

“十二五”国家重点图书出版规划项目



中国非粮生物 柴油植物

NON-FOOD BIODIESEL PLANTS OF
CHINA

主编：邢福武



中国林业出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国非粮生物 柴油植物

Non-food **Biodiesel Plants** of China

主编 邢福武

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国非粮生物柴油植物 / 邢福武主编. -- 北京 : 中国林业出版社, 2018.8

ISBN 978-7-5038-9698-9

I. ①中… II. ①邢… III. ①生物能源—柴油—植物—介绍—中国 IV. ①Q949.93

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第182394号

中国非粮生物柴油植物

邢福武 主编

出版项目负责人：刘开运

出版发行：中国林业出版社

地 址：北京西城区德胜门内大街刘海胡同7号

电话：13901070021

Email: 377406220@qq.com

策划编辑：王 斌

责任编辑：刘开运 李春艳 张 健 吴文静 李 楠

装帧设计：广州百彤文化传播有限公司

印 刷：北京雅昌艺术印刷有限公司

开 本：635mm × 965mm 1/8

印 张：131

字 数：3600千字

版 次：2019年3月第1版 第1次印刷

定 价：1280.00元 (USD 256.99)

《中国非粮生物柴油植物》

编委会

主 编	邢福武						
副主编	李桂英	吴国江	龙春林	谢光辉	邱明华	林宏辉	王 丽
	刘 演	刘正宇	郑宝江	尹林克	田怀珍	严岳鸿	廖文波
	易清风	陈功锡	张 征	陈连江	干友民	李晓东	邓云飞
	陈红锋	曾庆文	王发国	秦新生	张荣京	周劲松	刘东明
	易绮斐	曹 毅	董安强	王 鹏	李冬琳		
编 委	朱丽君	郑希龙	于海玲	王 琳	王爱华	王喆旻	马晓东
	王美娜	杨 国	陈树钢	潘雅书	翟俊文	宁阳阳	叶心芬
	武艳芳	叶自慧	叶 文	叶琦君	戴建阅	徐 蕾	林铎清
	丁晓龙	付 琳	赵秀芳	谢 聪	严慧玲	李玉玲	李仕裕
	杨东梅	李西贝阳	陈 林	何春梅	胡普炜	李许文	孟玉芳
	代色平	陈灿敏	陈伟光	唐小清	唐春艳	董运常	童 毅
	卞 勇	潘 伟	韩宝强	孙飞达	徐兴友	詹立军	崔 龙
	李志强	李星霖	徐 亮	罗伟聪	何祖霞	黄玉滢	薛 帅
	王继师	侯翼国	王 茜	詹立军	李 康	刘慧娟	扈 顺
	程志全	刘巧霞	刘晓波	宫庆彬	王亚平	秦 烁	郭利磊
	王 智	唐贵华	李忠荣	林真光	张国学	乔 琦	张 莎
	袁晓初	周菁婧	邓双文	胡晓敏	赵珊珊	负健全	饶显龙
	何蓉蓉	阮 琳	薛克娜	谭家得	刘贵才	汪晓丽	

参加野外考察人员

班卫强	卞 勇	曹弈璘	曾 凤	曾庆文	陈 畅	陈丰林
陈功锡	陈红锋	陈华平	陈纪云	陈 洁	陈连江	陈 林
陈 明	陈士强	陈树钢	陈 雅	陈永峰	程志全	迟盛南
储昭福	崔 龙	戴建阅	邓 星	邓星光	丁广洲	丁时东

董安强	董全英	凡 强	樊云川	范深厚	付 琳	干友民
葛斌杰	宫庆彬	古丽米热	谷志容	桂 萍	郭利磊	郭伦发
韩宝强	韩保强	韩孟奇	何诗阳	何祖霞	侯翼国	胡 超
胡光万	胡 亮	胡普炜	胡仁传	胡晓敏	扈 顺	黄巧琴
黄 茹	黄俞淞	黄玉滢	贾海伦	姜凤琴	蒋日红	金梦阳
景慧娟	孔凡奎	孔凡逵	李丹凤	李宏亮	李宏庆	李 康
李朋远	李晓东	李星霖	李仕裕	李许文	李玉玲	李志强
李忠荣	梁 耀	廖文波	廖云标	林春蕊	林铎清	林意漫
刘东明	刘恩乾	刘慧娟	刘 静	刘 平	刘巧霞	刘清泉
刘小波	刘旭丽	刘正宇	龙春林	罗曼曼	吕仕洪	孟 腾
孟玉芳	宁阳阳	农东新	潘 昊	潘 磊	潘 伟	潘雅书
潘云云	彭日成	钱凯歌	秦 烁	秦新生	邱明华	饶显龙
桑洪伟	宋贤利	隋学艺	孙飞达	孙 键	覃三立	谭 英
唐 波	唐贵华	陶 林	田海晨	田怀珍	童 毅	王爱华
王发国	王 欢	王继师	王 凯	王 蕾	王 琳	王美娜
王 鹏	王 茜	王 双	王喜勇	王亚平	王跃虎	王 智
危文亮	吴 磊	吴望辉	吴阳晨	武艳芳	武振江	夏 纯
肖 艳	肖智勇	谢 聪	谢光辉	谢 行	谢开骥	谢 鑫
谢彦军	邢福武	熊申展	徐基平	徐 蕾	徐 亮	徐兴友
许为斌	薛 帅	严亚玲	严亚琴	严岳鸿	杨大伟	杨 国
杨金财	杨 珺	杨林森	杨晓丽	姚文倩	叶晓霞	叶心芬
易绮斐	于海玲	咎艳燕	翟俊文	詹立军	张 兵	张代贵
张 迪	张国学	张 洁	张九兵	张荣京	张 爽	张云强
赵大克	赵富伟	赵万义	赵伟华	赵永国	郑宝江	郑希龙
周建军	周 明	周喜乐	朱明德	朱群英	朱运喜	
邢福武	秦新生	张荣京	郑希龙	严岳鸿	王发国	王 斌
李泽贤	易绮斐	刘东明	田怀珍	童 毅	卞 勇	潘 伟
韩宝强	孙飞达	徐兴友	詹立军	崔 龙	李志强	李星霖
徐 亮	何祖霞	黄玉滢	薛 帅	王继师	侯翼国	王 茜
詹立军	李 康	刘慧娟	扈 顺	程志全	刘巧霞	刘晓波
宫庆彬	王亚平	秦 烁	郭利磊	王 智	唐贵华	李忠荣
张国学	王少平	朱 强	叶华谷	周厚高	黄少华	

摄 影

前言

FOREWORD

能源是现代社会赖以生存和发展的基础，化石能源的日益枯竭和人类对能源需求不断增加的矛盾日渐突出，能源危机成为制约人类社会可持续发展的瓶颈和当代能源战争的根源。我国油气等矿产资源严重短缺，后备资源储备不足，资源利用效率低下，已成为国民经济健康发展的重大瓶颈。开发利用可再生资源，减少经济发展对石油的依赖，具有十分重要的战略意义。我国人口多，人均耕地面积少，粮食资源紧张，大规模利用耕地来生产能源植物不现实。因此，筛选非粮柴油能源植物，做到不与粮争地，不与民争粮，结合生态恢复，充分利用荒山荒地成为可持续开发能源植物的关键。

当前生物柴油的研究已是世界科研的焦点，世界各国纷纷根据本国国情选择合适的油脂原料生产生物柴油，大多采用植物油脂制取生物柴油。油脂微生物具有资源丰富、油脂含量高、生长周期短、碳源利用谱广、不受气候限制等特点，易于实现大规模生产。加快微生物油脂发酵技术创新和产业化进程，可为我国未来生物柴油产业化和油脂化工行业的健康发展提供保障。现代生物技术的发展使油脂微生物的研究技术不断趋向成熟。

我国可用来发展生物柴油的非粮柴油能源植物和相关微生物的种类、分布范围、贮藏量和利用价值的家底不清楚是限制我国生物质资源产业发展的关键因素之一。通过对非粮柴油能源植物和相关生物资源的调查，掌握我国能源植物资源状况，筛选有发展前途优良高效能源植物及相关微生物进行产业化的前期研究，对于生物质能源产业发展具有极为重要的指导意义。

因此，国家非常重视能源植物的基础研究，在“十一五”期间的国家科技基础性工作专项中对“我国非粮能源植物与微生物调查、收集与保存”项目进行立项资助，项目由中国科学院华南植物园牵头，组织全国19家对能源植物具有研究基础的科研、教学单位共100多人，组成研究团队，从2009年至2014年，分赴我国31个省（自治区、直辖市）812个县市，进行共1300余次野外调查；范围涉及我国的热带、亚热带、西南高山、温带等所有气候区。采集能源植物达2250多种，标本15000份，拍摄照片30000多张，采集、分离和保存能源微生物菌种639株；同时采集化学测试能源植物6500份，其中有近1780种能源植物为国内首次测定；同时建立了4个能源植物种质资源圃和1个微生物菌种保存库，收集、迁地保存非粮柴油能源植物1359多种；建立我国“非粮柴油能源植物和相关微生物数据库”，做到资源共享；编辑出版《中国非粮生物柴油植物》一书，发表论文110篇，申请专利7个，培养学科带头人、业务骨干一批，培养研究生75人。

项目全面开展我国非粮柴油能源植物和相关微生物资源调查，摸清了我国非粮柴油能源植物和能源微生物的种类、资源量、分布，并测定其化学成分及含量，获得大量科学基础数据。研究表明，我

国非粮生物柴油能源植物多样性明显, 含油率20%以上的种类共有1510种, 隶属于138科672属。其中含油量高且种类多的科主要有樟科、蔷薇科、大戟科、山茶科、卫矛科、葫芦科、木兰科、十字花科。从我国非粮生物柴油能源植物地理分布的特点看, 物种数量较多的10个省区依次是: 广西、云南、广东、四川、湖南、贵州、湖北、江西、福建和浙江。其中广西、云南、广东、四川、湖南、贵州6个省区是中国非粮生物柴油能源植物的分布中心。这与我国南方地区气候温润, 热量资源丰富, 降雨量充沛的气候优势有关。我国不同气候带的非粮生物柴油能源植物含油量、脂肪酸成分、十六烷值等差异不大; 碘值差异相对显著, 以高原高山气候带的最高。非粮生物柴油能源植物物种丰富度随经、纬度增加而减少; 在海拔600~1200m丰富度最大; 物种的丰富度还受气候因子, 特别是相对湿度、年均温、年降雨量、1月均温、7月均温等影响较大。

本项目首次构建我国非粮生物柴油原料植物的经济可行性评价体系和非粮生物柴油原料植物的油脂适用性评价标准。筛选出具有潜在发展前景的中国非粮生物柴油能源植物193种, 涵盖了蔷薇科、樟科、豆科、木兰科、山茶科、大戟科、芸香科、无患子科等。这些种类可为进一步筛选优质高效的能源植物资源、建立能源植物在我国不同地域的繁育和生产基地、开展创新种质, 优化规模种植及加工生产体系、建立完善的生物质能源转化的应用理论体系和技术集成, 提高生物质能源的品级, 实现大规模商业化应用生物质能源奠定基础。项目研究成果还可以有利于农村产业结构的调整, 增加农民和林业工人的收入, 解决部分农村剩余劳动力的转移, 对保障能源安全、保护生态环境、促进我国经济社会发展, 将产生重要和深远的影响。

本书以本项目调查所得的标本、图片和基础数据为依据, 并参考前人在我国生物柴油和油脂植物所发表的相关文献资料整理而成。共收录我国非粮生物柴油植物151科877属2406种(包括种下分类群, 其中含油率达20%以上, 或虽然含油率低但其具有十分重要的经济价值的种类均置于前面作详细介绍, 其余的种类均置于附录中作简要介绍)。记载了每种生物柴油植物的中文名(别名)、学名(包括异名)、性状、花果期、采集人、采集地点、生境、海拔、国内外分布、栽培技术、用途、含油和测定部位、含油率及化学组分数据等。本书科的排列, 裸子植物的排列按郑万钧1975年系统, 被子植物按恩格勒1964年的系统, 少数类群按最新研究成果稍作调整; 属、种则按拉丁字母顺序排列。书中分布一栏详细记录了含油器官的采集地, 在该种化学组分数据表中对应收录了该号材料的化学组分。本书所用代号: OFPC代表资料引自《中国油脂植物》一书。单位缩写: 中国科学院华南植物园(SCBG); 中国科学院昆明植物所(KMIB); 中国科学院武汉植物园(WHBG); 中山大学(SYSU); 中国农科院(CAAS); 中国农科院作物科学研究所(ICS); 中国农科院油料作物研究所(OCRI); 中国农科院甜菜研究所(SBRI); 中国科学院新疆生态与地理研究所(XIEG); 中国科学院林业土壤研究所(IAE); 中国科学院成都生物研究所(CIB); 中国科学院云南热带植物研究所(XTBG); 中国科学院植物研究所(IB); 中国农业大学(CAU); 广州中医药大学(GUCM); 吉首大学(JSU); 广西植物研究所(GXIB); 华南农业大学(SCAU); 华东师范大学(ECNU); 仲恺农业工程学院(ZUAE); 东北林业大学(NEFU); 四川大学(SCU); 四川农业大学(SICAU); 西南民族大学(SWUN); 重庆市药物种植研究所(CIPP); 河南农大(HNAU); 内蒙古农业大学(IMAU); 湖南农业大学(HAU); 湖南科技大学(HUST); 河北科技师范学院(HNUST); 江西庐山植物园(LBG); 江苏省植物研究所(JSIB); 西北植物研究所(NIB)。本书所用化学符号见表1。

表1 油脂中常见脂肪酸成分

化学符号	化学名		俗名		化学式
	中文	英文	中文	英文	
8:0	辛酸	octanoic	羊脂酸	caprylic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{COOH}$
10:0	癸酸	decanoic	羊蜡酸	capric	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_8 - \text{COOH}$
12:0	十二烷酸	dodecanoic	月桂酸	lauric	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$
14:0	十四烷酸	tetradecanoic	肉豆蔻酸	myristic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{12} - \text{COOH}$
16:0	十六烷酸	hexadecanoic	棕榈酸	palmitic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$
18:0	十八烷酸	octadecanoic	硬脂酸	stearic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$
20:0	二十烷酸	eicosanic	花生酸	arachidic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{18} - \text{COOH}$
22:0	二十二烷酸	docosanoic	山嵛酸	behenic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{20} - \text{COOH}$
24:0	二十四烷酸	tetracosanoic	木焦油酸	lignoceric	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{22} - \text{COOH}$
16:1(9c)	十六碳烯-9c-酸	hexadeca-9c-enoic	棕榈油酸	palmitoleic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
18:1(9c)	十八碳烯-9c-酸	octadeca-9c-enoic	油酸	oleic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
18:1(11c)	十八碳烯-11c-酸	octadeca-11c-enoic	异油酸	isooleic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_9 - \text{COOH}$
20:1(9c)	二十碳烯-9c-酸	eicos-9c-enoic	花生油酸	gadoleic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_9 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
22:1(13c)	二十二碳烯-13c-酸	docos-13c-enoic	芥酸	erucic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_{11} - \text{COOH}$
24:1(15c)	二十四碳烯-15c-酸	tetracos-15c-enoic	神经酸	nervonic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_{13} - \text{COOH}$
18:2(9c, 12c)	十八碳烯-9c, 12c-酸	octadeca-9c, 12c-dienoic	亚油酸	linoleic	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - (\text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2)_2 - (\text{CH}_2)_6 - \text{COOH}$
18:3(9c, 12c, 19c)	十八碳烯-9c, 12c, 19c-酸	octadeca-9c, 12c, 19c-trienoic	亚麻脂	linolein	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - (\text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2)_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{COOH}$

本书的出版将为我国能源植物的基础研究，以及可再生能源植物的开发利用提供翔实的基础资料，可供能源行业研究和从业人员、大专院校师生和能源植物爱好者参考使用。

本书所采用的标本资料和化学组分数据主要来自本项目各专题的野外采集和实验测试所得，在2008—2013年间，先后共有197人参加了野外考察；42人参加了化学测试工作。在编写和出版的过程中得到国家科技部、中国科学院，以及主持和参与单位的大力支持；本书的部分照片得到刘冰、陈彬、徐晔春、于胜祥、谭运洪、叶喜阳、童毅、刘军、林秦、朱仁斌等专家的补充完善。在此，谨向为本书的资料收集、编辑和出版工作做出贡献的单位和个人表示衷心的感谢！作者在编写的过程中力求资料完整，资料应用准确，但由于参加单位多，收录的种类多，时间紧迫，疏漏甚至错误之处在所难免，望各位读者谅解并提出宝贵意见。

刘福成

2018年7月29日

目录

CONTENTS

G1. 苏铁科 CYCADACEAE.....	11	34. 石竹科 CARYOPHYLLACEAE.....	111
G2. 银杏科 GINKGOACEAE.....	12	36. 藜科 CHENOPODIACEAE.....	112
G4. 松科 PINACEAE.....	13	37. 苋科 AMARANTHACEAE.....	116
G5. 杉科 TAXODIACEAE.....	29	40. 木兰科 MAGNOLIACEAE.....	119
G6. 柏科 CUPRESSACEAE.....	31	44. 番荔枝科 ANNONACEAE.....	135
G7. 罗汉松科 PODOCARPACEAE.....	38	46. 肉豆蔻科 MYRISTICACEAE.....	143
G8. 三尖杉科 CEPHALOTAXACEAE.....	41	48. 五味子科 SCHISANDRACEAE.....	146
G9. 红豆杉科 TAXACEAE.....	43	49. 八角科 ILLICIAEAE.....	149
G10. 麻黄科 EPHEDRACEAE.....	46	54. 蜡梅科 CALYCANTHACEAE.....	152
G11. 买麻藤科 GNETACEAE.....	47	56. 樟科 LAURACEAE.....	154
2. 杨梅科 MYRICACEAE.....	49	57. 莲叶桐科 HERNANDIACEAE.....	209
3. 胡桃科 JUGLANDACEAE.....	50	62. 毛茛科 RANUNCULACEAE.....	210
8. 桦木科 BETULACEAE.....	57	63. 小檗科 BERBERIDACEAE.....	214
9. 山毛榉科 FAGACEAE.....	63	65. 木通科 LARDIZABALACEAE.....	218
10. 马尾树科 RHOIPTLEACEAE.....	77	66. 防己科 MENISPERMACEAE.....	223
11. 榆科 ULMACEAE.....	78	70. 胡椒科 PIPERACEAE.....	225
12. 杜仲科 EUCOMMIACEAE.....	89	71. 金粟兰科 CHLORANTHACEAE.....	226
13. 桑科 MORACEAE.....	90	73. 马兜铃科 ARISTOLOCHIACEAE.....	226
14. 荨麻科 URTICACEAE.....	96	76. 五桠果科(第伦桃科) DILLENACEAE.....	227
15. 山龙眼科 PROTEACEAE.....	98	77. 芍药科 PAEONIACEAE.....	228
16. 铁青树科 OLACACEAE.....	102	81. 猕猴桃科 ACTINIDIACEAE.....	230
18. 山柚子科(山柑科) OPILIACEAE.....	103	86. 山茶科 THEACEAE.....	231
20. 檀香科 SANTALACEAE.....	104	90. 藤黄科 GUTTIFERAE.....	256
25. 蓼科 POLYGONACEAE.....	106	95. 罂粟科 PAPAVERACEAE.....	262
26. 商陆科 PHYTOLACCACEAE.....	110	96. 白花菜科 CAPPARIDACEAE.....	265

97. 十字花科 BRASSICACEAE.....	268	157. 冬青科 AQUIFOLIACEAE.....	532
102. 金缕梅科 HAMAMELIDACEAE.....	285	160. 卫矛科 CELASTRACEAE.....	539
107. 虎耳草科 SAXIFRAGACEAE	290	161. 省沽油科 STAPHYLEACEAE.....	562
111. 海桐花科 PITTOSPORACEAE	293	163. 翅子藤科 HIPPOCRATEACEAE	566
115. 蔷薇科 ROSACEAE.....	296	165. 黄杨科 BUXACEAE.....	566
119. 豆科 LEGUMINOSAE	349	166. 茶茱萸科 ICACINACEAE.....	567
含羞草亚科 MIMOSOIDEAE	349	168. 鼠李科 RHAMNACEAE.....	569
苏木亚科 CAESALPINIOIDEAE	355	169. 葡萄科 VITACEAE	581
蝶形花亚科 PAPILIONOIDEAE.....	366	171. 杜英科 ELAEOCARPACEAE	589
127. 蒺藜科 ZYGOPHYLLACEAE.....	411	173. 锦葵科 MALVACEAE	596
128. 亚麻科 LINACEAE.....	413	174. 椴树科 TILIACEAE	602
130. 大戟科 EUPHORBIACEAE.....	414	176. 梧桐科 STERCULIACEAE	608
131. 交让木科 DAPHNIPHYLLACEAE	452	181. 瑞香科 THYMELAEACEAE	614
132. 芸香科 RUTACEAE	455	182. 胡颓子科 ELAEAGNACEAE	617
134. 苦木科 SIMAROUBACEAE.....	480	183. 大风子科 FLACOURTIACEAE.....	620
136. 橄榄科 BURSERACEAE	483	186. 旌节花科 STACHYURACEAE.....	624
137. 楝科 MELIACEAE	485	190. 西番莲科 PASSIFLORACEAE	625
144. 马桑科 CORIARIACEAE.....	494	199. 番木瓜科 CARICACEAE	626
145. 漆树科 ANACARDIACEAE	494	203. 葫芦科 CUCURBITACEAE	626
146. 槭树科 ACERACEAE.....	506	204. 千屈菜科 LYTHRACEAE	645
147. 伯乐树科(钟萼木科) BRETSCHNEIDERACEAE ..	513	207. 桃金娘科 MYRTACEAE.....	646
148. 无患子科 SAPINDACEAE.....	514	212. 野牡丹科 MELASTOMATAACEAE.....	649
149. 七叶树科 HIPPOCASTANACEAE.....	527	214. 使君子科 COMBRETACEAE	650
150. 清风藤科 SABIACEAE.....	529	215. 柳叶菜科 ONAGRACEAE.....	653
153. 凤仙花科 BALSAMINACEAE	531	221. 八角枫科 ALANGIACEAE.....	654

223. 珙桐科 DAVIDIACEAE	656	270. 爵床科 ACANTHACEAE.....	788
224. 山茱萸科 CORNACEAE	657	271. 胡麻科 PEDALIACEAE.....	789
226. 五加科 ARALIACEAE	666	279. 车前草科 PLANTAGINACEAE.....	790
227. 伞形科 UMBELLIFERAE/APIACEAE.....	673	280. 忍冬科 CAPRIFOLIACEAE	790
231. 杜鹃花科 ERICACEAE.....	678	284. 桔梗科 CAMPANULACEAE	804
235. 紫金牛科 MYRSINACEAE.....	680	291. 菊科 COMPOSITAE /ASTERACEAE	806
236. 报春花科 PRIMULACEAE	686	302. 百合科 LILIACEAE	817
238. 山榄科 SAPOTACEAE.....	687	308. 石蒜科 AMARYLLIDACEAE.....	826
239. 肉实树科 SARCOSPERMATAACEAE.....	692	312. 薯蓣科 DIOSCOREACEAE.....	827
240. 柿科 EBENACEAE /DIOSPYRACEAE	692	314. 鸢尾科 IRIDACEAE	829
241. 安息香科 STYRACACEAE	694	322. 鸭跖草科 COMMELINACEAE.....	831
243. 山矾科 SYMPLOCACEAE	705	330. 禾本科 GRAMINEAE/ POACEAE	831
245. 木犀科 OLEACEAE	711	331. 棕榈科 PALMAE/ ARECACEAE	832
246. 马钱科 LOGANIACEAE.....	721	333. 天南星科 ARACEAE.....	843
250. 夹竹桃科 APOCYNACEAE	723	338. 莎草科 CYPERACEAE.....	844
251. 萝藦科 ASCLEPIADACEAE.....	728	339. 芭蕉科 MUSACEAE	846
252. 茜草科 RUBIACEAE.....	729	340. 姜科 ZINGIBERACEAE.....	846
255. 旋花科 CONVOLVULACEAE.....	745		
257. 紫草科 BORAGINACEAE	747	附录.....	849
259. 马鞭草科 VERBENACEAE.....	749		
261. 唇形科 LABIATAE/LAMIACEAE.....	758		
263. 茄科 SOLANACEAE.....	776		
266. 玄参科 SCROPHULARIACEAE	786		
268. 紫葳科 BIGNONIACEAE	787		

“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国非粮生物 柴油植物

Non-food Biodiesel Plants of China

主编 邢福武

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国非粮生物柴油植物 / 邢福武主编. -- 北京 : 中国林业出版社, 2018.8

ISBN 978-7-5038-9698-9

I. ①中… II. ①邢… III. ①生物能源—柴油—植物—介绍—中国 IV. ①Q949.93

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第182394号

中国非粮生物柴油植物

邢福武 主编

出版项目负责人：刘开运

出版发行：中国林业出版社

地 址：北京西城区德胜门内大街刘海胡同7号 电话：13901070021 Email: 377406220@qq.com

策划编辑：王 斌

责任编辑：刘开运 李春艳 张 健 吴文静 李 楠

装帧设计：广州百彤文化传播有限公司

印 刷：北京雅昌艺术印刷有限公司

开 本：635mm × 965mm 1/8

印 张：131

字 数：3600千字

版 次：2019年3月第1版 第1次印刷

定 价：1280.00元 (USD 256.99)

《中国非粮生物柴油植物》

编委会

主 编	邢福武						
副主编	李桂英	吴国江	龙春林	谢光辉	邱明华	林宏辉	王 丽
	刘 演	刘正宇	郑宝江	尹林克	田怀珍	严岳鸿	廖文波
	易清风	陈功锡	张 征	陈连江	干友民	李晓东	邓云飞
	陈红锋	曾庆文	王发国	秦新生	张荣京	周劲松	刘东明
	易绮斐	曹 毅	董安强	王 鹏	李冬琳		
编 委	朱丽君	郑希龙	于海玲	王 琳	王爱华	王喆旻	马晓东
	王美娜	杨 国	陈树钢	潘雅书	翟俊文	宁阳阳	叶心芬
	武艳芳	叶自慧	叶 文	叶琦君	戴建阅	徐 蕾	林铎清
	丁晓龙	付 琳	赵秀芳	谢 聪	严慧玲	李玉玲	李仕裕
	杨东梅	李西贝阳	陈 林	何春梅	胡普炜	李许文	孟玉芳
	代色平	陈灿敏	陈伟光	唐小清	唐春艳	董运常	童 毅
	卞 勇	潘 伟	韩宝强	孙飞达	徐兴友	詹立军	崔 龙
	李志强	李星霖	徐 亮	罗伟聪	何祖霞	黄玉滢	薛 帅
	王继师	侯翼国	王 茜	詹立军	李 康	刘慧娟	扈 顺
	程志全	刘巧霞	刘晓波	宫庆彬	王亚平	秦 烁	郭利磊
	王 智	唐贵华	李忠荣	林真光	张国学	乔 琦	张 莎
	袁晓初	周菁婧	邓双文	胡晓敏	赵珊珊	负健全	饶显龙
	何蓉蓉	阮 琳	薛克娜	谭家得	刘贵才	汪晓丽	

参加野外考察人员

班卫强	卞 勇	曹弈璘	曾 凤	曾庆文	陈 畅	陈丰林
陈功锡	陈红锋	陈华平	陈纪云	陈 洁	陈连江	陈 林
陈 明	陈士强	陈树钢	陈 雅	陈永峰	程志全	迟盛南
储昭福	崔 龙	戴建阅	邓 星	邓星光	丁广洲	丁时东

董安强	董全英	凡 强	樊云川	范深厚	付 琳	干友民
葛斌杰	宫庆彬	古丽米热	谷志容	桂 萍	郭利磊	郭伦发
韩宝强	韩保强	韩孟奇	何诗阳	何祖霞	侯翼国	胡 超
胡光万	胡 亮	胡普炜	胡仁传	胡晓敏	扈 顺	黄巧琴
黄 茹	黄俞淞	黄玉滢	贾海伦	姜凤琴	蒋日红	金梦阳
景慧娟	孔凡奎	孔凡逵	李丹凤	李宏亮	李宏庆	李 康
李朋远	李晓东	李星霖	李仕裕	李许文	李玉玲	李志强
李忠荣	梁 耀	廖文波	廖云标	林春蕊	林铎清	林意漫
刘东明	刘恩乾	刘慧娟	刘 静	刘 平	刘巧霞	刘清泉
刘小波	刘旭丽	刘正宇	龙春林	罗曼曼	吕仕洪	孟 腾
孟玉芳	宁阳阳	农东新	潘 昊	潘 磊	潘 伟	潘雅书
潘云云	彭日成	钱凯歌	秦 烁	秦新生	邱明华	饶显龙
桑洪伟	宋贤利	隋学艺	孙飞达	孙 键	覃三立	谭 英
唐 波	唐贵华	陶 林	田海晨	田怀珍	童 毅	王爱华
王发国	王 欢	王继师	王 凯	王 蕾	王 琳	王美娜
王 鹏	王 茜	王 双	王喜勇	王亚平	王跃虎	王 智
危文亮	吴 磊	吴望辉	吴阳晨	武艳芳	武振江	夏 纯
肖 艳	肖智勇	谢 聪	谢光辉	谢 行	谢开骥	谢 鑫
谢彦军	邢福武	熊申展	徐基平	徐 蕾	徐 亮	徐兴友
许为斌	薛 帅	严亚玲	严亚琴	严岳鸿	杨大伟	杨 国
杨金财	杨 珺	杨林森	杨晓丽	姚文倩	叶晓霞	叶心芬
易绮斐	于海玲	咎艳燕	翟俊文	詹立军	张 兵	张代贵
张 迪	张国学	张 洁	张九兵	张荣京	张 爽	张云强
赵大克	赵富伟	赵万义	赵伟华	赵永国	郑宝江	郑希龙
周建军	周 明	周喜乐	朱明德	朱群英	朱运喜	
邢福武	秦新生	张荣京	郑希龙	严岳鸿	王发国	王 斌
李泽贤	易绮斐	刘东明	田怀珍	童 毅	卞 勇	潘 伟
韩宝强	孙飞达	徐兴友	詹立军	崔 龙	李志强	李星霖
徐 亮	何祖霞	黄玉滢	薛 帅	王继师	侯翼国	王 茜
詹立军	李 康	刘慧娟	扈 顺	程志全	刘巧霞	刘晓波
宫庆彬	王亚平	秦 烁	郭利磊	王 智	唐贵华	李忠荣
张国学	王少平	朱 强	叶华谷	周厚高	黄少华	

摄 影

前言

FOREWORD

能源是现代社会的生存和发展的基础，化石能源的日益枯竭和人类对能源需求不断增加的矛盾日渐突出，能源危机成为制约人类社会可持续发展的瓶颈和当代能源战争的根源。我国油气等矿产资源严重短缺，后备资源储备不足，资源利用效率低下，已成为国民经济健康发展的重大瓶颈。开发利用可再生资源，减少经济发展对石油的依赖，具有十分重要的战略意义。我国人口多，人均耕地面积少，粮食资源紧张，大规模利用耕地来生产能源植物不现实。因此，筛选非粮柴油能源植物，做到不与粮争地，不与民争粮，结合生态恢复，充分利用荒山荒地成为可持续开发能源植物的关键。

当前生物柴油的研究已是世界科研的焦点，世界各国纷纷根据本国国情选择合适的油脂原料生产生物柴油，大多采用植物油脂制取生物柴油。油脂微生物具有资源丰富、油脂含量高、生长周期短、碳源利用谱广、不受气候限制等特点，易于实现大规模生产。加快微生物油脂发酵技术创新和产业化进程，可为我国未来生物柴油产业化和油脂化工行业的健康发展提供保障。现代生物技术的发展使油脂微生物的研究技术不断趋向成熟。

我国可用来发展生物柴油的非粮柴油能源植物和相关微生物的种类、分布范围、贮藏量和利用价值的家底不清楚是限制我国生物质资源产业发展的关键因素之一。通过对非粮柴油能源植物和相关微生物资源的调查，掌握我国能源植物资源状况，筛选有发展前途优良高效能源植物及相关微生物进行产业化的前期研究，对于生物质能源产业发展具有极为重要的指导意义。

因此，国家非常重视能源植物的基础研究，在“十一五”期间的国家科技基础性工作专项中对“我国非粮能源植物与微生物调查、收集与保存”项目进行立项资助，项目由中国科学院华南植物园牵头，组织全国19家对能源植物具有研究基础的科研、教学单位共100多人，组成研究团队，从2009年至2014年，分赴我国31个省（自治区、直辖市）812个县市，进行共1300余次野外调查；范围涉及我国的热带、亚热带、西南高山、温带等所有气候区。采集能源植物达2250多种，标本15000份，拍摄照片30000多张，采集、分离和保存能源微生物菌种639株；同时采集化学测试能源植物6500份，其中有近1780种能源植物为国内首次测定；同时建立了4个能源植物种质资源圃和1个微生物菌种保存库，收集、迁地保存非粮柴油能源植物1359多种；建立我国“非粮柴油能源植物和相关微生物数据库”，做到资源共享；编辑出版《中国非粮生物柴油植物》一书，发表论文110篇，申请专利7个，培养学科带头人、业务骨干一批，培养研究生75人。

项目全面开展我国非粮柴油能源植物和相关微生物资源调查，摸清了我国非粮柴油能源植物和能源微生物的种类、资源量、分布，并测定其化学成分及含量，获得大量科学基础数据。研究表明，我

国非粮生物柴油能源植物多样性明显，含油率20%以上的种类共有1510种，隶属于138科672属。其中含油量高且种类多的科主要有樟科、蔷薇科、大戟科、山茶科、卫矛科、葫芦科、木兰科、十字花科。从我国非粮生物柴油能源植物地理分布的特点看，物种数量较多的10个省区依次是：广西、云南、广东、四川、湖南、贵州、湖北、江西、福建和浙江。其中广西、云南、广东、四川、湖南、贵州6个省区是中国非粮生物柴油能源植物的分布中心。这与我国南方地区气候温润，热量资源丰富，降雨量充沛的气候优势有关。我国不同气候带的非粮生物柴油能源植物含油量、脂肪酸成分、十六烷值等差异不大；碘值差异相对显著，以高原高山气候带的最高。非粮生物柴油能源植物物种丰富度随经、纬度增加而减少；在海拔600~1200m丰富度最大；物种的丰富度还受气候因子，特别是相对湿度、年均温、年降雨量、1月均温、7月均温等影响较大。

本项目首次构建我国非粮生物柴油原料植物的经济可行性评价体系和非粮生物柴油原料植物的油脂适用性评价标准。筛选出具有潜在发展前景的中国非粮生物柴油能源植物193种，涵盖了蔷薇科、樟科、豆科、木兰科、山茶科、大戟科、芸香科、无患子科等。这些种类可为进一步筛选优质高效的能源植物资源、建立能源植物在我国不同地域的繁育和生产基地、开展创新种质，优化规模种植及加工生产体系、建立完善的生物质能源转化的应用理论体系和技术集成，提高生物质能源的品级，实现大规模商业化应用生物质能源奠定基础。项目研究成果还可以有利于农村产业结构的调整，增加农民和林业工人的收入，解决部分农村剩余劳动力的转移，对保障能源安全、保护生态环境、促进我国经济社会发展，将产生重要和深远的影响。

本书以本项目调查所得的标本、图片和基础数据为依据，并参考前人在我国生物柴油和油脂植物所发表的相关文献资料整理而成。共收录我国非粮生物柴油植物151科877属2406种（包括种下分类群，其中含油率达20%以上，或虽然含油率低但其具有十分重要的经济价值的种类均置于前面作详细介绍，其余的种类均置于附录中作简要介绍）。记载了每种生物柴油植物的中文名（别名）、学名（包括异名）、性状、花果期、采集人、采集地点、生境、海拔、国内外分布、栽培技术、用途、含油和测定部位、含油率及化学组分数据等。本书科的排列，裸子植物的排列按郑万钧1975年系统，被子植物按恩格勒1964年的系统，少数类群按最新研究成果稍作调整；属、种则按拉丁字母顺序排列。书中分布一栏详细记录了含油器官的采集地，在该种化学组分数据表中对应收录了该号材料的化学组分。本书所用代号：OFPC代表资料引自《中国油脂植物》一书。单位缩写：中国科学院华南植物园（SCBG）；中国科学院昆明植物所（KMIB）；中国科学院武汉植物园（WHBG）；中山大学（SYSU）；中国农科院（CAAS）；中国农科院作物科学研究所（ICS）；中国农科院油料作物研究所（OCRI）；中国农科院甜菜研究所（SBRI）；中国科学院新疆生态与地理研究所（XIEG）；中国科学院林业土壤研究所（IAE）；中国科学院成都生物研究所（CIB）；中国科学院云南热带植物研究所（XTBG）；中国科学院植物研究所（IB）；中国农业大学（CAU）；广州中医药大学（GUCM）；吉首大学（JSU）；广西植物研究所（GXIB）；华南农业大学（SCAU）；华东师范大学（ECNU）；仲恺农业工程学院（ZUAE）；东北林业大学（NEFU）；四川大学（SCU）；四川农业大学（SICAU）；西南民族大学（SWUN）；重庆市药物种植研究所（CIPP）；河南农大（HNAU）；内蒙古农业大学（IMAU）；湖南农业大学（HAU）；湖南科技大学（HUST）；河北科技师范学院（HNUST）；江西庐山植物园（LBG）；江苏省植物研究所（JSIB）；西北植物研究所（NIB）。本书所用化学符号见表1。