,以粪稻田”。而关于桫欏木,最著名的记述当数唐代诗圣杜甫的《堂成》,诗云:“背郭堂成荫白茆,绿江路熟俯青郊。桫欏林凝日吟风叶,笼竹和烟滴露梢。颺下飞鸟将数子,频来语燕定新巢。旁人错比杨雄宅,懒惰无心作归嘲。”此时的杜甫,于乾元二年冬天流落至成都,寓居在“府西七里,浣花亭三里”的草堂寺。在四川节度使、诗人韦皋的帮助下,杜甫在浣花溪西头一块林塘幽雅之地营建住所——草堂,于来年暮春时节基本建成,《堂成》一诗即作于此时。这首诗真实生动地记录了诗人乍到成都后所见所感,描绘了草堂竹木之佳、禽鸟之适,抒发了久经颠沛流离之后暂得栖身之所的愉悦心情。从中,诗人对桫欏木情有独钟,写下了“桫欏林凝日吟风叶,笼竹和烟滴露梢”的优美诗句,桫欏林梦幻般的自然之美跃然纸上。宋代诗人苏轼读到《堂成》后,抄录并补白了题记:“蜀中多桫欏木,读如欹仄之欹,散材也,独中薪耳。然易长,三年乃拱。故子美诗云‘饱闻桫欏木三年大,为致溪边十亩阴’。凡木所芘,其地则瘠。惟

桧不然，叶落泥水中辄腐，能肥田，甚于粪壤。故田家喜种之。”真是心有灵犀，有感而发。2002年春上，笔者在台湾考察台湾桧木期间，又逢在“台北故宫博物院”看到了苏轼手书的真迹，实乃幸事。由此可见，先贤们对桧木的认识已达到了相当高的程度，桧木不仅树体优美，具有极高的观赏价值，而且速生、耐贫瘠，能作板材、薪材，其叶还可肥田。这大概是蜀人千百年来对桧木的情有独钟的原因吧。后来，欧洲人又发现桧木的根瘤菌能固定大气氮，有改善土壤的功效，如果我们的先贤地下有知，看到他们所钟情的桧木还有这一特殊功能，该是何等欣慰。

物换星移，到20世纪80年代初，神州大地，春风沐浴，一场席卷大江南北的“长江中上游防护林体系工程建设”波澜壮阔地开展了，古老的桧木又焕发生机，成为川中造林的主栽树种，当时流行的民谚曰：“要想遍山绿，满山栽桧木。”在这次工程中，“桧柏混交林”造林模式应运而生，桧木在这次工程中起到了不可替代的重要作用。

随着我国的国民经济的飞速发展，对纸浆、木材的需求急剧增加。发展速生用材商品林刻不容缓，引进生态、用材效益俱佳的树种，这是林业科技界和企业界所形成的高度的共识。1997年秋，笔者陪同中国著名林学家、中国林学会杨树专业委员会主席、联合国粮农组织国际杨树委员会副主席王世绩在四川考察时，王先生感慨地忆及以前在南非看到一种神奇的桧木，生长量惊人，向同行一打听才知道是台湾桧木，于是，王先生下决心要将这一优质速生的树种引种至大陆，为我国林业事业服务。后来王先生邀我做四川片区负责人，可惜王先生壮志未酬，第二年就匆匆走了。1999年，在国家林业局科技司的大力支持和帮助下，秉承王先生未竟事业，笔者承担了“台湾桧木优良种质资源及栽培技术引进”（国家948项目）项目。其后，每年都从台湾、福建引进不同种源的种子，累积达三百千克，育苗近3000万株，营林面积近2万亩（仅合江县福宝林场就造林7000余亩），形成了较成熟的育苗技术和造林技术。同时，开展了台湾桧木生物生态学特征以及生态适应性的观测研究，对台湾桧木有了较系统的认识。随着项目的纵深开展，四川林业部门及广大农户逐渐对台湾桧木的生产潜力和价值有了进一步认识，台湾桧木也受到了广泛欢迎。

为提高研究水平，学习台湾同行的先进技术，加快项目实施进度，2001~2002年，课题组分别邀请了台湾林学会前理事长、台湾大学资深教授郭宝璋，台湾大学著名学者王亚男教授，嘉义大学教授梁治文，台湾“林务局”原局长、台湾林业科学研究所所长黄裕星博士、台湾“林务局”肖英纶技正等专家学者，就台湾桧木在四川的引种及适应性作了实地考察，并对台湾桧木的生物生态学特性、育苗、造林和木材加工利用作了学术讲座与交流。2002年课题组一行四人应台湾大学之邀，赴台湾进行了对台湾桧木进行了全方位的考察，并与台湾大学的专家学者，屏东、溪头、嘉义、南投等林业实验站的林务人员进行座谈和学术交流，收集了大量资料，加深了对台湾桧木的感性认识和理性了解。

最近，四川农业大学教授罗承德领导的专家团队，对台湾桧木在四川的生长做了系统全面的调查。结果表明，四川盆地，尤其是湿润的盆周山地的自然环境完全适宜台湾桧木

的生长。从种子播种、育苗到造林及林木开花结果,已完成了一个生命周期。就广元市元坝区柳桥乡、朝阳镇、德阳市什邡双流村、成都市邛崃火井林场、乐山市市中区平兴林场、眉山市洪雅林场、宜宾市翠屏区牟坪镇等9个标准地的统计资料来看,其年均高生长量在1.61米以上,年均径生长量为1.34厘米;而最早引种的乐山市市中区平兴林场10年生试验林,平均树高16.16米,平均胸径15.19厘米,明显超过其他主要速生树种的生长量,尤其难能可贵的是引种十余年,至今还没有发现严重的病害或虫害。近年来,在四川木材市场,桉木的价格一直高居不下,每立方米价格达900元以上,且资源短缺,台湾桉木的商业开发潜力日益凸现,受到广大农户和种植业主的普遍欢迎和学术界的高度关注。

令人欣喜的是就在本书脱稿之际,作者受小凉山腹地—峨边县林业局李志洪局长之邀,对该县的台湾桉木的种植进行考察,在大坪镇的1100米的山地上,一片400多亩的台湾桉木林长得郁郁葱葱,其中2010年种植的林木,3年生平均高为5.2米,胸径为4.8厘米,2011种植2年生的林木平均高达3.5米,胸径为2.8厘米,据李局长说,这一片林地是10多户农民不要国家一分钱自愿退耕还林,将玉米种植地改为种植台湾桉木,因为农户算了一个帐,当地桉木销路极好,小头直径12厘米的木材为600~700元一吨,山上路边便可交货。如果种植台湾桉木8年,可产木材至少12~14吨,产值达8000元以上,年收入1000元以上,这大大激发了农户种植台湾桉木的积极性。今年就有更多的农户要求退耕还林种植台湾桉木,镇上和林业局已经协调一致,以更大的力度支持农户退耕还林种植台湾桉木。

在我国南方,普遍存在着造林树种单一、人工针叶纯林面积不断扩大、阔叶林面积不断减少、林地地力衰退、林分质量差等许多问题。例如,在浙江省,阔叶林只占人工林面积的1.2%,福建为4.2%,广东为3.8%,江西为1.5%,四川为2.2%。南方林区阔叶林比重下降,不仅引起了地力衰退,影响地力的恢复,还致使生态环境恶化,引进速生且可持续利用的商用阔叶造林树种显得日益重要。因此,大力发展台湾桉木可丰富四川乃至我国南方的阔叶造林树种,并有望成为这些地区重要的商用造林树种。

课题组通过对台湾桉木近十年的研究,结合田间种植试验开展了育苗与造林的多点试验,基本形成了一套较为成熟的技术体系。本书就是对过去的研究与实践作系统的总结。特别应指出的是,在本项目的研究与本书的形成过程中,得到了企业界的高度关注,并参与台湾桉木的引种与研究,同时提供经费,加快了台湾桉木在四川的推广。特别应关注的是湖南林科院吴际友研究员台湾桉木组织培养和育苗造林的研究,四川林科院郭红英研究员、罗建勋研究员台湾桉木组织培养、育苗造林研究,中国林科院亚热带林业研究所饶龙兵博士的台湾桉木新品种选育研究,中国科学院成都生物研究所吴瑜研究员、西华师范大学黎云祥院长的组织培养研究,四川农业大学李贤伟院长台湾桉木的生态学与育苗造林研究,广西林科院朱积余副院长、重庆市林科院张宏副院长的台湾桉木引种试验研究,为台湾桉木的引种与研究开辟了多条战线,极大推动了台湾桉木的推广和研究。

本项课题的顺利实施和本书的完成,得到了国家林业局科技司刘效章、李二波等前后几任司长,中国林业科学研究院刘世荣副院长,肖文发所长、四川省林业厅郭亨孝副厅长、骆建国总工、科技处孟宏伟处长等人的大力支持和帮助。特别应感谢四川省林业科学研究院对我从事科学研究 30 余年来的关爱和培养,感谢四川省林业科学研究院慕长龙副院长对本书的关心和支持。同时,乐山市沙湾区、广元市元坝区、平武、北川、彭州、邛崃、什邡、郫县、洪雅、青神、丹棱、宜宾、遂宁、达州、万源等 20 余县市领导和科技人员,在实验、推广过程中,做了大量工作,在此一并致谢。感谢台湾“林务局”、台湾大学等台湾林学界帮助和支持。感谢东北林业大学恩师李景文教授多年的教诲和指导,感谢中国科学院植物研究所陈之端研究员、傅德志研究员,中国科学院成都生物所刘庆研究员、包维凯研究员,北京师范大学葛建平副校长,中国绿色时报社柏章良社长,广西林科院朱积余研究员,重庆市林科院张宏研究员,湖南省林科院吴际友,福建林科院李志真博士,四川农业大学罗承德教授、林鸿荣教授、刘彬博士,成都理工大学彭培好教授、何政伟教授,还有广东省林业科学研究院、南京林业大学、中国科学院成都山地所、华南农业大学等高校、科研院所的同行,无私地为本书提供大量资料,并不吝赐教。同时,还要特别感谢国家“十二五”科技支撑课题《抗逆生态树种新品种选育技术研究》(2012BAD01B06)中的桉木专题《抗逆生态树种桉木新品种选育技术研究》(2012BAD01B0604)项目课题组的支持,特别感谢四川绿野园林景观公司为本书的出版提供支持和资助,四川宏泰投资有限公司、邛崃林场、合江福宝林场、乐山平兴林场的领导和职工,多年来为台湾桉木的引种试验作了大量艰苦的工作。

为了更全面、多视角地了解 and 介绍桉木及台湾桉木,我们大量引用了相关学者的研究文献资料,尤其是台湾学者苏鸿杰教授、中国科学院陈之瑞研究员、四川农业大学林鸿荣教授、福建省林科院李志真博士的研究成果,大大弥补我们知识的不足,内容的局限,为本书增辉不少,为尊重知识产权和知识成果,我们尽量与原作者联系,以获准授权或同意,凡有疏漏,未能联系到的,万望谅解,实非有意为之,不甚感谢之至。

王金锡

2013 年 4 月 4 日

目 录

序 言

前 言

第1章 桉木属植物的起源与世界分布	1
1.1 桉木属植物起源与变迁	1
1.2 桉木属植物的世界分布	1
1.2.1 桉木属植物的世界分布	1
1.2.2 国外主要桉木属植物的物候与生长	5
1.2.3 中国桉木属植物的地史分布与变迁	6
1.2.4 中国桉木属植物的现代分布	8
1.2.5 台湾桉木的分布	9
1.3 台湾桉木的分类学地位	10
1.3.1 桦木科与桉木属植物	10
1.3.2 分类学地位	11
1.3.3 形态学特征	12
第2章 台湾桉木生物生态学	14
2.1 原产地的自然地理与台湾桉木	14
2.1.1 自然地理位置	14
2.1.2 自然地理特征	15
2.1.3 台湾桉木的群落与生境	18
2.2 生物生态学特性	31
2.2.1 桉木属植物的花粉	31
2.2.2 种子生物学	33

2.2.3 林木物候	36
2.2.4 林木生长节律	39
第3章 台湾桫欏木生理生态学	49
3.1 光合生理特性	49
3.1.1 材料和方法	49
3.1.2 台湾桫欏木的光合作用	50
3.1.3 台湾桫欏木的蒸腾作用	58
3.1.4 台湾桫欏木的水分利用效率	62
3.1.5 台湾桫欏木的呼吸作用	65
3.1.6 台湾桫欏木的光呼吸作用	67
3.1.7 讨论	69
3.2 对水分胁迫的生理响应及抗旱性评价	74
3.2.1 材料与方法	74
3.2.2 对叶片含水量的影响	76
3.2.3 对细胞膜保护体系的影响	77
3.2.4 对叶片渗透调节物质含量的影响	80
3.2.5 对光合作用、蒸腾作用和水利用效率的影响	81
3.2.6 两种桫欏木种源耐旱生理反应与适应的综合评价	84
3.2.7 讨论	88
3.3 根系与固氮	91
3.3.1 根系	91
3.3.2 根系结瘤固氮	94
3.3.3 台湾桫欏木结瘤固氮研究	100
第4章 台湾桫欏木引种与经营	106
4.1 世界引种概况	106
4.1.1 国内外台湾桫欏木引种概况	106
4.1.2 南非引种与研究	107
4.1.3 福建引种与研究	108

4.1.4	湖南引种与研究	111
4.1.5	广东引种与研究	113
4.1.6	四川引种与研究	114
4.1.7	四川引种成效	116
4.1.8	引种区气候生态适生区区划	120
4.2	育苗与造林技术的试验研究	126
4.2.1	种子的采集与储藏	126
4.2.2	育苗技术试验研究	127
4.2.3	造林技术实验研究	140
4.3	营建短周期工业用材林的可行性	143
4.3.1	短周期工业用材林的发展现状	143
4.3.2	台湾桧木轮伐期的确定	143
4.3.3	经济效益	145
4.3.4	生态效益	146
4.3.5	生态服务价值	146
4.3.6	市场发展前景	147
4.3.7	应用与推广	148
第5章	台湾桧木木材学研究	150
5.1	台湾桧木木材学研究现状	150
5.2	研究区概况与木材供试材料的选择	151
5.3	分析与计算方法	152
5.3.1	台湾桧木构造特征	152
5.3.2	年轮宽度和晚材率	156
5.3.3	主要物理性质	157
5.3.4	主要力学性质	158
5.3.5	实验区土壤分析	161
5.3.6	统计分析	161
5.4	实验区立地因子分析	162

5.5 木材离析	162
5.6 木材年轮宽度和晚材率	163
5.7 台湾桫木的化学性质	163
5.8 台湾桫木的物理性质	165
5.8.1 木材密度指标	166
5.8.2 木材干缩与湿胀	167
5.8.3 木材吸水性	168
5.8.4 其他物理性质	169
5.9 台湾桫木木材力学性质	171
5.9.1 木材力学性质概述	171
5.9.2 冲击韧性和抗劈力	175
5.9.3 抗弯强度	176
5.9.4 顺纹抗剪切与抗拉强度	176
5.9.5 横纹局部抗压比例极限应力	177
5.9.6 影响台湾桫木木材力学性质的因子	177
5.10 立地因子与木材性质的相关性	181
5.10.1 立地因子与木材物理性质的相互关系	181
5.10.2 立地因子与木材力学性质的相互关系	184
5.11 台湾桫木木材的病虫危害及其防治	185
5.11.1 真菌对木材的危害与防治	186
5.11.2 留粉甲虫对木材的危害与防治	189
5.11.3 白蚁对木材的危害与防治	192
5.12 影响台湾桫木变异的主要因子	195
5.12.1 影响台湾桫木单株树内变异的主要因子	195
5.12.2 影响台湾桫木树木间变异的主要因子	197

第 1 章 桉木属植物的起源与世界分布

1.1 桉木属植物起源与变迁

据陈之端 (1994a) 研究, 桉木属植物的祖先类群为桉木属植物复合群, 最早见于日本, 其花粉 4~5 孔, 多边形, 孔突出, 具孔室, 孔与孔之间具带状加厚, 距今 7100 万~8350 万年的晚白垩世桑托期 (Santonian) 和坎佩尼期 (Campanian) 最为丰富。复合群叶片化石则见于欧亚大陆和北美洲, 距今约 6500 万年的晚白垩世梅斯特利克蒂期 (Maastichtian) 和古新世植物区系 (距今 6500 万~5300 万年)。此外, 桉木花粉发现于加里曼丹岛渐新世 (距今 3650 万~2330 万年)、台湾岛更新世 (距今 180 万~1.15 万年)、印度阿萨姆中新世 (距今 2330 万~530 万年)、墨西哥南部、中美洲中新世, 以及南美洲安第斯山北部更新世。在美国俄勒冈始新世 (距今 5300 万~3650 万年) 地层中发现桉木属植物完整的叶、雄花序、花粉和果序的化石, 说明在不晚于中始新世, 现代桉木属植物从桉木属植物复合群中分化出来。渐新世时 (距今 3650 万~2330 万年), 全球气候变冷, 该属植物曾向南散布到东南亚加里曼丹岛; 中新世 (距今 2330 万~530 万年) 时散布至墨西哥和中美洲; 上新世 (距今 530 万~164 万年) 时, 巴拿马陆桥才真正建立, 从而使桉木属植物于更新世到达南美洲。

陈之端 (1994a) 认为桉木属的系统发育是单系的 (Chen et al., 2002)。但是, 傅德志 (2002) 指出, “八纲系统” 中认为: “被子植物在进化过程中, 有些类群不乏形成十分孤立的成为古老的孑遗类群, 有些类群则枝繁叶茂, 犹如成为多代子孙同堂的局面; 若从一个时间截面看, 有些传代线成为 ‘单系—单期—多域’、有些则成为 ‘多系—多期—多域’ 发生的类群。” 根据这个论述, 具有 40 多种的赤杨属, 应该是桦木科中的一个枝繁叶茂的大属; 这些植物来源一个共同祖先的属, 有许多后裔类群的亚属或物种等演化线, 这个属是 “多系群” 而非 “单系群”。因为, 任何类群的任何性状都只能发生一次。虽然桉木属多个类群有类似的性状, 但是它们要么本来就是一个演化线上的成员, 要么就是不同演化线平行演化的结果, 而不会多次发生。

1.2 桉木属植物的世界分布

1.2.1 桉木属植物的世界分布

桉木属是现存桦木科植物中最原始的一属, 几乎保留了祖先所有的原始性状, 如花序

上有时雌、雄花共生，小花序由 3 朵花组成；雌、雄小花序的苞片也是桦木科植物中最多的，分别为 7 和 5，雄花有花被，雄蕊的花药和药室不分离，花丝不纵裂；叶片结构也很独特，如叶全缘或单齿，气孔器为轮列型，在极区常不加厚。如果桦木科植物是从正型粉类复合群衍生而来，那么桤木属的花粉与该科其他属相比，与正型粉有着最直接的关系，如带状加厚，外壁在孔处加厚和具孔室均被认为和正型粉有关（陈之端，1994b）。根据 Schopmeyer (1974) 和北美植物编委会 (Flora of North America Editorial Committee, FNAEC) 1997 年的报道：据不完全统计，欧美地区及北部非洲、南美洲和亚洲共有桤木属植物约 40 种，主要分布于北温带向南至印度北部及印度支那各国和南美洲的安第斯山区（亚洲、非洲、欧洲及南北美洲）。桤木属的世界分布类型是属于北温带和南温带间断的分布（“泛温带”）(N. Temp. & S. Temp. disjuncted) (Pan-temperate)（吴征镒，1991）。目前，我国桤木属植物有中国特产 9 种（包括台湾），引种 2 种。该属可分为桤木组 (Sect. *Alnus*)，蒙自桤木组 (Sect. *Clethrops*)，桦桤组 (Sect. *Alnobetula*)，单序组 (Sect. *Cremastogyne*)。

(1) 桤木组。本组雌雄花序大多合生成较大型的共生花序，雄花序聚生在上部，雌花序聚生或单独腋生在下部，两者同在第一年夏天出现，裸露越冬，第二年春天开放，雄花序具梗，芽具柄，芽鳞 2 枚。本组在欧亚和北美呈间断分布，主要有江南桤木 (*A. trabeculosa*)，日本桤木 (*A. japonica*, *A. fauriei*)，井氏赤杨 (*A. inokumae*)，白山桤木 (*A. matsumurae*) 等。

(2) 蒙自桤木组。本组雌雄花序聚生成大型的共生花序，雄花序具梗在上部，雌花序在下部，二者皆在春天出现，夏天至秋天开放，芽具柄，芽鳞 2 枚。本组在喜马拉雅和北美东部呈间断分布，主要有蒙自桤木 (*A. nepalensis*)，中亚桤木 (*A. nitida*)，海滨桤木 (*A. maritima*)。

(3) 单序组。该组着重表现在雌花序分别单生叶腋，雄花序生长在同一枝条上的雌花序下部，两者同在春天出现，并在当年春天开放。该组均为我国特有，包括四川桤木 (*A. remastogyne*)，川滇桤木 (*A. ferdinandi-coburgii*)，毛桤木 (*A. lanata*)。

(4) 桦桤组。本组雄花序第一年夏天出现并裸露越冬，雌花序也在第一年夏天出现，但包被在芽鳞内，两者均在第二年春天开放，雄花序无梗，聚生在花枝上部，*A. firma* 有时单生在下部，雌花序单生叶腋或聚生，芽无柄，芽鳞 3~6 枚，极少数为 2 枚。本组为欧亚大陆和北美分布。

这 4 组的地理分布如图 1-1 所示。桤木属植物在东亚（主要包括中国和日本）产 12 种，而且 4 个组都具备，是现代桤木属植物的分布中心（陈之端，1994b）。Murai (1964) 曾提出桤木属植物起源于日本，Furrow (1979) 认为其起源于亚洲的温带地区。陈之端 (1994b) 则认为桤木属植物应起源于东亚的亚热带地区，而后，向东、西扩散，并分别通过白令陆桥和大西洋北极陆桥到达北美。其主要证据是：黑赤杨 (*A. glutinosa*) 分布在地中海和北美东部，白赤杨 (*A. incana*) 分布在欧亚和北美西部，这说明大西洋北极陆桥和白令陆桥在桤木属植物的扩散过程中都曾发生过作用，北美西部的该属植物可能是从东亚通过白令陆桥迁移而来，而北美东部的则可能是从欧洲通过大西洋北极陆桥迁移来的。

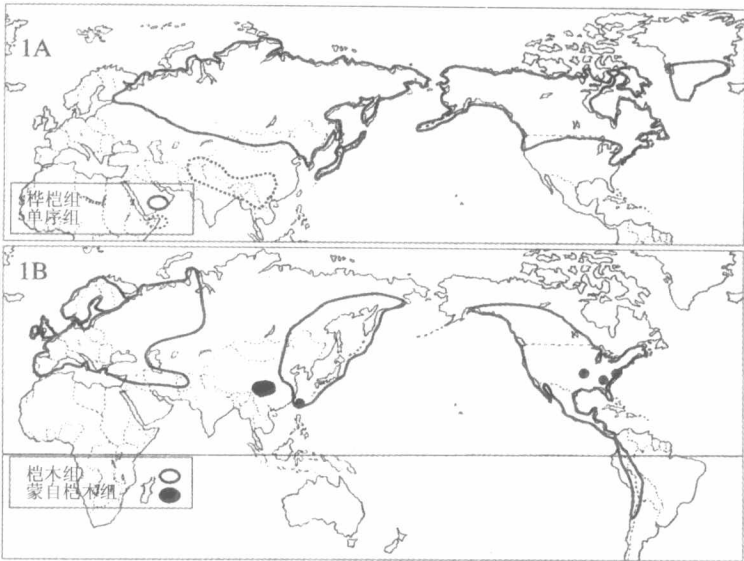


图 1-1 桉木属 4 组的世界地理分布

从区域来看，桉木属的世界分布甚广，涵盖北美洲、欧洲、北非、伊朗、中国、韩国、日本、阿根廷、墨西哥、危地马拉等地区和国家（表 1-1）。其中，日本有 10 种，最主要的有夜叉赤杨（*A. firma*）和井氏赤杨（*A. inokumae*）；美国有 8 种，只有红赤杨（*A. rubra*）为高大乔木，在营林上有价值；中美洲最主要的桉木为尖叶赤杨（*A. acuminata*）；南亚的印度、缅甸等国以蒙自桉木（*A. nepalensis*）为主；欧洲大面积的桉木造林则以白赤杨（*A. incana*）和黑赤杨（*A. glutinosa*）为主要树种。

表 1-1 世界桉木属植物的分布

种名	中文名称	分布地区	特有性
<i>A. cremastogyne</i> Burk.	桉木、四川桉木	陕西南部、四川、贵州北部、甘肃东南部、湖北咸丰	中国特有
<i>A. nepalensis</i> D. Don	尼泊尔桉木、蒙自桉木、旱冬瓜、西南桉木	中国、尼泊尔、印度东北、不丹	
<i>A. ferdinandicoburgii</i> C. K. Schneid.	川滇桉木、滇赤杨	中国西南	中国特有
<i>A. mandshurica</i> (Callier ex C. K. Schneider) Hand. -Mazz.	东北桉木、东北赤杨	中国东北、俄罗斯西伯利亚、远东地区、日本、朝鲜	
<i>A. sibirica</i> (Spach) Turcz. ex Kom.	辽东桉木、水冬瓜、色赤杨	中国东北、山东	中国特有
<i>A. trabeculosa</i> Hand. -Mazz.	江南桉木	中国东部、日本、朝鲜	东亚特有
<i>A. lanata</i> Duthie ex Bean.	毛桉木	中国四川西部	中国特有
<i>A. formosana</i> (Burkill) Makino	台湾桉木、台湾赤杨	中国台湾	台湾特有
<i>A. henryi</i> Schneid.	台北桉木、淡水桉木	中国台湾	台湾特有
<i>A. sieboldiana</i> Matsum	旅顺桉木	中国东北、日本	日本特有
<i>A. japonica</i> (Thunb.) Steud	日本桉木、赤杨、水柯子	中国东部、日本、朝鲜	东亚特有
<i>A. nitida</i> (Spach.) Endel	中亚桉木	克什米尔、阿富汗、伊朗东部	