

燃料油植物选择与应用

SELECTION AND UTILIZATION OF FUEL OIL PLANTS

程树棋 程传智 编著



中南大学出版社

燃料油植物选择与应用

程树棋 程传智 编著

中南大学出版社
二〇〇五年十二月

图书在版编目(CIP)数据

燃料油植物选择与应用/程树棋,程传智编著. —长沙:
中南大学出版社,2005. 12
ISBN 7-81105-247-4

I. 燃... II. ①程... ②程... III. 燃料油—植物—研究
IV. Q949.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 141887 号

燃料油植物选择与应用

程树棋 程传智 编著

☐责任编辑 孙如枫

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

☐印 装 长沙利君漾印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 17.75 ☐字数 444 千字

☐版 次 2005 年 12 月第 1 版 ☐2005 年 12 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 7-81105-247-4/N·001

☐定 价 35.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

序

能源是维系社会、经济、环境协调发展的基础，也是人类生存和发展的前提。从原始的钻木取火到当代的化石能利用，人类文明的每一跨越和进步都与能源的种类及其利用方式紧密相关。随着人类对煤炭、石油和天然气等矿物能源的开发与利用，推动了社会文明的进步和经济的繁荣，然而也带来了一系列的诸如资源枯竭和环境污染等社会与生态问题。这些问题的出现又影响着人类的生存环境，制约着经济的发展。在这种背景下，国家科技部（原国家科委）将“植物油能源利用技术”列入“九五”国家重点攻关计划，对生物燃料油转化工艺、加工与应用技术、野生与尚未开发的木本油料植物的种类和资源量等进行系统研究，并获得了丰硕成果。

燃料植物油是贮存于植物器官中，通过植物的光合作用转化、固定、贮存的一种太阳能，这种油性物质经转化加工，可以制造成生物燃料油，替代矿物液体燃料。

《可再生能源法》已经全国人大审议通过，明年将正式实施。在该项法律文件中，已将发展生物质燃料油作为重点支持方向之一。世界上许多国家也已把生物燃料油作为解决化石能源日益紧张的重要补充，不断加大支持发展的力度。

我国发展生物燃料油产业，必须首先解决“油”从哪里来的问题，大力发掘新的油料植物资源，进行种源优化选择、燃料油植物资源基地建设、良种培育、丰产栽培、扩大推广，以满足我国生物燃料油产业的原料供应。

编者在结合“九五”国家重点科技攻关课题“植物油能源利用技术”研究成果和近年来的研究基础上撰写了这本《燃料油植物选择与应用》专著，它是我国燃料油植物研究领域的第一本专著。

随着可持续发展战略的实施和生物燃料油产业的迅速发展，本书中提供的成果将为致力于燃料油植物发展的专业人士提供有关知识、依据和方向，并促进生物质能，特别是木本燃料油植物产业的形成，取得以期效果。

中国太阳能学会理事长：



2005年7月28日于北京

前言

生物质燃料油是一类贮存于植物器官中，经提取、加工后，可供提炼燃料油的油性物质，它是通过植物光合作用固定于地球的太阳能，太阳能以化学能的形式储存于植物体内。这种油性物质通过一定的转化，可加工成各种清洁燃料，替代化石燃料。生物质燃料油是可再生的。

在 20 世纪 70 年代出现了石油危机之后，生物质燃料油得到了迅速发展，特别是在当前化石能源资源面临枯竭，石油价枯居高不下的情况下，社会更是为发展生物质燃料油提供了广阔的市场，渴望这种燃料油快速提高它在能源供给中的份额。然而，燃料油制备的原料来源于植物的含油器官，特别是种子，主要依靠从种子中提炼的油脂来加工成燃料油。我国人口多，食用油需求量很大，目前国内生产还不能满足食用油的需要。在这种情况下，将传统生产食用油的油脂用作燃料油生产是有困难的。为了避免与人食用争油，发掘出非常规食用油油脂植物种类，建设燃料油原料（植物）生产基地，是中国生物质燃料油事业发展的必经之路，也为国外的成功经验所证明。

利用非农业生产用地建设生物质燃料油原料生产（植物）基地，首先要解决的是生产油脂的新的优良油料植物种类的选择问题。目前这还是个十分薄弱的环节。虽然一些生物质燃料油工作者开始注意了这项工作，但仍不能满足生物质燃料油生产发展的需要。

基于上述情况，根据我们“九五”国家科技重点攻关项目专题——“植物油能源利用技术——能源油料植物（燃料油植物）种类资源量调查成果资料”，再参考有关专家发表的资料，撰写成本书，以起抛砖引玉的作用。该书共分十节。第一至第九节，讨论了我国燃料油植物的种类资源特性、分布、蕴藏与选择，第十节分 27 个小节列出了 40 种植物种的形态特征、含油特性、生物学特性和栽培技术，并列出了燃料油植物的特征表。该书可供大专院校相关专业师生和科研、生产单位的科研技术人员参考。

本书在编写过程中，李宝山、袁振宏、蒋剑春、雷廷宙、张全国、吴创之、马隆龙、杨秀山、王孟杰、周良虹等知名人士对本书的编写给予了具体的指导和支传。值本书出版之际，感谢王涛院士的鼓励，向所有对本书给予支持、关心和帮助过的领导、同事们、朋友们表达最衷心的感谢。

燃料油植物选择与应用是个新的技术领域，加上编者的水平有限，资料缺乏，时间紧迫，书内会有不少缺陷、缺点和错误，恳请读者批评指正。

编著者

二〇〇五年十二月

目 录

1 概述	(1)
2 燃料油植物油性类型及主要成分	(3)
2.1 油性类型	(3)
2.2 油脂的主要成分	(3)
2.3 挥发油与主要成分	(5)
3 燃料油植物种类	(6)
3.1 桉树油	(6)
3.2 黑皂油	(6)
3.3 烃 类	(6)
3.4 醇 类	(6)
3.5 单脂类	(6)
4 燃料油植物种类资源特征与分布	(7)
4.1 种类资源及其在分类单位中的分布	(7)
4.2 燃料油植物在科、属中的数量分布	(20)
4.3 燃料油植物种类的水平地带性分布	(21)
4.4 燃料油植物种类的垂直地带性分布	(22)
4.5 燃料油植物种类在起源上的差异与分布	(22)
4.6 燃料油植物种类的生活型及分配	(25)
4.7 燃料油植物油脂在植物体内的分布	(26)
5 燃料油植物平均含油量及其特性	(28)
5.1 油脂类燃料油植物科的平均含油量及其幅度	(28)
5.2 油脂类燃料油植物含油量及其含油特性	(32)
5.3 挥发油类燃料油植物含油量及其含油特性	(34)
6 燃料油植物中脂肪酸组成结构	(36)
6.1 含油酸和亚油酸为主的植物	(36)
6.2 含 C_8 — C_{16} 饱和脂肪酸为主的燃料油植物	(37)
6.3 燃料油植物脂肪酸组成结构类型与分析	(40)
7 燃料油植物资源蕴藏特点	(41)
7.1 人工栽培油脂类作物	(41)
7.2 野生燃料油植物的结果特性与结果量评价	(41)
7.3 燃料油植物种类的分布区及区域大小等级	(44)
8 燃料油植物种类选择	(48)
8.1 燃料油植物种类选择的原则	(48)
8.2 燃料油植物种类选择指标体系与权重	(48)
8.3 燃料油植物种类与评判	(49)
8.4 值得注意的一些燃料油植物种类	(52)
9 燃料油植物的开发利用途径与技术对策	(54)

9.1	深入进行野生燃料油植物资源普查,摸清家底	(54)
9.2	广泛收集资源,建立燃料油植物资源基因库	(54)
9.3	驯化野生种,引进外来种,丰富燃料油植物的开发利用种类	(54)
9.4	选择优良种植材料,建立“燃料油植物”基地	(55)
9.5	开辟多种利用途径,实现资源的综合利用	(55)
9.6	加强科学研究,提高燃料油植物的开发利用水平	(55)
10	主要燃料油植物特性与栽培	(56)
10.1	乌柏(附:白木乌柏、山乌柏、圆叶乌柏)	(56)
10.2	续随子	(59)
10.3	麻疯树(小桐子)	(60)
10.4	山桐子	(61)
10.5	樟树(附:香樟、猴樟、黄樟、沉水樟、油樟、细毛樟、毛叶樟、 云南樟、银木)	(62)
10.6	阴香	(72)
10.7	山苍子(山鸡椒)	(73)
10.8	木姜子(附:潺槁木姜子、豹皮樟)	(74)
10.9	黄连木	(76)
10.10	人面子	(77)
10.11	漆树	(79)
10.12	毛桉(车梁木)	(80)
10.13	光皮桉(光皮树)	(82)
10.14	灯台树	(84)
10.15	交让木(附:牛耳枫)	(86)
10.16	白檀(附:湖南白檀)	(87)
10.17	文冠果	(88)
10.18	大叶桉	(90)
10.19	榆树	(92)
10.20	榛	(94)
10.21	蔓荆	(95)
10.22	红松	(96)
10.23	华山松	(100)
10.24	柏木	(103)
10.25	油棕	(105)
10.26	油瓜(油渣果)	(107)
10.27	赤桉	(108)
	附件:燃料油植物料查阅名录	(110)

1 概 述

矿物能源的发掘与应用,带来了社会的文明和经济的繁荣,推动了社会的发展,但由于人类对矿物能源的无节制开采和利用,也带来了资源的日近枯竭;根据 BP 世界能源统计报告,世界石油探明储量约 1 427 亿 t (2002),煤炭探明储量约 9 842 亿 t (2002),按目前技术水平和开采量计算,石油可开采 40 年,煤炭 200 年,天然气 60 年(袁振宏等,2002),而且矿物资源分布不均,开采条件越来越差。人类正面临着巨大的能源压力。矿物能源燃料燃烧时所产生的二氧化碳(CO)、二氧化硫(SO₂)、氮氧化物(N_xO)、氟化物(HF)、飘尘等,都是大气的主要污染物,严重污染了人类生存环境,引发了温室效应、全球气候变暖、热带雨林萎缩、生物多样性降低等生态问题。这些问题的出现,不但威胁着人类的生存,而且影响着社会的持续发展。如何满足社会发展对能源的需求,又保持资源的持续利用,维持和促进资源、环境、社会经济的协调发展,已成为人类十分关注,也是需要认真解决的问题。这样,就迫切需要我们不断地开发新能源,以可再生能源替代有限的矿物资源。燃料油植物资源是一类可再生的、最具希望的可替代矿物资源的资源。要开发这类资源,首先必须提供可利用的资源的种类和资源量,以此作为基础来发展燃料油油料生产。

燃料油植物所产的油脂是一类贮存于植物器官中,经加工后,可以提取的油性物质。它通过植物有机体内一系列的生理生化过程形成(H·H·沙拉波夫,1965),以一定的结构形式存在于油脂或挥发性油类等物质中。它不断地在植物器官中积累,又可用多种方式对其进行不断地收获,具有可再生性。燃料油植物是一类含有燃料油植物油成分的种和变种。燃料油植物主要包括油脂植物和具有制成还原形式烃的能力,接近石油成分,可以替代石油使用的植物(石培礼等,1994)。生物燃料油是通过燃料油植物所产的油加工而成的一种可以替代化石能源的液体燃料。

燃料油植物开发利用的价值早有人提出,但普遍重视它的利用价值,还是在 1973 年石油危机之后。1978 年,国际能源机构(IEA)发起了能源植物国际间的合作研究。1981 年,肯尼亚(内罗毕)国际新能源和可再生能源会议以后,国际上出现了开发利用这类资源的热潮。现代燃料油植物的研究工作始于 60 年代,发展于 70 年代,自 80 年代以来,包括生物燃料油在内的生物质能研究得到了较快的发展。美国、巴西、印度等国进行了燃料油植物种的选用,富油种的引种栽培、遗传改良,和建立“柴油林林场”等方面的工作与研究。在燃料油植物特性和生物燃料油的研制上,美国、日本、巴西、芬兰、瑞典、印度、菲律宾、澳大利亚等国,在获得生物燃料油途径、生物燃料油使用技术上都有较大的进展(单永年,1988;梁新等,2005)。在燃料油植物资源的研究上,美国重点进行了油料植物含油量和应用前景的分析,印度、马来西亚等国也做了油脂植物方面的研究(Xiaolong, 1994; El-Tahawi, 1989; 高清, 1995)。我国燃料油植物的生产和开发利用刚刚起步,与发达国家尚有一定的差距。不过,我国在油脂植物和芳香油植物资源的研究上取得的成果为开展燃料油植物的研究奠定了基础。这些成果比较集中地反映在一些专著(中国油脂编辑委员会, 1988; 朱亮锋等, 1988)和论文(欧乞, 1980)中。同时,结合区域性植物资源的调查研究,进行了一些区域性的油料植物种类登记(柏松林, 1996)和不同分类单位油料植物的研究(罗鹏生, 1993)。此外,也对燃料油植物进行了一些发展史(袁剑秋, 1996a; 1996b)和资源展望等方面的研究(王持, 2005)。这些研究归纳为两个方面,一方面着重于油脂植物或芳香油

植物资源资料（种类、含油量、油分布特性等）的收集和区域性资源的登记及种的介绍等，其研究的目标是食用油和传统工业用油的开发利用，没有同生物燃料油的原料的利用相结合，也没有对油脂植物和挥发性油料植物进行系统的登记、分析与研究。另一方面，虽然认识到燃料油植物在提供燃料油生产工业原料时的重要性，但也还没有着手于规模化生产需要的燃料油植物种类资源及种类选用的工作，更少见有开发利用野生资源的报导，而这却是目前急需研究的重点方向。

油脂植物所产生的油脂是生物燃料油加工的重要原料油。油脂植物在中国有悠久的栽培历史。中国原产的油菜（芥菜型油菜）、大豆、油桐、紫苏、油茶、漆树、香榧、山苍子、香桂等植物在古农书中均早有记载，有的栽培史在 5 000 年以上，国外引入的花生、芝麻、亚麻、蓖麻、红花子、向日葵、椰子、油棕等等，均为各地长期栽培植物。花生最早记载见于清代《三农记》，棉花见于公元前三世纪《书经·禹贡》、红花见于明代《本草纲目》、椰子见于西汉司马相如的《上林赋》、芝麻见于三国时《广雅》（袁剑秋，1996a，1996b）。这些油脂植物与人类的生存生活及发展有着密切的关系。上述油脂植物，还包括核桃、八角、木棉、黄楝子、车梁木、文冠果、桂木（光皮树）、海棠子、乌桕等，均为我国历史上的重要油脂栽培植物。这些植物除少量用于工业用途外，均为人类的食用油。这些食用油，公认的优质植物油主要有向日葵油、大豆油、玉米油、橄榄油、花生油、核桃油、芝麻油、茶油等。常用植物油有菜油等，能作食用油的还有棉子油、亚麻子油、油棕油、油菜油、椰油、香榧子油、黄楝子油、文冠果油、桂子油等（袁剑秋，1996a，1996b）。中国食用油消耗总需求每年约 900 万 t，在正常年景，供求缺口达 200 万 t（1997）。目前这个缺口由进口油弥补（张庆会，1997）。在这样一种供求条件下，如果我们将生物燃料油加工的原料来源定位于食用油栽培植物，是不切合实际的，至少是在食用油没有过多剩余的情况下是如此。在中国传统的油脂植物中，除去人类习惯食用的油脂种类外，还有其他油脂植物和富含挥发油植物所生产的油料，这些油料在人类生活和家居中具有特殊的用途，如油桐子油、亚麻油、苏子油、蓖麻油、红花子油、乌桕子油、生漆油、山苍子油、海棠子油等。这些油有的为工业上榨用油，有的为药用油，价格昂贵且产量不高，以这些栽培种作为生物燃料油加工原料也是不经济的。中国油脂植物资源丰富，加上山地面积大，开发野生油脂植物资源前景广阔。开发野生油脂植物资源，一方面可以对能形成种子产量的油脂植物群落进行改造，并培育成燃料油植物基地；另一方面可以在野生油脂植物中进行发掘、选择、培育、集约栽培，建立燃料油植物基地（林场）。前者可作为未建立生产基地前的一种补充，后者则是提供生物燃料油原料的重要途径。因此，野生油脂植物的选择与应用是当前燃料油植物基地建设的一项十分重要的研究，也是基地建设的发展方向。

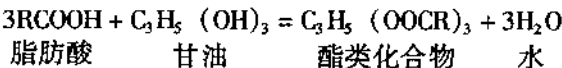
2 燃料油植物油性类型及主要成分

2.1 油性类型

燃料油植物，按油的挥发性来划分可以分为两大类，一类是油性稳定、不易挥发的油，即传统研究较多的油脂植物。这类植物油的传统用途是食用和工业用（张俊朴等，1996），它们作为燃料油研制时，要进行酯交换转化。另一类为挥发性较强的油类，称挥发油。挥发油中食有芳香物质，传统的用途是用于日用化工、医药和轻工（朱亮锋等，1988）。已发现有些挥发油和烃类可直接作为燃料油使用（石培礼等，1994）。两类油在燃料油的研究和利用上都具有很大的潜力。

2.2 油脂的主要成分

油脂是油和脂的总称。油脂是多种脂肪酸的混合甘油酯，其主要化学成分是甘油三酸酯，其次有少量的游离脂肪酸及各种非油脂物质。甘油酯是由脂肪酸和甘油化合而生成的酯类化合物，其化学反应式为：



式中 R 为烃基。

1 个甘油分子与 3 个脂肪酸分子相结合，会生成 4 种不同类型的甘油酯：

(1) 三饱和甘油酯：由 1 个甘油分子与 3 个饱和脂肪酸分子结合而成。

(2) 双饱和甘油酯：由 1 个甘油分子与 2 个饱和脂肪酸分子及 1 个不饱和脂肪酸分子结合而成。

(3) 单饱和甘油酯：由 1 个甘油分子与 1 个饱和脂肪酸分子和 2 个不饱和脂肪酸分子结合而成。

(4) 三不饱和甘油酯：由 1 个甘油分子和 3 个不饱和脂肪酸分子结合而成。油脂主要由脂肪酸构成，同时还含有少量的非甘油酯物质，如游离脂肪酸及其衍生物、磷脂、甾醇、类胡萝卜素、长链脂肪烃、油溶性纤维，以及其他一些特殊成分等。脂肪酸主要由碳、Q 氢、氧组成。天然的脂肪酸中，由于碳原子的数量和相互作用方式的不同，形成各种类别的脂肪酸。至今为止，已发现的脂肪酸达 300 多种（张俊朴等，1996）。在种子植物中常见的有 37 种（中国油脂植物编辑委员会），见表 2.1。

表 2.1 37 种常见脂肪酸名称及顺序

中 文 名	英 文 名
辛酸,八碳烷酸	octanoic acid
癸酸,十碳烷酸	decanoic acid
月桂酸,十二碳烷酸	dodecanoic acid
肉豆蔻酸,十四碳烷酸	tetradecanoic acid
棕榈酸,十六碳烷酸	hexadecanoic acid
硬脂酸,十八碳烷酸	octadecanoic acid

续表 2.1

中 文 名	英 文 名
花生酸,二十碳烷酸	eicosanoic acid
山嵛酸,二十二碳烷酸	docosanoic acid
木焦油酸,二十四碳烷酸	tetracosanoic acid
十碳烯-4c-酸	dec-4c-enoic acid
十二碳烯酸	dodecenoic acid
十四碳烯酸	tetradecenoic acid
十六碳烯酸	hexadecenoic acid
岩芹酸,十八碳烯-6c-酸	octadec-6c-enoic acid
油酸,十八碳烯-9c-酸	octadec-9c-enoic acid
二十碳烯酸	eicosenoic acid
芥酸,二十二碳烯-13c-酸	docos-13c-enoic acid
二十二碳烯酸	docosenoic acid
神经酸,二十四碳烯-15c-酸	tetracos-15c-enoic acid
十四碳二烯-5,8-酸	tetradeca-5,8-dienoic acid
十六碳二烯酸	hexadecadienoic acid
十八碳二烯-5c,9c-酸	octadeca-5c,9c-dienoic acid
亚油酸,十八碳二烯-9c,12c-酸	octadeca-9c,12c-dienoic acid
二十碳二烯酸	eicosadienoic acid
十八碳三烯-5,9,12-酸	octadeca-5,9,12-trienoic acid
异亚麻酸,r-亚麻酸,十八碳三烯-6,9,12-酸	octadeca-6,9,12-trienoic acid
牦牛酸,十八碳三烯-9c,11c,12c-酸	octadeca-9c,11c,12c-trienoic acid
桐酸,十八碳三烯-9c,12c,15c-酸	octadeca-9c,11c,13c-trienoic acid
亚麻酸,十八碳三烯-9c,12c,15c-酸	octadeca-9c,12c,15c-trienoic acid
二十碳三烯-5c,11c,14c-酸	Eicosa-5c,11c,14c-trienoic acid
山梅炔酸,十八碳烯-11c-炔-9-酸	octadec-11c-en-9-ynoic acid
蓖麻酸,12-羟基-十八碳烯-9c-酸	12-hydroxy-octadec-9c-enoic acid
马桑酸,13-羟基-十八碳二烯-9c,11c-酸	13-hydroxy-octadec-9c,11t-sienoic acid
粗糠柴酸,18-羟基-十八碳三烯-9c,11c,13t-酸	18-hydroxy-octadec-9c,11t,13t-sienoic acid
付大风子酸,环戊烯-2-十一烷酸	11-cyclopent-2-enyl-n-undecanoic acid
晁模酸,环戊烯-2-十三烷酸	13-cyclopent-2-enyl-n-tridecanoic acid
告尔酸,环戊烯-2-十三碳烯-6-酸	13-cyclopent-2-enyl-tridec-6-enoic acid

脂肪酸可以分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸。组成油脂的饱和脂肪酸大多含有偶数碳原子。分子比较小的饱和脂肪酸有挥发性。饱和脂肪酸的通式为 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$, 其碳链是饱和的。植物油脂中常见的饱和脂肪酸有癩酸、月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸和硬脂酸。植

物油脂中所含的脂肪酸大多属于不饱和脂肪酸。不饱和脂肪酸主要包括 C_{10} 到 C_{22} 的脂肪酸，绝大多数为偶碳原子的直链分子，性质不稳定，易与氢、氧、溴、碘等元素起化学反应。主要成分有油酸、亚油酸、亚麻酸、岩芹酸和芥子酸等。除饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸以外，还有环状脂肪酸、羟基脂肪酸及一些特殊结构的脂肪酸等。

2.3 挥发油与主要成分

挥发油具有挥发性，有香味（或刺激性气味），主要由含碳原子数小的脂肪酸及衍生物、烯类、烃类、酮类、醇类、醛类等分子的有机化合物组成，其成分十分复杂，资料上记载的已达 800 多种。一种植物的芳香油所含的成分就达 40 种以上，但其中有一至数种为主要成分。在挥发油中，主要的油类有樟脑油、芳樟醇油、桉叶油、黄樟油、山苍子油、柠檬酸油、柏木脑油、柏木油、薄荷脑油、薄荷油、丁香罗勒油、广藿香油、麝香草油、松节油、香茅油、香茅醇油、香茅醛油、八角茴香油等。这些油都已成为市场上流通的商品。挥发油容易气化，易燃。

3 燃料油植物种类

至今为止，能作为燃料油使用的种类有：

3.1 桉树油

桉树油 (*Eucalyptol oil*) 可经过工业提取，从桉属植物的干、枝、叶中获得。桉树枝叶含挥发油和不挥发性油高达 6.6% ~ 8.7%。桉树油主要成分为 10 碳烯酸 ($C_{10}H_{18}O_2$)。桉树油可以作为内燃机的燃料。

3.2 黑皂油

黑皂油是一种亚热带野生植物油，该植物生长于西南地区山地。黑皂油化学组成为碳 77.14%，氢 11.8% 及氧 11.6%。它的高、低热值分别为 3 997.2 kJ/kg，37 576.5 kJ/kg。

3.3 烃 类

从含类似烃类物质的植物中提取烃类生物燃料油，可替代柴油使用。富含类似烃类物质的植物有续随子 (*Euphorbia lathyris*) 和绿玉树 (*Euphorbia tirucalli*) 及大戟科的一些植物。

3.4 醇 类

醇类可从油料植物的种子中直接获得，也可通过木纤维发酵获得。前者如菲律宾山区的一种“柴油树”——汉加树，果实含酒精 15%，可直接用于内燃机燃烧，果实一年三熟。

3.5 单脂类

从油料植物中提取脂肪酸，对脂肪酸进行酯交换，转化为单脂，用于内燃机和柴油机燃料。

4 燃料油植物种类资源特征与分布

4.1 种类资源及其在分类单位中的分布

根据作者在“九五”期间科技攻关研究结果,登记查明的燃料油植物种(包括种和变种)共151科697属1554种(程树祺,1998)。为了分析这些种属资源及其在分类单位中的分布,这次选择其中含油量及成分资料俱全的种146个科671属1468种燃料油植物资料进行了整理、分析,将具有可燃烧特性的植物油(称可燃性油)列为燃料油的对象,并将含有可燃烧特性植物油的种称为燃料油植物,并进行登记。登记内容包括科、属、种的分布、起源、生活型、含油部位与含油量、油的种类与油组成成分,以及资料的来源,并据此编制了“燃料油植物及其特性表”。根据目前的研究水平,所选择的燃料油植物是其中的少数种类。但是,随着生物燃料油研究的深入和利用水平的提高,作为生物燃料油加工的原料油和燃料油植物种类肯定会不断增加。因此,该表将含有可燃性油的植物作为燃料油植物进行统计,是生物对燃料油研究及燃料油植物种类的选择,是一种资源贮备。

要开发利用燃料油植物,首先要弄清楚可以生产这类油的植物的种类资源量及其分布特性。为直观明了地分析这个问题,制成表4.1。

表 4.1 油脂和挥发油植物

科 名	属数 种类	含脂肪酸植物 种名(种数)	含挥发油或芳香油(精油) 植物种名(种数)
1. 银杏科	1:1	银杏。(1种)	银杏。(1种)
2. 松科	8:43	杉松、铁坚油杉、云南油杉、油杉、落叶松、兴安落叶松、日本落叶松、黄 花落叶松、云杉、华北落叶松、鱼鳞 云杉、红皮云杉、新疆云杉、华山松、 白皮松、湿地松、红松、马尾松、新疆 五针松、樟子松、油松、黑松、云南 松、金钱松、红杉、赤松、华南五针 松、欧洲赤松、西黄松、北美乔松、铁 杉、黄山松。(32种)	日本冷杉、雪松、华山松、湿地松、 火炬松、思茅松、红松、马尾松、新 疆五针松、油松、黑松、金钱松、赤 松、黄果冷杉、榧松、北美短叶松、 加勒比松、乔松、南亚松、欧洲黑 松、西南松、北美乔松、白皮松。 (23种)
3. 杉科	2:2	杉木。(1种)	杉木、日本柳杉。(2种)
4. 柏科	6:10	千香柏、柏木、刺柏、侧柏、圆柏、高 山柏、叉子圆柏。(7种)	柏木、刺柏、侧柏、圆柏、高山柏、 叉子圆柏、日本花柏、日本扁柏、 杜松。(9种)
5. 罗汉松科	2:4	陆均松、长叶竹柏、竹柏。(3种)	罗汉松。(1种)
6. 粗榧科	1:3	三尖杉、粗榧、水油松。(3种)	—
7. 红豆杉科	2:3	红豆杉、南方红豆杉、香榧。(3种)	—
8. 木兰科	6:25	天女花、武当木兰、仁昌木莲、海南 木莲、毛桃木莲、黄兰、含笑、香子含	黄兰、含笑花、玉兰、紫花玉兰、白 兰、云南含笑、望春花、厚朴、凹叶

续表 4.1-1

科 名	属数 种类	含脂肪酸植物 种名(种数)	含挥发油或芳香油(精油) 植物种名(种数)
		笑、长蕊含笑、火力楠、深山含笑、合果、观光木、鹅掌楸、荷花玉兰、玉兰、紫花玉兰、云南含笑、厚朴、应春树。(20种)	厚朴、滇缅厚朴、应春树。(11种)
9.八角科	1:3	莽草、八角、红茴香。(3种)	八角、红茴香。(2种)
10.五味子科	2:5	冷饭团、南五味子、五味子、华中五味子。(4种)	黑老虎、五味子。(2种)
11.樟科	13:77	毛尖树、倒卵叶黄肉楠、美脉黄肉楠、阴香、樟、云南樟、天竺桂、黄樟、岩樟、银木、乌药、三桠乌药、狭叶山胡椒、香面叶、浙江山胡椒、鼎湖钓樟、香叶树、山胡椒、团香果、黑壳楠、滇粤山胡椒、绒毛山胡椒、大果山胡椒、红果钓樟、甘榧、红脉钓樟、大香果、黑木姜子、南山木姜子、绿叶甘榧、豹皮樟、山鸡椒、三桠果叶木姜子、黄丹木姜子、清香木姜子、毛叶木姜子、潺槁木姜子、华南木姜子、假柿木姜子、香花木姜子、杨叶木姜子、木姜子、圆叶豹皮樟、滇新樟、新樟、新木姜子、鸭公树、显脉新木姜子、小新木姜子、鳄梨、楠木、贵州琼楠、厚壳桂、短序润楠、白楠、紫楠、月桂、红楠、楠木。(59种)	阴香、樟、南肉桂、卵叶桂、香桂、细毛樟、锡兰肉桂、川桂、少花桂、毛叶樟、柴桂、猴樟、湖北樟、肉桂、沉水樟、云南樟、天竺桂、黄樟、银木、乌药、三桠乌药、狭叶山胡椒、香面叶、香叶树、山胡椒、山鸡椒、清香木姜子、毛味木姜子、杨木姜子、木姜子、新樟、檫木、紫楠、大叶钓樟、月桂、刨花润楠。(36种)
12.肉豆蔻科	3:9	风吹楠、海南风吹楠、琴叶风吹楠、滇南风吹楠、假广子、红光树、小叶红光树、云南肉豆蔻、肉豆蔻。(9种)	肉豆蔻。(1种)
13.五桠果科	1:1	大花五桠果。(1种)	—
14.牛栓藤科	1:1	大叶红叶藤。(1种)	—
15.毛茛科	5:5	伏毛铁棒锤、东北铁线莲、腺毛黑种草。(3种)	大叶铁线莲、石龙芮。(2种)
16.芍药科	1:2	芍药、牡丹。(2种)	芍药。(1种)
17.小檗科	4:5	黄芦木、金花小檗、桃儿七、南天竹。(4种)	华南十大功劳。(1种)
18.木通科	3:5	白木通、猫儿屎、野木瓜、七姐妹藤、三叶木通。(5种)	—

续表 4.1-2

科 名	属数 种类	含脂肪酸植物 种名(种数)	含挥发油或芳香油(精油) 植物种名(种数)
19. 防己科	3:4	粉叶轮环藤、蝙蝠葛、海南地不容、 粪箕笃。(4种)	—
20. 马兜铃科	1:26	—	山草果、牛蹄细辛、杜衡、单叶细 辛、细辛、花叶尾花细辛、花脸细 辛、皱边细辛、福建细辛、汉城细 辛、地花细辛、灯笼细辛、苔叶细 辛、马兜铃、尾花细辛、短尾细辛、 山慈姑、汉波细辛、北细辛、鼎湖 细辛、大叶马蹄香、南川细辛、红 金耳环、紫背细辛、深绿细辛、肾 心细辛。(26种)
21. 胡椒科	1:4	—	蒟酱、胡椒、荜澄茄、荜茇。(4 种)
22. 三白草科	2:2	—	蕺菜、三白草。(2种)
23. 金粟兰科	2:2	草珊瑚。(1种)	珠兰。(1种)
24. 罂粟科	6:8	大藤铃儿草、秃疮花、博落回、小果 博落回、虞美人、白屈菜、罂粟。(7 种)	齿瓣延胡索。(1种)
25. 白花菜科	4:7	刺儿柑、变色追果藤、白花菜、黄花 菜、赤果鱼木、鱼木、六萼藤。(7 种)	—
26. 十字花科	19:46	白芥、芥蓝、油菜、紫菜苔、擘蓝、青 菜、芥菜、高油菜、大头菜、雪里蕻、 柞菜、茺青甘蓝、欧洲油菜、塌棵菜、 黑芥、甘蓝、花椰菜、卷心菜、白菜、 茺青、芝麻菜、绵果芝麻菜、菘蓝、小 花精芥、播娘蒿、独行菜、柱毛独行 菜、诸葛菜、沙芥、家独行菜、豆瓣 菜、遏蓝菜、萝卜、菜菔、兰花籽、芥 菜、葶苈、涩芥、凤花菜、桂竹香糖 芥、辣根、碎米荠、弹裂碎米荠、桂竹 香、楔叶独行菜、北美独行菜。(46 种)	芥菜、萝卜、辣根。(3种)
27. 堇菜科	1:2	—	香堇菜、紫花堇菜。(2种)
28. 远志科	1:2	瓜子金、远志。(2种)	—
29. 石竹科	2:4	石竹、狗筋蔓、瞿麦。(4种)	麝香石竹、石竹。(2种)
30. 蓼科	2:3	杜板归、酸模、皱叶香模。(3种)	—

续表 4.1-3

科 名	属数 种类	含脂肪酸植物 种名(种数)	含挥发油或芳香油(精油) 植物种名(种数)
31. 藜科	8:10	沙蓬、地肤、辽宁碱蓬、翅碱蓬、甜菜、藜、刺藜、菠菜、土荆芥、刺蓬。(10种)	藜、土荆芥。(2种)
32. 商陆科	1:1	商陆。(1种)	—
33. 苋科	4:5	牛膝、鸡冠花、紫穗苋、反枝苋、青苋。(5种)	—
34. 亚麻科	1:1	亚麻。(1种)	—
35. 蒺藜科	3:3	白刺、骆驼蓬、蒺藜。(3种)	—
36. 牻牛儿苗科	2:2	—	香叶天竺葵、牻牛儿苗。(2种)
37. 凤仙花科	1:1	凤仙花。(1种)	—
38. 半日花科	1:1	—	岩蔷薇。(1种)
39. 千屈菜科	1:2	紫薇、大花紫薇。(2种)	—
40. 柳叶菜科	1:2	月见草、待霄草。(2种)	—
41. 瑞香科	4:7	土沉香、凹叶瑞香、了哥王。(3种)	沉香、滇沉香、结香、瑞香。(4种)
42. 紫茉莉科	1:1	紫茉莉。(1种)	—
43. 山龙眼科	2:2	澳洲坚果、红叶树。(2种)	—
44. 青皮木科	2:2	蒜头果、青皮木。(2种)	—
45. 马桑科	1:1	马桑。(1种)	—
46. 海桐花科	1:3	海金子、扁片海桐、海桐。(3种)	—
47. 大风子科	3:7	印度大风子、海南大风子、麻菠萝、山桐子、毛叶山桐子、梔子皮、泰国大风子。(7种)	—
48. 西番莲科	1:2	龙珠果。(1种)	鸡蛋果。(1种)
49. 番木瓜科	1:1	番木瓜。(1种)	—
50. 葫芦科	14:32	金叶盒子草、冬瓜、节瓜、西瓜、红瓜、香瓜、菜瓜、黄瓜、笋瓜、南瓜、西葫芦、金瓜、油渣果、葫芦、棱角丝瓜、丝瓜、马蔺儿、苦瓜、木鳖、罗汉果、大叶木鳖子、南赤爬、翘子栝楼、长方子瓜楼、栝楼、金丝瓜楼、趾叶瓜楼、五角叶瓜楼、三尖栝楼、密毛栝楼、蛇瓜、盒子草。(32种)	—
51. 茶科	6:41	尾叶山茶、金花茶、红皮糙果茶、大花尖连蕊茶、柃叶连蕊茶、窄叶短柱茶、茶、糙果茶、长瓣短柱茶、岳麓连蕊茶、细叶短柱茶、西南红山茶、纯	—