檀香引种研究

李应兰　编著

中国科学院华南植物研究所华南植物园

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是我国第一本关于檀香的专著，详细考证了我国应用檀香的历史和引种檀香的过程。全面介绍了世界各檀香出产国的生产情况和国际市场概况。作者根据30余年的引种栽培研究和区域性推广试验，论述了檀香生长发育的特点、对外界环境条件的要求，以及檀香在我国各试种点的生长情况和将来的发展前景，并结合我国的实际情况，总结出了从种子贮藏、发芽、育苗、寄主配置、病虫害防治到宜林地选择，从造林到采伐加工等一整套切实可行的栽培繁殖和营林技术，同时对人工促成心材的形成做了前瞻性的研究。

本书可供农林科技人员和从事种植业的生产部门、医药部门、植物引种工作者及农林院校师生应用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

檀香引种研究/李应兰编著.—北京：科学出版社，2003.1
ISBN 7-03-010809-4

Ⅰ.檀… Ⅱ.李… Ⅲ.檀香科-引种-研究 Ⅳ.S792.280.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第079460号

责任编辑：彭斌 邱璐 贾学文 / 责任校对：宋玲玲
责任印制：刘士平 / 封面设计：黄华斌

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

中国科学院印刷厂印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年1月第 一 版 开本：A5(890×1240)
2003年1月第一次印刷 印张：5 1/8 插页：6
印数：1—3 000 字数：194 000

定价：15.00元

(如有印装质量问题，我社负责调换〈环伟〉)

前　言

20 世纪 60 年代兴起的“绿色革命”，通过引进、选育良种，使粮食增产获得重大突破，在许多国家取得成功。事实证明，“一个物种可以左右一个国家的经济命脉，一个基因可以影响一个国家的兴衰”并不夸张。最近中国科学院下属各植物园在制订“创新工程”方案时，也从国家战略储备的高度，规划重要经济植物的引种驯化和种质资源保存工作。华南植物园自 1959 年建园伊始，即以热带、亚热带重要经济植物的引种驯化为主要研究方向，檀香即为其中较为成功的一种。

檀香木是贵重的香料，又供药用，价值极高，素有“绿色金子”之称。我国应用檀香已有1 500年以上的历史，但一直依赖进口。据史料记载，各檀香产地的檀香木大部分出口至我国(包括香港、台湾)。据不完全统计，1989～1990 年仅澳大利亚、巴布亚新几内亚、斐济、美国夏威夷输入我国的檀香木每年达3 100t，按香港市价计算，价值近 10 亿港元。印度一直是檀香的主要出口国，但由于过度砍伐和受病害影响，产量逐年下降。至 20 世纪 70 年代后期，印度政府下令禁止直接出口檀香木，只出口经过深加工的产品，致使檀香木在国际市场上更为紧俏，同时也引起了学术界和生产部门的重视。1990～1998 年先后在美国夏威夷和印度班加罗尔召开檀香国际学术讨论会 3 次。20 世纪 90 年代以来，印度、澳大利亚、美国夏威夷，以及大洋洲和太平洋诸岛国均在大力开展檀香的人工栽培研究，扩大檀香的种植面积，提高檀香心材的产量和质量。

华南植物园于 1962 年首次引种檀香，通过试验研究，解决了种子贮藏、发芽、育苗和寄主选择等技术问题，随后又在广东、海南、广西、云南、四川、福建、浙江等省区共 60 多个点进行区域性试种。试验证明，檀香在我国南方部分地区生长良好，并已获得具有商品价值的心材，很有发展前途。作者主要根据自己的研究资料和工作经验，并参考有关文献，将有关我国应用和引种檀香的历史、檀香的种类、伪品的鉴别、国际市场动态，特别是从种子采收到育苗、宜林地选择、造林、抚育、采伐、加工一系列完整的技术措施汇集成书，供有关部门参考，期望能有助于进一步推动我国檀

香种植事业的发展。

华南植物园檀香引种工作始于何椿年先生，他首先用长春花做寄主育苗成功，为以后的研究工作打下了良好的基础。先后参加过檀香栽培试验和管理工作的主要人员还有胡远金、陈福莲、袁有尧、陈锦荣、王文汉等同志；董祖林、伍有声和苏耀平先生指导病虫害的防治工作。在编写过程中承蒙广东省湛江南药场、中国医学科学院药用植物资源开发研究所云南分所、四川省凉山彝族自治州亚热带作物研究所等协作单位和试种点提供观测资料，华南植物研究所郭俊彦教授提供部分国外资料，吴七根教授指导和协助木材解剖工作，胡启明教授审阅了全文。本项研究是在华南植物研究所和华南植物园各级领导关怀下进行的，在工作过程中，国家发展计划委员会、中国科学院、广东省药品公司和湛江地区药品公司都曾给予了大力支持。对上述专家、教授、有关单位和个人及未能述及的对本项研究给予过帮助的有关人员，在此一并致以最诚挚的谢意。

木本植物的引种，特别是像檀香这样需 30 年以上始能收获的树种，是一个十分复杂的过程，尚有不少问题须进一步深入研究。由于檀香引种至我国时间还不长，加之作者水平有限，错误与不当之处，切望同行和读者批评指正。

目　　录

前言

第一章　概论…… 1

第一节　檀香的用途和经济价值…… 1

第二节　我国利用檀香的历史…… 3

第二章　檀香的种类…… 8

第一节　檀香属植物的分类…… 8

第二节　檀香属植物的地理分布 …… 23

第三节　檀香商品材的种类 …… 26

第四节　各出产地的檀香生产情况 …… 28

第五节　我国引种檀香的历史和现状 …… 39

第六节　檀香的木材特征和伪品 …… 40

一、檀香属植物的木材构造 …… 40

二、檀香的代用品和伪品 …… 42

第三章　檀香的生长发育 …… 47

第一节　生长发育过程 …… 47

一、生长发育的一般特点 …… 47

二、根系和吸盘的生长发育 …… 48

三、茎的生长发育 …… 56

四、叶的生长发育 …… 56

五、花、果的生长发育 …… 58

六、檀香的生长速率和心材形成 …… 60

第二节　檀香生长发育对外界条件的要求 …… 65

一、温度与檀香的生长发育 …… 65

二、光照与檀香的生长发育 …… 67

三、水分与檀香的生长发育 …… 69

四、土壤与檀香的生长发育 …… 70

五、檀香与寄主植物和矿物质营养吸收的关系 …… 70

第四章　繁殖栽培 …… 79
第一节　实生育苗 …… 79
一、种子的特性 …… 79
二、种子的安全贮藏 …… 80
三、播种前的预处理 …… 81
四、播种时间与方法 …… 84
五、苗期管理 …… 85
第二节　嫁接育苗 …… 87
一、砧木和接穗的选择 …… 87
二、嫁接方法 …… 88
三、嫁接时间 …… 89
四、微型嫁接 …… 89
第三节　扦插育苗 …… 90
第四节　组培育苗 …… 91
第五章　造林 …… 95
第一节　印度檀香主要产区的自然条件 …… 95
第二节　檀香在我国各试种点的生长情况 …… 97
第三节　檀香在我国的适生气候区划 …… 101
一、区划指标 …… 101
二、分区评述 …… 102
第四节　林地选择 …… 104
第五节　造林技术 …… 105
一、整地 …… 105
二、寄主植物的选择和配置 …… 105
三、植苗造林 …… 108
四、直播造林 …… 108
五、抚育管理 …… 109
第六章　病虫害防治 …… 111
第一节　主要病害及其防治 …… 111
一、苗立枯病 …… 111
二、根腐病 …… 112
三、叶灰斑病 …… 112

四、白粉病 …… 113
五、穗状病 …… 113
第二节　主要虫害及其防治 …… 115
一、桑寄生粉蝶 …… 115
二、咖啡黑点木蠹蛾 …… 118
三、糠片盾蚧 …… 119
四、蛴螬 …… 120
五、小地老虎 …… 121
第七章　檀香的采伐与加工 …… 123
第一节　采伐年龄 …… 123
第二节　采伐方法 …… 124
第三节　木材的分级 …… 124
第四节　精油的提取 …… 125
第五节　精油的主要成分 …… 127
主要参考文献 …… 129
附录一　印度资料列举的檀香寄主植物 …… 134
附录二　华南地区已知的檀香寄主植物和非寄主植物 …… 146
编后语　关于今后发展檀香生产和科研的几点建议 …… 152

第一章　概　　论

第一节　檀香的用途和经济价值

檀香(*Santalum album* L.)是一种常绿半寄生小乔木,属檀香科,在我国古籍中,也称作"旃檀"、"真檀"、"震檀",系直接自梵文"Chandana"音译而来。

檀香是一种重要的经济树木(彩图 1),其有用部分主要是具有芳香的心材和从心材中提取的精油。檀香油主要用于香料工业,它不仅具有独特的香味,温馨持久,而且可与各种香料混合。加入檀香油后可使其他易于挥发的精油的香味更为稳定和持久,因此,它又是一种良好的定香剂,是配制高级香水、香精不可缺少的基本原料(Sen-Sarma　1982)。檀香制品从香皂到各种化妆品不下数百种。

檀香心材质地坚实,纹理致密均匀,可抗白蚁危害,是制作精细工艺品和木刻的优良材料,其质量仅次于象牙,多用于雕刻佛像、人物和大象等动物造型,制作檀香扇、珠宝箱、首饰盒、相框、台灯、棋子、棋盘、拐杖等精细工艺品及各种纪念品(彩图 2)。锯木屑可制成香囊佩戴或置于衣箱、橱柜中熏香衣物。檀香木粉末大量用于制作线香和盘香,除用于寺庙焚香、敬神等宗教仪式外,也用于日常家居生活,使室内空气馨香,清除异味。

檀香油和檀香木供药用在印度、马来西亚和波利尼西亚地区已有悠久的历史。我国自南北朝梁代(公元 502～549)以后,历代本草均有记载。在印度,檀香被用做清凉消炎、发汗、利尿、祛痰剂,用于治疗烧伤、头痛发热、丹毒、淋病和多种皮肤病。我国中医认为檀香木有理气温中、和胃止痛的功效,主治脘腹疼痛、噎嗝呕吐、胸闷不适。檀香油有清凉、收敛、强心作用,主要用于治疗胆汁病、膀胱炎,并用做尿道消毒剂,治疗淋病。现代医学实验证明,檀香油对大肠杆菌(*Escherichia coli*)和伤寒埃氏杆菌(*Eberthella typhora*)有明显抑制作用;在磺胺类和青霉素等药物未发现之前,檀香油是医治淋病的要药,曾被载入许多国家的药典(Nadkarn 1954)。

近年来，印度学者还从檀香树皮中分离出保幼激素(juvenile hormone)，可用于干扰昆虫发育。

檀香的边材虽无香气，但纹理均匀，容易旋磨加工，也是制作玩具和小工艺品的优良材料。

檀香种子含油量高达 60%，出油率可达 50%～55%，其碘值为 153，皂价 176，含硬脂炔酸(stearolic acid)和山梅炔酸(santalbic acid)，是一种干性油，可用做油漆原料，有光泽而且绝缘性良好。

由于它的特殊用途，檀香木的价值极高。一般木材都是以体积(m^3)论价的，惟独檀香以重量论值。更由于国际市场需求不断提高，檀香木的价格也不断飞涨。据印度出口资料(Rai S N 1990, Prabhu H N 1998)，每吨檀香木的平均价格由 1900 年的 21.5 美元增至 1996 年的 20 000美元(表 1-1)。

表 1-1 印度檀香木 1900～1996 年出口平均价格表

年份	价格/美元·t^{-1}	年份	价格/美元·t^{-1}
1900	21.47	1990	9 411.76
1933	58.82	1992	11 294.10
1965	352.94	1993	14 117.60
1970	588.23	1994	18 235.29
1980	1 823.52	1995	19 176.47
1987	4 588.23	1996	20 000.00

又据作者 1998 年底在中国香港市场上的调查，印度产直径 1cm 以上檀香木的零售价每公斤 320 港元，檀香木碎片每公斤 236 港元，檀香木粉末每公斤 224 港元，每吨分别折合 4 万美元、3 万美元和 2.8 万美元。澳大利亚所产檀香木价值较低，每公斤约 160 港元。

檀香木的出油率平均为 4.5%～6.25%，即 1t 优质木材仅可提取精油 45～62.5kg，因此檀香油也是众多芳香油中价格最昂贵者(表 1-2)。

表 1-2 美国 Elemi Oils & Herbs 公司 1999 年春季精油报价单

精油名	英文名	植物学名	产 地	价格/美元·oz^{-1}
香柠檬油	bergamot oil	*Citrus bergamia*	意大利	21.83
胡椒油	black pepper oil	*Piper nigrum*	马达加斯加	38.70
香柏油	cedar wood oil	*Cedrus atlantica*	摩洛哥	15.57

续表

精油名	英文名	植物学名	产　地	价格/美元·oz^{-1}
香紫苏油	clary sage oil	*Salvia sclarea*	法国	39.51
丁子香花油	clove bud oil	*Eugenia caryophyllata*	马达加斯加	18.63
柏木油	cypress oil	*Cupressus sempervirens*	法国	23.09
桉树油	eucalyptus oil	*Eucalyptus globulus*	西班牙	15.57
茴香油	fennel oil	*Foeniculum vulgare*	法国	18.77
乳香油	frankincense oil	*Boswellia carterii*	阿曼	25.70
天竺葵油	geranium oil	*Pelargonium graveolens*	埃及	29.39
姜油	ginger oil	*Zingiber officinale*	马达加斯加	23.54
葡萄柚油	grapefruit oil	*Citrus paradisii*	美国	11.93
薰衣草油	lavender oil	*Lavandula officinale*	法国	21.78
柠檬油	lemon oil	*Citrus limon*	美国	11.16
莱姆油	lime oil	*Citrus latifolia*	巴西	13.86
橙皮油	orange oil	*Citrus sinensis*	美国	9.59
香茅油	palmarosa oil	*Cymbopogon martini*	尼泊尔	15.03
印度薄荷油	patchouli oil	*Pogostemon cablin*	印度尼西亚	26.64
胡椒薄荷油	peppermint oil	*Mentha piperita*	美国	18.86
迷迭香油	rosemary oil	*Rosmarinus officinalis*	摩洛哥	20.61
花梨木油	rosewood oil	*Aniba rosaeodora*	巴西	25.11
檀香油	sandalwood oil	*Santalum album*	印度	121.73
橘皮油	tangerine oil	*Citrus palustos*	美国	13.05
白树油	tea tree oil	*Melaleuca alternifolia*	澳大利亚	19.62
依兰依兰油	ylang ylang oil	*Cananga odorata*	马达加斯加	22.82

注：1oz=28.35g(盎司为非许用单位)。

第二节　我国利用檀香的历史

檀香作为商品输入我国已有1 500年以上的历史。“旃檀”一名最早的文字记载见于俞益期“与韩康伯笺”，时间约在公元 361～371 年。俞益期是东晋(公元 319～420)豫章(今江西南昌)人，曾到交州(今越南)，他

将在当地的见闻写信告知豫章太守韩康伯，其中一节提到："外国老胡说：众香共是一木，木华为鸡舌香也，木胶为薰陆，木节是青木，木根为旃檀，木叶为藿香，木心为沉香。"(缪启愉，丘泽奇　1990)"众香共是一木"之说虽属谬误，但从这段文字也可看出，当时这些外国出产的名贵香料[①] 已开始输入我国，人们对它还不了解，只能任由外国商人故弄玄虚。至南北朝梁代(公元 502～549)，檀香已载入陶弘景的《名医别录》(夏纬瑛 1990)，应用于医药。据《证类本草》引证："陶隐居云：白檀，清热肿。"到了唐朝，檀香的应用已相当普遍。在苏敬等编撰的《唐·新修本草》(公元 659)紫真檀木条目下，作者明确指出："此物出昆仑[②] 盘盘国，惟不生中华，人间遍有之。"除了做香料和药物外，野史中还有杨国忠等贵族以沉香为阁、檀香为栏的记载。

"旃檀"一名虽然自梵文音译而来，但因借用了"檀"字，很自然地与我国早在《诗经》中已有记载的树木"檀"联系起来。南朝宋末(公元 424～453)竺法真《登罗浮山疏》载："旃檀，出外国。元嘉末，僧成藤于山中见一大树，圆荫数亩，三丈余围，辛芳酷烈。其间枯条数尺，援而刃之，白旃檀也。"误认为我国南部也产檀香。苏颂在《本草图经》(公元 1062)中肯定了《唐·新修本草》关于檀香"出昆仑盘盘国，惟不生中华，人间遍有之"的观点，更进一步指出："檀木生江淮及河朔山中，其木作斧柯者，亦檀香类，但不香耳。"明确地把国产的檀木与产于昆仑盘盘国的檀香区分开来，这是很有见地的。到了明代，随着航海事业的发展，檀香的来源也更为复杂。李时珍在《本草纲目》(公元 1596)中引用《大明统一志》云："檀香出广东、云南及占城、真腊、爪哇、渤泥、暹罗、三佛齐[③]、回回等国，今岭南诸地亦皆有之。"从现在的观点分析，其中爪哇、三佛齐即今印度尼西亚一带，是檀香的原产地，其他地点则可能是檀香的集散地或转销地。

我国应用檀香已有悠久的历史。1987 年 4 月，陕西扶风县法门寺唐代地宫出土的佛教创始人释迦牟尼 4 枚指骨舍利和数千件稀世珍宝轰动

---

① 现已知鸡舌香是桃金娘科植物丁香(*Syzygium aromaticum*)的花蕾，薰陆香是橄榄科植物乳香(*Boswellia sacra*)的树脂，青木香是菊科植物云木香(*Aucklandia lappa*)的木质根，藿香是唇形科植物广藿香(*Pogostemon coblin*)的叶，沉香是瑞香科植物沉香(*Aquilaria malaccensis*)经真菌感染后产生香脂的木材。

② 昆仑，古地名，泛指今中印半岛南部及南太平洋诸岛。

③ 三佛齐，7～13 世纪印度尼西亚、苏门答腊古国。

世界。据发掘报道,第一枚舍利即珍藏在唐懿宗供奉的八重宝函之中。八重宝函的最外层即为银棱盝顶檀香木宝函。第三枚舍利藏于三重宝函之中,其第二层也为檀香木函。另外还有银棱檀香木函子 1 枚,檀香山 2 枚(重 2.6kg),这在同时出土的"从重真寺随真身供养道具及恩赐金银器物宝函等并新恩赐到金银宝器衣物帐"碑文中有明文记载。据史家考证,唐咸通十四、十五年(公元 873～874),唐懿宗、僖宗父子迎送佛指舍利于法门寺至长安宫,为供奉事,最后在法门寺完成礼佛仪式,距今已1 100余年。这些宝函和檀香山木无疑是我国现存最早的檀香木制品了,现均保存于法门寺博物馆(陕西省法门寺考古队　1988)。另据江苏省淮安县博物馆报道,1987 年江苏淮安县发掘了明代王镇夫妇合葬墓。男墓主葬于弘治九年(公元 1496),椁、棺均为檀香木制作;女墓主葬于弘治十六年(公元 1503),椁、棺为杉木制作。出土时,男椁、棺完整无损,棺内尸体也保存完好,毛发均未脱落,肌肉有弹性,关节能活动,而女椁、棺和尸体均已腐朽,只存骸骨。能用檀香制棺、椁,说明当时檀香输入我国的数量已相当可观了。

我国历来是檀香的主要进口国,虽然具体的数量已无法考证,现根据有关出产国家和地区的不完全统计(Hamilton and Conrad　1990, Ramaswamy　1972),仍可得到一些粗略的了解(表 1－3、表 1－4、表 1－5)。

表 1－3　1989～1990 年檀香木国际市场销售统计

出口国家和地区	檀香种类	数量/$t \cdot a^{-1}$	进口国家和地区
印度	*Santalum album*	少量(禁止大量出口)	尼泊尔
印度尼西亚	*S. album*	?	中国(香港、台湾)
澳大利亚	*S. lanceolatum*	500	中国(台湾)
	S. spicatum	＞1 800	中国(台湾、香港)
			新加坡
美国夏威夷	*S. ellipticum*	＞300	中国(香港、台湾)
斐济	*S. yasi*; *S. album*	250	中国(香港)
瓦努阿图	*S. austrocaledonicum*	?	中国(香港、台湾)
巴布亚新几内亚	*S. macgregorii*	＞250	中国(香港、台湾)
			新加坡
汤加	*S. yasi*	40	中国(香港、台湾)
			新加坡

表 1-4　1965～1970 年印度檀香木碎片及木屑出口数量(单位:t)

进口国	1965～1966	1966～1967	1967～1968	1968～1969	1969～1970
日本	110.80	139.00	144.15	148.05	138.53
中国(香港)	46.00	60.36	69.00	89.25	102.00
美国	213.35	52.02	50.00	0.30	12.44
新加坡	—	4.25	7.26	4.23	15.67
沙特阿拉伯	2.96	0.96	2.56	2.45	9.60
斯里兰卡	16.64	7.82	8.95	18.08	5.50
意大利	3.3	4.5	3.0	8.5	5.0
苏丹	25.4	6.5	16.0	33.9	4.7
马来西亚	28.96	14.10	12.43	4.91	1.39
尼日利亚	2.97	9.00	9.00	6.00	20.00
其他	28.42	12.41	28.80	23.11	21.23
合计	478.86	310.92	351.13	338.78	336.06

表 1-5　1965～1970 年印度檀香精油出口数量(单位:kg)

进口国	1965～1966	1966～1967	1967～1968	1968～1969	1969～1970
前苏联	11 376	13 680	8 480	12 964	17 866
法国	11 932	18 879	19 020	24 500	17 750
荷兰	4 069	5 200	8 451	20 078	14 100
南斯拉夫	3 300	5 800	8 525	6 793	10 500
英国	11 018	11 870	11 886	9 600	9 100
美国	20 477	16 080	12 157	16 284	8 740
瑞士	3 250	4 504	6 100	6 700	7 409
日本	5 847	5 421	6 002	8 000	5 660
苏丹	3 878	2 627	3 699	5 004	5 060
匈牙利	1 900	1 345	5 368	1 240	1 840
德国(东部)	2 370	300	1 185	435	1 090
德国(西部)	1 582	1 141	1 711	1 695	1 590
其他	5 395	3 666	6 367	9 751	7 407
合计	86 394	90 513	98 951	123 044	108 112

从上面表格可以看出，我国进口的主要是檀香木材，其次是碎木和木屑。檀香油未被列入名单，可能进口量较少，与我国当时香料工业尚不发达有关。据表 1－3 统计，我国进口檀香木居世界首位，每年进口量高达 3 000t左右，按香港市价计算，共价值人民币 10 亿元。

第二章　檀香的种类

第一节　檀香属植物的分类

在国内市场，檀香木的商品材根据其来源和品质的不同可分为若干种。早期自印度尼西亚和印度输入我国的无疑是真正的檀香（*S. album* L.），因为仅此一种分布于上述二地。但自 18 世纪后，随着航海和探险事业的发展，欧洲人先后在澳大利亚和太平洋诸岛发现了檀香属的其他种类，并大量采伐投入市场，“檀香”也逐渐成为檀香属植物的统称。因此，在进一步讨论檀香时，有必要对檀香属植物的全部种类和分布有一较全面的了解。

在植物分类上，檀香属是一个难度较大的类群。此属 1753 年由林奈创立，迄今发表的种名已多达 53 个，如包括变种则近 70 个，其中许多种类生长于隔离的岛屿上，互相之间又常呈现连续的梯度变异（cline）现象，即在分布区两端的个体差异可能十分明显，但有一系列的中间类型把它们联系起来，当标本资料不足时，给分类工作带来很大困难。经过不断的研究，现在为多数学者所承认的有 16 种，15 变种，其余均作异名处理（George A S　1984，Fosberg F R and Sachet M H　1985，Wagner W L et al.　1990）（表 2－1）。

表 2－1　檀香属植物种类及分布

学　名	分　布
Santalum acuminatum（R.Br.）A.DC.	澳大利亚南部
S. album L.	印度尼西亚、印度
S. austrocaledonicum Vieillard	新喀里多尼亚、瓦努阿图
S. boninense（Nakai）Tuyama	小笠原群岛
S. ellipticum Gaudichaud	夏威夷群岛
S. fernandezianum F. Philippi	胡安·费尔南德斯群岛（已绝灭）
S. freycinetianum Gaudichaud	夏威夷群岛
S. haleakalae Hillebrand	夏威夷（毛伊岛）
S. insulare Bertero	塔希提岛、库克群岛、马克萨斯群岛、社会群岛
S. lanceolatum R.Br.	澳大利亚
S. macgregorii F.V.Mueller	巴布亚新几内亚
S. murrayanum（Mitchell）C.Gardn.	澳大利亚西南部

学　名	分　布
S. obtusifolium R.Br.	澳大利亚
S. paniculatum A.Gray	夏威夷群岛
S. spicatum(R.Br.)A.DC.	澳大利亚
S. yasi Seeman	斐济、汤加

檀香属 *Santalum* L.

常绿小乔木或灌木。叶对生或轮生，薄革质，具羽状脉。花两性，排成顶生或腋生的圆锥花序或总状花序，极少呈伞形花序状；花被片4(～5)枚，镊合状排列，内面基部常有毛丛；雄蕊 4(～5)个，与花被片对生；子房下位或半下位，花柱短，柱头小，3～4 裂。核果球形，中果皮薄，带肉质，内果皮坚硬，木质，具种子 1 枚。

本属共有 16 种，分布于印度尼西亚、澳大利亚，以及夏威夷群岛和太平洋诸岛屿。

分 种 检 索 表

1. 花的长度明显大于宽度，长 8～17mm，花被筒窄钟状至筒状。
  2. 花序顶生或偶有 1～2 腋生花簇，花极密；叶柄宽扁，长 2～7mm；花被外面暗红色，筒部白色后转为暗红色 …… 16.**榄绿夏威夷檀香 *S. haleakalae***
  2. 花序顶生或腋生，花较稀疏；叶柄纤细，上面有沟槽，长 5～18mm；花被外面暗红色或黄绿色，筒部黄白色或白色，后渐变为红色 …… 15.**垂枝夏威夷檀香 *S. freycinetianum***
1. 花的长度与宽度约相等，长不超过 8mm；花被筒钟状或陀螺状。
  3. 花有香气；子房下位。
    4. 叶椭圆形至卵形或倒卵形，两面均为灰绿色，无光泽；灌木或小乔木，高 1～5m …… 14.**滨海夏威夷檀香 *S. ellipticum***
    4. 叶卵形或倒卵形，上面绿色，有光泽，下面淡绿色；通常为乔木，高 3～10(～20)m …… 13.**亮叶夏威夷檀香 *S. paniculatum***
  3. 花无香气；子房半下位。
    5. 花长 2～3.5mm；花盘分裂不明显；核果直径 15～25mm。
      6. 内果皮平滑；叶灰绿色，先端钝 …… 12.**大果澳洲檀香 *S. spicatum***
      6. 内果皮粗糙；叶通常黄绿色，先端锐尖。
        7. 叶长 1.5～3.5cm，先端钩状，常 3 片轮生 ……

…… 11.钩叶澳洲檀香 ***S. murrayanum***

7. 叶长 3～9cm，先端非钩状，对生 …… 10.密花澳洲檀香 ***S. acuminatum***

5. 花长 4～8mm，花盘明显分裂；核果直径 7～10(～12)mm。

8. 花序顶生；子房上部渐狭成一中空的喙状体；花柱不明显。

9. 花被裂片内面被柔毛；柱头 2 裂…… 9.智利檀香 ***S. fernandezianum***

9. 花被裂片内面无毛；柱头 3 裂。

10. 叶阔卵形至椭圆形；叶柄长超过 5mm …… 8.塔希提檀香 ***S. insulare***

10. 叶倒披针形至倒卵状长圆形；叶柄长 3mm ……

…… 7. 小笠原檀香 ***S. boninense***

8. 花序顶生或腋生；子房上部不成中空喙状；花柱明显。

11. 叶片上下两面颜色明显不同，边缘略有背卷。

12. 小枝具棱；叶披针形至线形 …… 6.伞花澳洲檀香 ***S. obtusifolium***

12. 小枝圆柱形；叶阔椭圆状披针形 …… 5.巴布亚檀香 ***S. macgregorii***

11. 叶片上下两面颜色相同，边缘不背卷。

13. 花 5 基数 …… 4.斐济檀香 ***S. yasi***

13. 花 4 基数。

14. 花长 5～7(～8)mm。

15. 叶阔披针形至狭椭圆形；花药较小，长与宽近相等 ……

…… 3.大花澳洲檀香 ***S. lanceolatum***

15. 叶卵形至椭圆形；花药较大，长大于宽 1 倍 ……

…… 2.新喀里多尼亚檀香 ***S. austrocaledonicum***

14. 花长约 4mm；叶卵形或狭椭圆形 …… 1.檀香 ***S. album***

1. 檀香(彩图 1、彩图 3)

Santalum album Linn., Sp. Pl. 1:349(1753)— *S. ovatum* R. Br.

常绿小乔木。高 8～15m。叶卵状椭圆形至卵状披针形，长 2.5～7cm，宽 1.5～3.5cm，先端锐尖，基部楔形至近圆形；叶柄长 6～8mm。圆锥花序顶生或腋生；花梗长不及 1mm；花被筒钟状，长约 2mm，裂片卵形，长约 2mm，初开时草黄绿色，后变为血红色；子房半下位。核果球形，直径约 7～8mm，成熟时黑色。

原产于印度尼西亚的松巴岛、佛罗勒斯岛、小巽他群岛，现爪哇、苏拉威西岛、印度、澳大利亚、夏威夷及我国均有栽培。

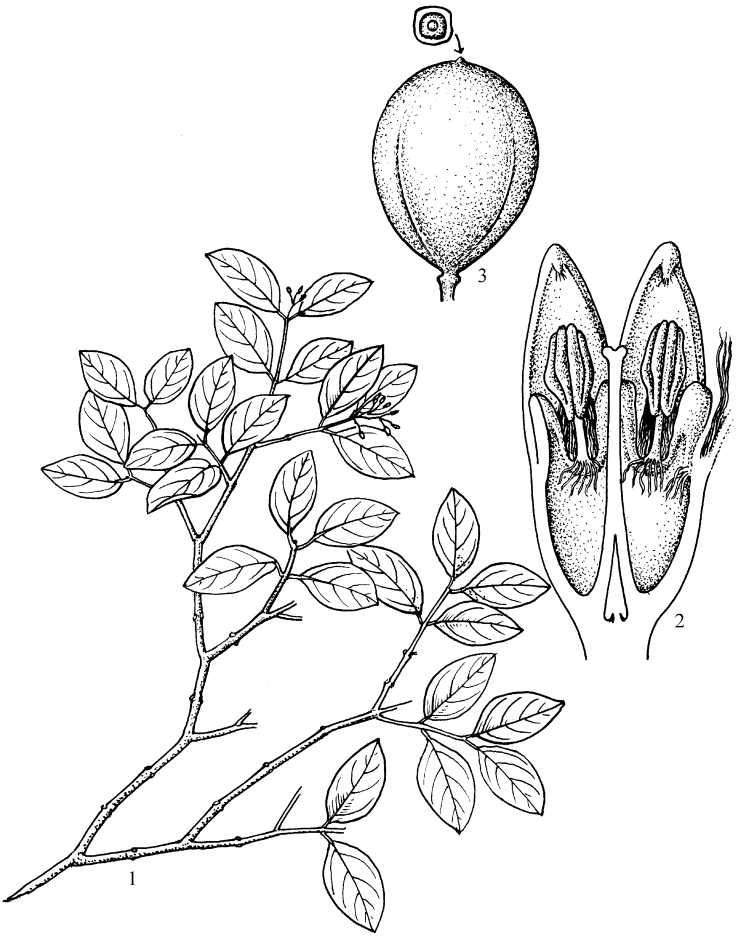
2. 新喀里多尼亚檀香(图版 1)

Santalum austrocaledonicum Vieillard in Ann. Sc. Nat., 16:61(1861)—

S. homei Seem.

常绿小乔木。叶片卵形、椭圆形或倒卵圆形，长 3～5(～7)cm，宽 1～4(～4.5)cm，先端钝，基部楔形；叶柄长约 6～16mm。圆锥花序顶生或腋生，长通常不超过叶片中部；花梗长 1.5～2mm；花被长 6～7(～8)mm，裂片卵状披针形，顶端钩状内弯；花药长圆形，长 1.5～2.7mm，宽 0.8～1mm。核果近球形，长 7～13mm，宽 10～15mm。

产于新喀里多尼亚。本种有 2 变种。



图版 1　新喀里多尼亚檀香 *Santalum austrocaledonicum*：
1. 花枝；2. 花纵切面×10；3. 果×2.5。

2a. ***Santalum austrocaledonicum*** var. ***minutum*** Halle, Fl. Nouvelle-Caledonie, 110(1988)

叶较小，通常长 1～2.7cm，宽 0.6～1.2(～1.8)cm，先端圆形。

产于新喀里多尼亚。

2b. ***Santalum austrocaledonicum*** var. ***pilosulum*** Halle, Fl. Nouvelle-Caledonie, 110(1988)

花被外面被小柔毛。

产于新喀里多尼亚。

3. 大花澳洲檀香(图版 2:1～3)

Santalum lanceolatum R. Br., Prodr. 356(1810)— *S. oblongum*, R. Br.— *S. venosum* R. Br.— *S. leptocladium* Gand.—S. *megacarpum* Gand.— *S. lanceolatum* var. *angustifolium* Benth.

灌木或小乔木，高可达 7m。叶阔披针形至狭椭圆形，长 2～9cm，宽 0.5～2.5cm，先端锐尖，基部楔形；叶柄长 2～10mm。花排成顶生或腋生的圆锥花序或总状花序；花梗长约 1mm；花被筒钟状，长 2～3mm，裂片三角形，长 3～5mm，乳黄色至淡绿色；子房半下位。核果直径 7～10mm。

产于澳大利亚，广布于热带地区并向南分布至南澳大利亚、新南威尔士和维多利亚。

4. 斐济檀香(图版 3)

Santalum yasi Seeman, Fl. Viti., 210(1867)

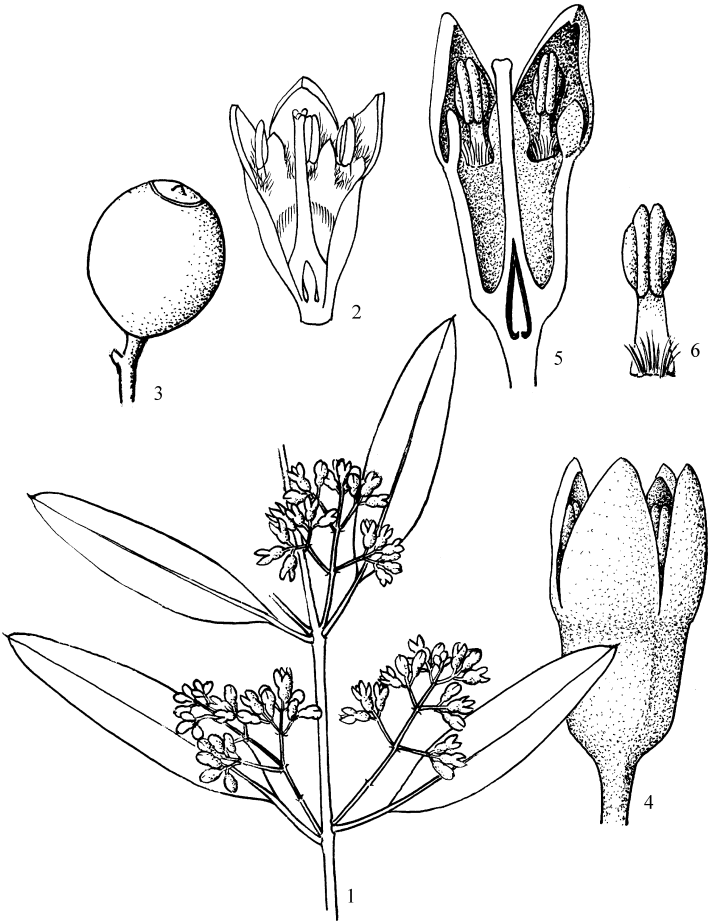
常绿小乔木。叶卵状披针形至狭披针形，长 4～5.5cm，宽 0.8～1.5cm，先端锐尖，基部楔形；叶柄长 5～8mm。聚伞状圆锥花序腋生或顶生，长 1～2.5cm；花被长 5～7(～8)mm，筒部钟状，裂片卵形，锐尖。核果近球形，直径约 12mm。

产于斐济。

5. 巴布亚檀香(图版 2:4～6)

Santalum macgregorii F. V. Muell., Bot. Centralbl. 9: 227(1891)— *S. papuanum* Summerh.

常绿多枝小乔木。叶阔或狭椭圆状披针形，长 5～8cm，宽 2～



图版 2　1～3. 大花澳洲檀香 *Santalum lanceolatum*：1. 花枝；
2. 花纵切面×6；3. 果×3。
4～6. 巴布亚檀香 *Santalum macgregorii*：4. 花；
5. 花纵切面×10；6. 雄蕊×15。

2.75cm，先端稍锐尖，基部楔形，边缘稍外卷；叶柄长 7～10mm。圆锥花序生于上部叶腋，长 1.5～2.5cm；花被长 4～4.5mm，筒部钟状，长约 2mm，裂片卵形，长 2～2.5mm。

产于巴布亚新几内亚。华南植物园 1965 年从新赫布里底群岛引种，生长良好。1972 年繁育出第二代苗，30 年生高约 10m，胸径 18.5cm。经

图版 3　斐济檀香 *Santalum yasi*：1. 花枝；
2. 花冠展开示雌雄蕊×4；3. 果。

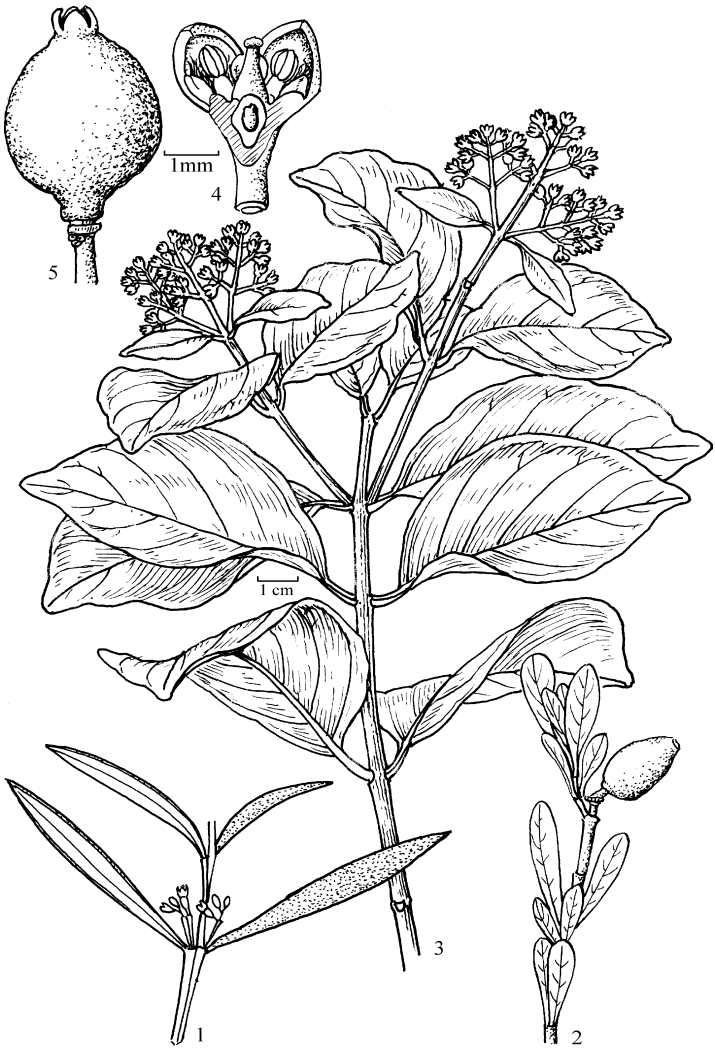
测定 20 年生植株的心材，含油量为 2.4%，油的含醇量为 51.7%，稍低于同龄檀香（*S. album*），香味也稍有差异。

6. 伞花澳洲檀香（图版 4：1）

Santalum obtusifolium R. Br., Prodr. 356(1810)— *S. crassifolium*(R. Br.) A. DC.— *Fusanus crassifolius* R. Br.

常绿灌木，高达 2.6m。叶披针形至线形，长 3～6.5cm，先端钝或锐尖，基部楔形，边缘反卷；叶柄长 1～5mm。花序腋生，伞形花序状，2～5 花；花梗长约 1mm；花被筒钟状，长 2～3mm，裂片卵状三角形，长 1.5～2mm，白色。核果阔椭圆体状，长约 8～10mm。

产于澳大利亚，分布于昆士兰东南端沿新南威尔士东部至维多利亚东部。



图版 4　1. 伞花澳洲檀香 *Santalum obtusifolium*：1. 花枝。2. 小笠原檀香 *Santalum boninense*：果枝 ×0.8。3～5. 塔希提檀香 *Santalum insulare*：3. 花枝；4. 花纵切面；5. 果×2.5。

7. 小笠原檀香(图版 4:2)

Santalum boninense(Nakai)Tuyama, Bot. Mag. Tokyo 52: 467(1938)—*Exocarpos boninensis* Nakai.

常绿灌木或小乔木,通常高达 4m。叶倒披针形至倒卵状长圆形,长 3～5(～9.7)cm,宽 1.3～2.2(～3.7)cm,先端钝圆,基部楔形;叶柄长约 3mm。花序顶生,为三歧聚伞花序;花梗长约 1mm;花被筒长约 2mm,裂片三角形,长约 3mm,淡绿色或带黄色,外面密被小柔毛。核果窄卵圆形或梨形,长约 16mm。

产于小笠原群岛。

8. 塔希提檀香(图版 4:3～5)

Santalum insulare Bertero ex A. DC., Prodr. 14(2): 685(1857)

常绿灌木或小乔木。叶卵圆形、椭圆形或近圆形,长 3～8(～12)cm,宽 1.5～3(～4.5)cm,先端钝或稍锐尖,基部楔形或钝;叶柄 5～12mm。圆锥花序顶生,多花;花梗极短或近于无;花被长约 3mm,筒部钟状或陀螺状,裂片卵形,初时绿白色,渐变为带红色至暗红色;子房半下位。核果近球形,直径 17～20mm。

产于法属波利尼西亚和库棵岛、亨德森岛。本种分散生长于许多岛屿上,变异较大。F. R. Fosberg 和 M. H. Sachet 根据花序的大小,分枝的多少,叶片的形状、大小及叶脉的数目将本种分为 9 个变种。现将变种名称分列于下,但因各变种间的区分甚细微,故不再做详细描述。

8a. ***Santalum insulare*** Bertero ex A. DC. var. ***insulare***

产于塔希提。

8b. ***Santalum insulare*** var. ***alticola*** Fosberg & Sachet, Candollea 40:463(1985)

产于塔希提。

8c. ***Santalum insulare*** var. ***raiateense***(J.W. Moore)Forsberg & Sachet. Candollea 40:465(1985)—*S. raiateense* J. W. Moore.—*S. multiflorum* J. W. Moore.

产于赖阿特岛。

8d. ***Santalum insulare*** var. ***marchionense***(Skottsb.)Skottsb., Bishop

Mus. Occ. Pap. 14(1): 33(1938)

产于马克萨斯岛、努库希瓦岛、希瓦瓦岛、塔胡阿塔岛。

8e. ***Santalum insulare*** var. ***deckeri*** Fosberg. & Sachet, Candollea 40:467 (1985)

产于马克萨斯岛、努库希瓦岛、希瓦瓦岛、塔胡阿塔岛。

8f. ***Santalum insulare*** var. ***mitiaro*** Sykes, Pac. Sci. 34:79(1980)

美蒂亚罗岛特有。

8g. ***Santalum insulare*** var. ***margaretae***(F. Briwn)Skottsb, Occ. Pap. Bishop Mus 14(4): 34～36(1938)— *S. margaretae* F. Brown.

拉帕岛特有。

8h. ***Santalum insulare*** var. ***raivavense*** F. Brown, Bishop Mus. Bull. 130:62(1935)

产于土布艾群岛之赖瓦瓦埃岛。

8i. ***Santalum insulare*** var. ***hendersonense***(F. Brown)Fosberg & Sachet, Candollea 40:470(1985)— *S. hendersonense* F. Brown.

产于亨德森岛。

9. 智利檀香(图版 5)

Santalum fernandezianum F. Philippi, Bot. Abhandl. Leipzig, 3, t. I (1893)

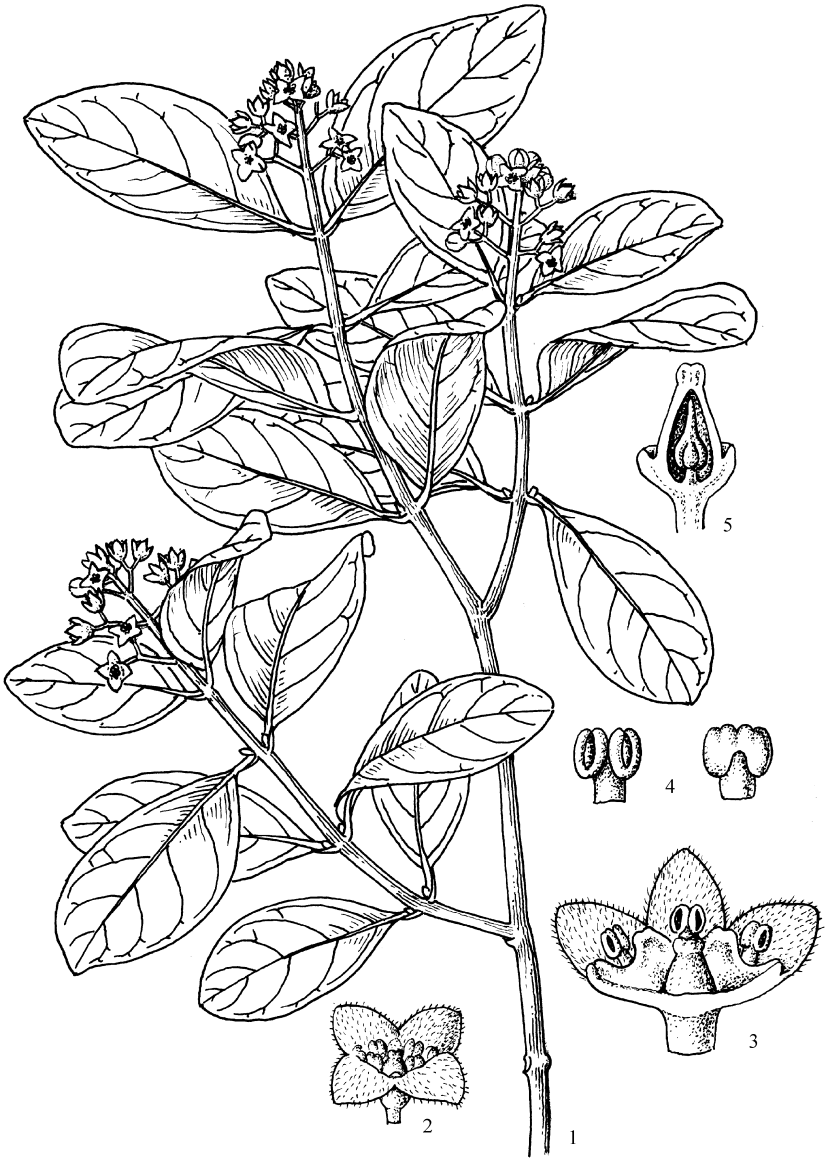
常绿乔木。叶椭圆形至卵状椭圆形,长 3～5cm,宽 1.5～2.1cm,先端宽,锐尖或稍钝,基部楔状渐狭;叶柄长 3～5mm。圆锥花序顶生,长 1.2～2cm;花被长 3～4mm,筒部陀螺状,裂片 4,阔卵形,内面被小糙毛。

产于智利胡安•费尔南德斯群岛。现已绝灭。

10. 密花澳洲檀香(图版 6:1～2)

Santalum acuminatum(R. Br.)A. DC., Prodr. 14: 685(1857)— *Fusanus acuminatus* R. Br.— *Santalum preissianum* Miq.— *S. cognatum* Miq.— *S. densiflorum* Gand.

常绿灌木或小乔木,高达 6m。叶披针形,常稍呈镰状,黄绿色,长 3～9cm,宽 3～15mm,先端锐尖,基部楔形;叶柄长 3～8mm。圆锥花序顶生,多花;花梗长1～2mm;花被筒钟状,长约 1mm,裂片卵状三角形,长



图版 5　智利檀香 *Santalum fernandezianum*：1. 花枝；2. 花；3. 花冠展开；4. 雄蕊正、反面；5. 雌蕊纵切面(全部放大)。

1～2mm,绿色或橙黄色;子房半下位。核果球形,直径 1.5～2.5cm,成熟时鲜红色,稀为黄色。

产于澳大利亚,广布于南部地区。

11. 钩叶澳洲檀香(图版 6:3)

Santalum murrayanum(Mitchell)C. Gardn., Enum. Pl. Austral. Occid. 35(1930)—*Eucarya murrayana* Mitchell.—*Santalum angustifolium* A. DC.—*S. persicarium* F. Muell.

常绿灌木或小乔木,高达 4m。叶对生或有时 3 枚轮生,狭披针形,长 1.5～3.5(～5)cm,宽 1.5～4mm,先端具钩状尖头,基部渐狭窄;叶柄长 0～4mm。圆锥花序顶生,多花;花梗长 1～2mm;花被筒钟状,长约 1mm,裂片卵形或三角形,长约 2mm。核果球形,直径 1.5～2.3cm。

产于澳大利亚的西澳大利亚州和南澳大利亚州南部,新南威尔士西南部和维多利亚西北部。

12. 大果澳洲檀香

Santalum spicatum(R. Br.)A. DC., Prodr. 14: 685(1857)—*Fusanus spicatus* R. Br.—*Santalum cygnorum* Miq.—*S. diversifolium* (Miq.)A. DC.—*Fusanus diversifolius* Miq.—*Fusanus spicatus* var. *frutescens* Hochr.

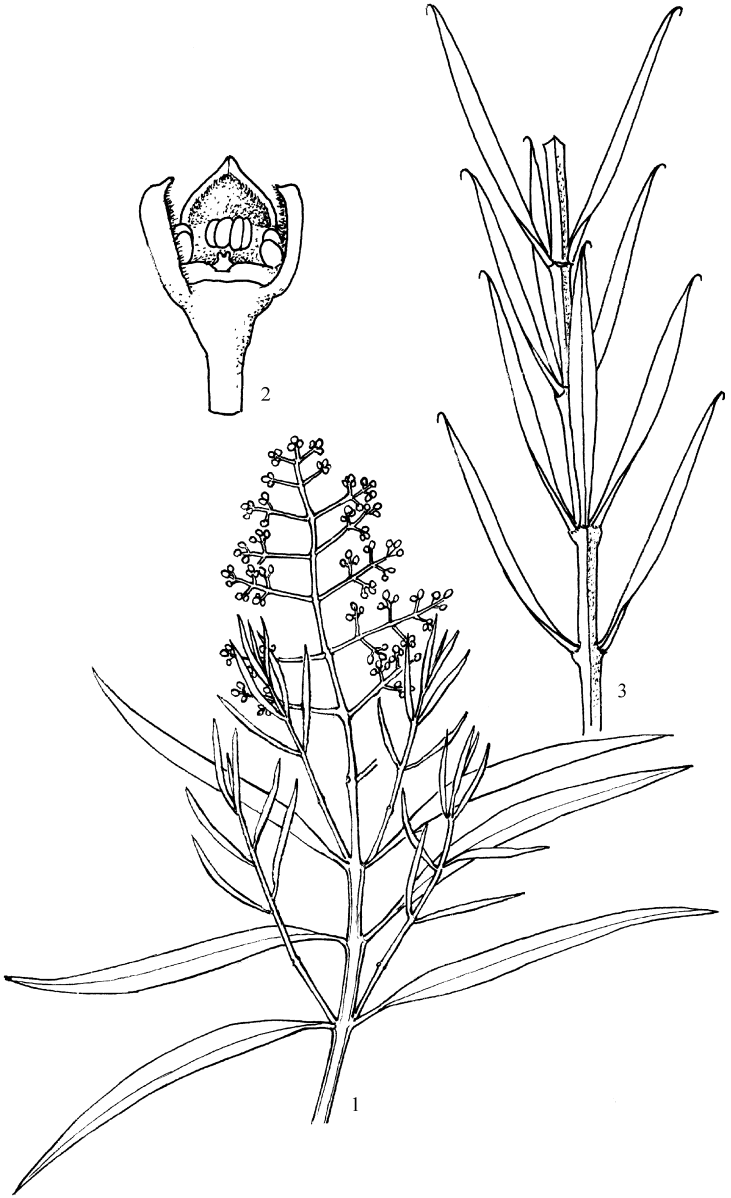
常绿灌木,高可达 4m。叶披针形至狭椭圆形,灰绿色,长 2～7cm,宽 3～15mm,先端钝,基部楔形;叶柄长 3～5mm。花排成顶生圆锥花序,具芳香;花梗长约 1mm;花被筒钟状,长 1～1.5mm,裂片三角状卵形,长 1.5～2mm,带红色;子房半下位。核果球形,直径 1.5～2cm。

产于澳大利亚,广布于西澳大利亚州和南澳大利亚州,曾大量砍伐作檀香出口。

13. 亮叶夏威夷檀香

Santalum paniculatum Hook. & Arn., Bot. Beech. 94(1832)—*S. freycinetianum* Gaud. var. *latifolium* Gray.—*S. ellipticum* Gand.—*S. annectens* Degener.

常绿灌木或小乔木,高 3～10m。叶卵形或倒卵形,长(2.5～)5.5～



图版 6　1～2. 密花澳洲檀香 *Santalum acuminatum*：1. 花枝；2. 花(除去一花被片)×6；3. 钩叶澳洲檀香 *Santalum murrayanum*：枝、叶×1.5。

8cm，宽(2～)2.5～4.5cm，先端圆形，基部渐窄，草质，上面蓝绿色或橙黄色，有光泽，下面常呈粉绿色，明显较淡；叶柄长 2～15mm。花排成顶生或腋生的复聚伞花序，有香气；花梗长 0～1mm；花被长 5～7mm，筒部钟状或圆锥体状，裂片带绿色，开放后转褐色或橙红色；子房下位。核果倒卵球形，长 10～12mm。

产于夏威夷岛。本种还有一变种。

13a. ***Santalum paniculatum*** var. ***pilgeri*** (Rock) Stem., Pacific Sci. 34 (1): 52 (1980)— *S. pilgeri* Rock.

通常为乔木，高可达 20m。叶椭圆形至卵形，橄绿色，两面颜色无明显差异，坚纸质，与原变种不同。

产于夏威夷岛。

14. 滨海夏威夷檀香(图版 7:1～3)

Santalum ellipticum Gaud., Bot. Voy. Freyc. 442(1830)— *S. freycinatianum* Gaud. var. *cuneatum* Hillebr.— *S. freycinetianum* Gaud. var. *littorale* Hillebr.— *S. cuneatum* (Hellebr.) Rock.— *S. cuneatum* var. *gracilius* Skottsb.— *S. cuneatum* var. *laysanicum* Rock.— *S. album* var. *ellipticum* (Gaud.) Meurisse.

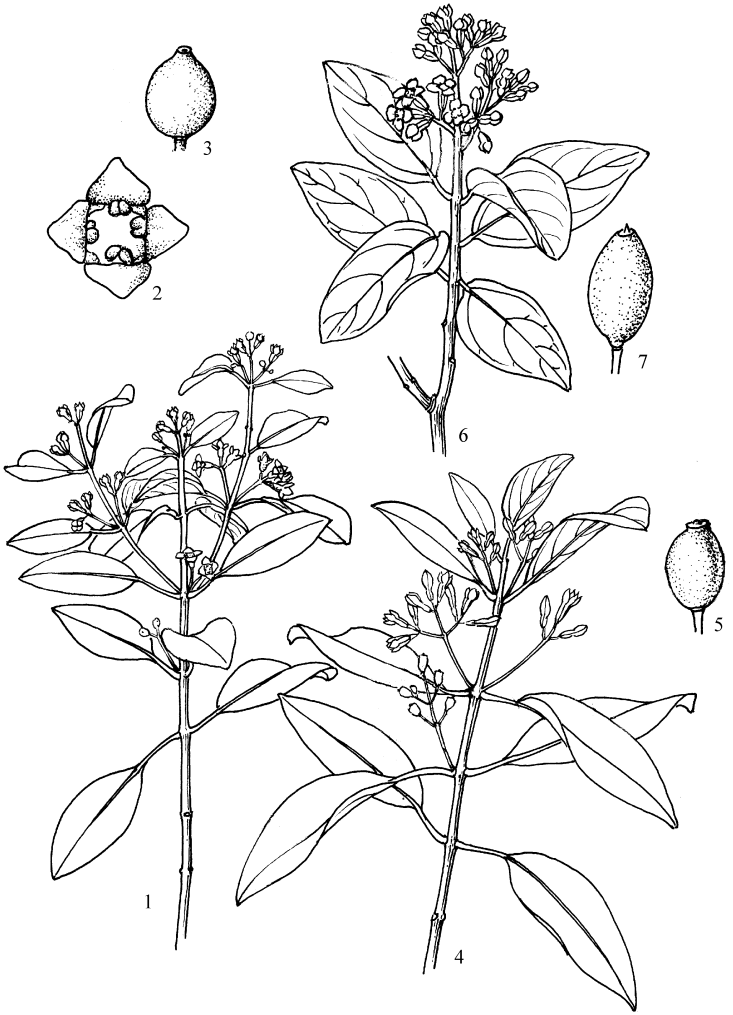
常绿灌木或乔木，高 1～5m。叶椭圆形至卵形或倒卵形，长 2.5～6.1cm，宽 1.7～4cm，革质或带肉质，两面均为灰绿色；叶柄长 0～15mm。花排成顶生或腋生复聚伞花序，有香气；花梗长 0～1mm；花被长 4～7mm，筒部钟状或圆锥体状，裂片绿色，开放后转褐色或橙黄色；子房下位。核果卵圆形，长 9～12mm。

产于夏威夷群岛的瓦胡岛、考爱岛、莫洛凯岛、拉奈岛、毛伊岛和夏威夷岛。

15. 垂枝夏威夷檀香(图版 7:4～5)

Santalum freycinetianum Gaud., Bot. Voy. Freyc. 442, t. 45(1830)— *S. longifolium* Meurisse.— *S. freycinetianum* var. *auwahiense* Stemm.

常绿灌木或乔木，高 1～13m。叶椭圆形、卵圆形或圆形，长 4～9(～12)cm，宽(1.3～)1.8～4cm，先端锐尖至近钝圆，纸质或革质，绿色或



图版 7　1～3. 滨海夏威夷檀香 *Santalum ellipticum*：1. 花枝×0.5；2. 花（正面观）×4；3. 果 ×1.5。
4～5. 垂枝夏威夷檀香 *Santalum freycinetianum*：4. 花枝×0.5；5. 果。
6～7. 榄绿夏威夷檀香 *Santalum haleakalae*：6. 枝×0.5；7. 果×2。

有时稍带粉绿色，幼时常染紫晕；叶柄长 5～18(～25)mm。花排成顶生或腋生复聚伞花序，微具芳香；花梗长 1～4(～6)mm；花被长 8～17mm，筒部钟状或筒状，黄白色或白色，后转为红色，裂片外面暗红色或带绿黄

色，内面暗红色；子房半下位。核果卵圆形，长 8～17(～24)mm。

产于夏威夷群岛的瓦胡岛、毛伊岛、拉奈岛、莫洛凯岛。

本种有下列两变种：

15a. ***Santalum freycinetianum*** var. ***lanaiense*** Rock, Indigen. Trees Hawaii, 1913— *S. lanaiense* Rock.— *S. freycinetianum* var. *auwahiense* Stemm.

叶卵形至阔椭圆形或圆形，常呈萎蔫状。花被喉部不收缩。内果皮平滑。

产于毛伊岛和拉奈岛。

15b. ***Santalum freycinetianum*** var. ***pyrularium*** (Gray) Stemm., Pacific Sci. 34 (1): 48 (1980)— *S. pyrularium* Gray, Proc. Amer. Acad. Arts 4: 326 ～ 327 (1960)— *S. pyrularium* var. *sphaerolithos* Skotts.— *S. involutum* St. John.— *S. majus* St. John.

叶长圆状椭圆形至狭椭圆形或椭圆形，略有对折，不呈萎蔫状。花被筒喉部常收缩。内果皮粗糙。

产于考爱岛。

16. 榄绿夏威夷檀香(图版 7:6～7)

Santalum haleakalae Hillebr., Fl. Hawai. Isl. 390(1888)— *S. freycinetianum* var. *latifolium* Wawra.

常绿小乔木，高 2～4m。叶椭圆形至阔椭圆形或倒卵形，长 2.5～7.5cm，宽 2～6cm，先端锐尖或钝，基部阔楔形，硬革质，榄绿色，常染紫晕；叶柄长 2～7mm。花密聚成顶生复聚伞花序，极少簇生于叶腋，稍有香气；花梗长 2～4mm；花被长 8～17mm，筒部钟状或筒状，白色，后转为深红色，裂片约与筒部等长，暗红色；子房半下位。核果卵球形，长 10～15mm。

产于夏威夷群岛中的毛伊岛。

第二节　檀香属植物的地理分布

就地理分布而言，檀香属基本上是一个热带属，分布区自印度尼西亚爪哇岛的东端(E110°)沿赤道两侧直达智利的胡安·费尔南德斯岛(W78°50′)，北缘为小笠原岛(N28°)，南端为澳大利亚的维多利亚州