



中国木本能源植物资源研究丛书

中国能源植物 栎类的研究

王 涛 李 凌 厉月桥 等 著
李迎超 于海燕 王利兵



中国林业出版社

中国木本能源植物资源研究丛书

中国能源植物栎类的研究

王 涛 李 凌 厉月桥 李迎超 于海燕 王利兵 等 著

中国林业出版社

内 容 简 介

本书是木本能源植物栎类蒙古栎、辽东栎、栓皮栎、麻栎的研究工作成果之一,本书在对我国4种重要的栎类植物资源进行全面调查的基础上,确定了这4种重要栎类的分布范围,分析了4种栎的分布规律,根据资源量进行了4种栎的区划,对这4种栎的种子表型和淀粉含量进行了分析,构建了蒙古栎和辽东栎的优良单株综合性状评价体系,对天然群体类型进行了划分,筛选得到了蒙古栎和辽东栎的部分优良单株,对我国栓皮栎生产燃料乙醇的潜力进行了分析,研究了麻栎对重金属镉和铅的生理耐性及吸收累积特性,探讨了栎属植物在土壤重金属污染修复中的利用潜力,提出了4种栎的育苗和栽培技术规程,为我国栎类生态能源林的发展奠定了基础,具有重要的理论和实践指导价值。

本书可供林业、农业、生物质能源、环境保护等领域的大专院校师生、科研院所研究人员、各级管理部门工作人员和广大基层工作者参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中国能源植物栎类的研究 / 王涛等著. —北京: 中国林业出版社, 2014. 10

(中国木本能源植物资源研究丛书)

ISBN 978-7-5038-7693-6

I. ①中… II. ①王… III. ①栎属—研究 IV. ①S792.18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 238318 号

中国林业出版社·自然保护图书出版中心

责任编辑: 张 锴

出 版发行: 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

网 址: [//lycb.forestry.gov.cn](http://lycb.forestry.gov.cn)

电 话: 010-83143533

印 刷: 三河市祥达印刷包装有限公司

版 次: 2014 年 12 月第 1 版

印 次: 2014 年 12 月第 1 次

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 16.25

字 数: 350 千字

定 价: 68.00 元

深切怀念我们的导师
——敬爱的王涛院士

王涛院士简介



王涛(1936.6—2011.8)，中国工程院院士，中国林业科学研究院首席科学家，中国林学会副理事长。她长期从事森林培育、社会林业工程和生物质能源的研究与开发工作。作为第一完成人先后获国家科技进步奖特等奖，林业部科技进步奖特等奖等8项国家科技奖励，在国际上获6个国家和国际组织的12项奖励，出版编、著学术著作42部。

《中国木本能源植物资源研究丛书》编委会

主 编：王 涛

副主编：张伯林 于海燕

编 委：陈 放 张志翔 李昌珠 刘 云 李 凌
林善枝 徐 莺 蒋丽娟 厉月桥 李迎超
侯新村 牟洪香 吴志庄 敖 妍 王利兵
秦兆宝

中国木本能源植物资源研究丛书

《中国能源植物黄连木的研究》

《中国能源植物文冠果的研究》

《中国能源植物麻疯树的研究》

《中国能源植物光皮树的研究》

《中国能源植物乌桕的研究》

《中国能源植物山杏的研究》

《中国能源植物栎类的研究》

《黄连木生物生态学特征及分子生物学研究》

《中国能源植物栎类的研究》编撰委员会

主要作者：王 涛 李 凌 厉月桥

李迎超 于海燕 王利兵

其他作者(按姓名汉语拼音排序)：

陈 红 涂 洪 韩 宇 何 慎 贾长荣

雷正菊 李浩文 刘炳响 马世清 邱政芳

秦伦仕 汤轶伟 汪泽军 王 君 王道金

王守利 肖 华 徐贵军 严小莉 于祎飞

张兴锐 张国伟

自序

21 世纪将面临能源问题的严峻挑战,开发利用可再生能源是事关国民经济可持续发展、国家安全和进步的重大课题。

生物质能源是可再生能源,是通过植物的光合作用固定于地球上的太阳能。据估计,植物每年贮存的能量约相当于世界主要燃料消耗的 10 倍。为了保护生态环境,减缓温室效应,世界各国对生物能源的现代化利用越来越重视。

实现生物质能源产业化,需要丰富的可再生生物质原料的供应。据统计,生物质能源制备成本的 70% 是原料成本,因此,寻求充足而廉价的原料供应,提高转化率,是生物质能源产业化的关键。

目前发展最快的生物质液体燃料产业,一是乙醇燃料;二是生物柴油。生产生物柴油的原料,美国以大豆为主,德国和其他欧盟国家主要以油菜籽为原料,日本则以每年消耗的 200 万 t 食用油所产生的 40 万 t 废油为原料。

我国人均耕地不到 0.1hm^2 ,不可能用食用粮油来生产生物柴油。我国政府已经规定了发展能源作物和生物燃料要做到“不与人争粮,不与粮争地”的原则。我国现有多种木本油料植物、淀粉植物、纤维植物,是生物质能源的优良资源,目前可利用的生物质原料资源量达 11.71 亿 t 标煤。此外,我国 1.8亿 hm^2 的林地和 1.2亿 hm^2 的宜林地,存在着广阔的能源林发展空间。结合生态建设工程因地制宜地营造生态能源林基地,既可以利用树体保护生态,又可以为生物质能源产业提供丰富的可再生原料,还可以增加农民收入,繁荣农村经济,对保障能源安全和生态安全将产生重要和深远的影响。

为了推动我国木本能源的研究与开发,为发展生物质能源提供丰富、稳定的林业生物质能源资源,充分发挥森林生态功能、碳汇功能和能源功能,使森林生态系统不仅成为我国庞大的碳汇库,而且成为可再生能源资源库,由中国林业科学研究院牵头的林业生物质能源技术研究与开发团队组织全国 33 个省级协作单位开展了木本能源资源植物调查研究、开发与加工工艺研究。10 年来,在生物质能源开发与利用研究方面先后承担了国家科技部、财政部与国家林业局等有关生物质能源的科技攻关、行业专项等项目共 25 项。通过对我国木本生物质能源资源的普查,筛选出了适宜作生物质液体燃料的木本植物黄连木(*Pistacia chinensis*)、麻疯树(*Jatropha curcas*)、光皮树(*Comus wilsoniana*)、文冠果(*Xanthoceras*

sorbifolia)、乌桕(*Sapium sebiferum*)、山杏(*Armeniaca* spp.)和栎类(*Quercus* spp.)等资源,并对其资源量、分布规律、生物学特性、商品性状及分子生物学进行了研究,在其集中分布区建立起资源基地。进行了能源植物优良性状评价指标体系的构建,选出相应的优良林分、优良类型和优良单株;进行了高产、高油、抗逆性强优良类型(或品种、品系)的选育和能源植物基因工程与生物技术育种研究,利用基因克隆和辐射诱变育种等现代生物技术手段培育新的优良品种。同时,开展了能源植物良种繁殖技术与丰产栽培技术的研究,初步提出能源植物高效培育与丰产栽培技术,建立起良种繁育基地及能源林丰产栽培示范基地。在此基础上,在其分布区范围内,根据不同的立地条件进行了良种的区域化试验及丰产栽培技术体系的建立。

本书是木本能源植物栎类的研究工作成果之一。研究团队通过数年的调查与研究,旨在为栎类生态能源林的建设提供借鉴,也为栎类能源林的发展奠定坚实的基础。

A stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to the author or a reviewer, positioned above the date.

2010 年 12 月

前 言

能源是社会经济发展的动力。21 世纪, 能源短缺是摆在全人类面前的一个大问题。目前化石能源的有限和导致的环境恶化迫使人类开始不断探索开发新能源资源。而能源植物, 尤其是木本生物质能源植物因资源丰富, 具有可持续发展性及其生态绿化保护意义, 开始得到全球的广泛关注。

2011 年 11 月, 联合国粮农组织在第二届亚太林业周期间举办了“亚太地区木本生物质能源: 机遇和挑战”的大会, 与会的许多国家代表均认为发展生物质能源是一项具有重要现实意义的工作。对能源植物, 尤其木本能源植物的研究及开发利用的发展趋势已经变得不可阻挡。

我国科学家在木本生物质能源资源植物的研究中做了大量工作, 2000 年开始, 在中国林业科学研究院首席科学家、中国工程院院士王涛的协调领导下, 30 余个省级单位共同协作完成了我国生物质能源资源的全面普查。对生物质能源资源进行了分类调查研究, 良种选育, 高效培育与丰产栽培技术研究, 建立资源基地、良种示范基地等, 同时进行了相关配套生产工艺的研究, 初步建立起了林业生物质能源资源生产、加工一体化产业链。

能源植物开发和利用过程中, 以木质纤维素、半纤维素转化生产生物燃料乙醇的关键技术尚未完全解决, 成本居高不下。而富含糖或淀粉类的能源植物转化生物乙醇具有生产成本低、工艺流程简单、技术成熟的特点。因此, 糖基或淀粉基材料成为了目前世界各国生产生物液体燃料的主要原料。我国在富含糖或淀粉的能源植物开发利用方面, 重点利用的仍是玉米(*Zea mays*)、甜高粱(*Sorghum dochna*)、薯类、甘蔗等, 由于这些一二年生的作物必须利用农田进行栽植, 会与粮棉争地, 发展空间受到了很大限制。而木本淀粉能源植物资源分布面积大, 耐瘠薄, 可在荒山荒坡种植, 不仅可充分利用边际土地, 还具有很好的保护生态环境的特点, 但目前对于此类能源植物的开发利用研究较少。

截至目前, 能源植物, 尤其是木本能源植物的发展仍存在很多问题。我国幅员辽阔、地形复杂, 木本能源植物种类丰富, 但多集中在其自然分布区, 利用不便且易造成自然分布区生态破坏, 同时会消耗较多人力物力, 增加利用成本。因此, 要高效实现最大限度地利用木本能源植物, 首先要实现木本能源植物的生产化、规模化种植, 实现能源植物的高产高效, 降低成本从而推动其利用。

壳斗科(Fagaceae)栎属(*Quercus* L.)有300余种常绿或落叶乔木,分布广、抗性强、耐瘠薄。本书研究的蒙古栎、辽东栎、栓皮栎和麻栎均为壳斗科栎属植物,在我国分布广泛,种类繁多,群体较大。栎属植物的种子富含淀粉,可作为重要的木本液体生物质能源树种酿制乙醇。

蒙古栎、辽东栎、栓皮栎和麻栎在中国分布广泛,资源量大,作为木本淀粉能源植物合理开发利用有着天然优势和巨大的应用潜力,但也存在着产量低下、病虫害严重等诸多问题,研究基础严重不足。主要存在以下问题:

(1)关于我国这4种栎类植物资源分布的研究,主要为《中国森林》、《中国树木志》及各地树木志、植物志和一些公开发表文献资料的概述、研究。这些资料分散、时间跨度大,部分观点不尽相同,缺乏对我国这4种重要栎类资源的详细系统研究,分布规律不清楚、资源本底不翔实。

(2)这4种栎类植物分布广泛、所处环境多样,种内遗传分化很大。这4种栎类植物的表型性状、等位酶、光合生理特性以及苗期生长性状的地理变异情况等都有研究报道,但作为木本淀粉能源植物,种子品质是十分重要的指标,这4种栎类植物的种子表型、淀粉含量地理变异以及种子表型性状、淀粉含量和原产地地理生态因子间相关关系研究,尚未见详细的报道。

(3)这4种栎类植物多处于野生状态,良种水平低下,良种选育研究仅限于对天然群体变异的初步分析或以用材等为目的的种源试验研究阶段,而以结实为目的的良种选育工作尚未开始。

(4)栎类树种结实规律不明确,林分产量低下,大小年现象明显、病虫害严重也是生产中普遍存在的问题。摸清栎类植物的开花结实规律,探讨配套丰产栽培技术措施,也是需要解决的问题。

(5)栎类树种目前阶段综合利用程度不高,各地均处于群众自发生产状态,加工工艺落后,尚未实现对栎实规模化、集约化开发利用,造成了巨大浪费。因此,加大对这4种栎类植物的综合开发利用,发展以生物燃料乙醇为主,综合开发利用相结合的模式,才能最大限度地把这4种栎属植物的资源优势转化为经济优势。

综上所述,可见栎类作为木本生物质能源树种的基础研究工作严重不足,完全不能满足生产发展的需要,一系列研究工作显得十分迫切。王涛院士领导的研究团队近年对栎类作为木本生物质能源树种的一系列问题进行了系统深入的研究探索,通过对我国这4种重要栎类的资源调查,摸清了这4种栎类的具体分布范围、分布规律、资源现状,找出了将4种栎类作为生物质能源林发展的最适宜地区,并以丰产、优质、抗逆性强及易收获作为特征,构建了优良单株的评价体系,对栎类的优良单株进行了评价选择,力争加快栎类良种化进程,还对4种栎

类的生物学、对土壤重金属污染的修复潜力、育苗和丰产栽培技术进行了全面系统的研究,解决了生产中存在的实际问题,具有重要的现实意义。

《中国木本能源植物栎类的研究》是王涛院士领导下的工作团队近年的工作成果之一。王先生倾注了大量心血构思、协调和领导了我国木本能源植物资源的研究,在木本能源树种一系列资源调查、区划、研究结果的分析测试等工作中,先生始终高度关注。不幸的是恩师因病于2010年底入院治疗,2011年8月先生永远离开了我们。此书是先生主编的“中国木本能源植物研究丛书”中的一本,作为学生,我们希望此书能为科研和基层林业工作者以及相关科研院所师生提供帮助,并以此书纪念我们最敬爱的导师王涛院士。

在本书的野外试验和调查中,黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、北京、河南、陕西、甘肃、湖南等省(自治区、直辖市)的相关单位的同志给予了大力的协助和无私帮助,中国林业科学研究院林业研究所的同志也给予了热情的支持,在此表示衷心的感谢!

本书的出版得到了科技部“十二五”科技支撑项目“生物质液体燃料资源植物品种选育和丰产栽培技术示范”(2011BAD22B08)和林业公益性行业科研专项“新型木本生物质能源资源培育及开发利用研究”(201004001)的资助,在此表示感谢!

由于作者水平有限,书中的不足之处,敬请读者批评指正!

李 凌 厉月桥 李迎超 于海燕 王利兵

2014年1月

目 录

绪 论	1
第一章 四种栎属植物的生物学特性及分布	5
第一节 蒙古栎的生物学特性及分布	5
第二节 辽东栎的生物学特性及分布	6
第三节 栓皮栎的生物学特性与分布	6
第四节 麻栎的生物学特性与分布	8
第二章 四种栎属植物的资源调查与区划	10
第一节 资源调查的范围与方法	10
第二节 蒙古栎与辽东栎在我国的分布规律	15
第三节 蒙古栎和辽东栎的资源分布与区划	18
第四节 栓皮栎和麻栎在我国的分布规律	30
第五节 栓皮栎和麻栎的资源分布与区划	34
第三章 四种栎属植物的种子表型性状与淀粉含量变异分析	42
第一节 不同种源蒙古栎种子表型性状与淀粉含量变异	42
第二节 不同种源辽东栎种子表型性状与淀粉含量变异	48
第三节 栓皮栎不同种源种子表型与营养成分的变异	51
第四节 不同种源麻栎种子表型与营养成分的变异	59
第四章 蒙古栎与辽东栎优良单株和优良类型选择	67
第一节 选优区域概况	67
第二节 研究方法	68
第三节 结果与分析	70
第四节 小结	83
第五章 中国栓皮栎生产燃料乙醇的潜力及其空间分布	84
第一节 研究方法	85
第二节 结果与分析	87
第三节 小结	90
第六章 栎属植物与土壤重金属污染的修复	92
第一节 栎属植物与土壤重金属污染修复的研究现状	92

第二节	麻栎一年生苗对 $\text{Cd}^{2+} - \text{Pb}^{2+}$ 复合污染的生理耐性	93
第三节	麻栎一年生苗对重金属元素 Cd 和 Pb 的累积特性	117
第四节	麻栎二年生苗对 $\text{Cd}^{2+} - \text{Pb}^{2+}$ 复合污染的生理耐性	127
第五节	麻栎二年生苗对重金属 Cd^{2+} 和 Pb^{2+} 的累积特性	138
第六节	结论	143
第七章	四种栎属植物的幼苗生长特征与育苗和丰产栽培技术	146
第一节	蒙古栎与辽东栎幼苗生长规律与生物量特征	146
第二节	不同种源及播种密度下麻栎幼苗生长特性	151
第三节	蒙古栎的育苗和丰产栽培技术规程	161
第四节	辽东栎采种育苗和栽培抚育规程	170
第五节	栓皮栎的育苗和造林技术	174
第六节	麻栎的育苗及丰产栽培技术规程	178
参考文献		192
附录		213

绪 论

能源是现代社会必不可缺的物质基础。随着社会的发展,世界各国对能源的依赖性迅速增加。但是人们对煤、石油、天然气等不可再生能源的过度开采,已导致了全球能源的严重匮乏和危机。而且由于矿物能源的大量使用所造成的环境污染、大气 CO₂ 浓度升高以及全球气候变暖等问题,已成为今天迫切需要解决的问题(Vlachos D G 等, 2010; Bittermann H J, 2007; 王莉衡, 2010; 丁声俊, 2010; Koh L P 等, 2008; Nuttall W J 等, 2008)。随着社会经济发展,目前我国已成为世界第二大能源消费国,石油进口依赖度已超过总消费量的 1/3(方升佐等, 2006)。预计到 2020 年我国石油需求总量将达到 4.5 亿 t, 其中 2.5 亿 t 将依赖于进口。届时,能源短缺将成为制约我国经济社会持续稳定发展的瓶颈。因此,为了阻止能源短缺形势的进一步扩大、保护环境和应对全球气候变化,积极地寻求可再生清洁替代能源,已经成为世界各国能源领域研究的热点(王涛, 2005; Bugaje I M, 2006; Sin H Y, 2010; Yanbin L 等, 2011; McAlpine G, 2001; Ajayi O O, 2009; Okoro O I 等, 2004; Wang S 等, 2011; Rofiqul I M 等, 2008; Amjid S S 等, 2011; Filgueiras A 等, 2003; Nzila C 等, 2010; Zoulis E 等, 2007; Meher K S 等, 2008; Akella A 等, 2009; Meng X 等, 2009; Lund H 等, 2007, 2009; Johnstone N 等, 2010; Baroudi J A 等, 2007; Hepbasli A, 2008; De Vries B J M 等, 2007; Jensen S H 等, 2007; Hossain A 等, 2008; Hoogwijk M 等, 2008)。

生物质能源作为重要的可再生能源,具有清洁、无污染和可再生的特点。开发和利用生物质能源已成为世界能源可持续发展战略的重要内容(吴方卫等, 2009)。近年来该行业不断受到各国重视,并掀起了以甘蔗(*Saccharum officinarum*)、谷物、甜菜(*Beta vulgaris*)、油菜(*Brassica napus*)等为主要原料生产燃料乙醇、生物柴油的工业化热潮(Balat M 等, 2009; Goldemberg J, 2007; Solomon B D 等, 2007; Tyner W E 等, 2008; Fang X 等, 2010),但由此引发的粮食短缺对世界粮食安全产生了很大影响。特别是在中国人多地少,耕地资源紧缺,粮食供求处于紧平衡,以玉米等为原料的生物质能源的发展空间受到了极大的限制。因此,为保证粮食安全,生物质能源原料的多元化势在必行(Baker J M 等, 2009; Pimentel D 等, 2009; Keeney D, 2008; Morris M 等, 2006; Harvey M 等,

2011)。

能源植物是指一年生或多年生植物,其栽培目的是生产液体、固体或气体能源材料(Bassam N E, 1998)。能源植物种类主要包括三大类:一是富含糖类和淀粉类能源植物,可经生物降解后,直接用于生产生物燃料乙醇;二是富含油脂类能源植物,其脂肪酸经酯化生成生物柴油;三是富含木质纤维素类能源植物,先经纤维素水解过程,生成糖后再转化为生物乙醇,或直接用于生产固体颗粒燃料和用于发电(谢光辉等, 2008)。

能源植物的开发利用起始于 20 世纪 70 年代,美国加州大学卡尔文博士在成功筛选出能源植物续随子和绿玉树后,该领域逐步引起人们的重视。1978 年,国际能源机构(IEA)呼吁世界各国加强能源植物国际间合作研究,为人类社会的可持续健康发展提供新型绿色能源。1981 年,肯尼亚(内罗毕)国际新能源和可再生能源会议以后,在全球掀起了研究、利用能源植物的热潮(林长松等, 2007; Kadam K L 等, 2000; Aravanopoulos F A 等, 2010; Sumathi S 等, 2008; Visser E M 等, 2011; Nilsson D 等, 2011; Kibazohi O 等, 2011; Yamada H 等, 2010; Wright L 等, 2010; Lowthe T S C 等, 2010; Kline K L 等, 2010; de Vries S C 等, 2010; Sage R F 等, 2009; İçöz E 等, 2009; Hosamani K M 等, 2009; Dodic S 等, 2009; Jasinskis A 等, 2008; Achten W M J 等, 2008; Curt M D 等, 2002; Augustus G 等, 2002; Matías J 等, 2011; Openshaw K, 2000; Rosenqvist H 等, 2000; Vande W I 等, 2007; Cheng S F 等, 2011; Frederick W J 等, 2008; Ziska L H 等, 2009; Jain B, 2000)。

到目前,美国已筛选出 200 多种能源植物,种植的面积已扩展到 10 万 hm^2 以上,产量超过 500 万 t,并确立了柳枝稷(*Panicum virgatum*)等为模式能源植物进行重点研究(Wright L, 2010)。在欧洲,法国提出了“绿色能源计划”,并采用优良树种无性系营造短轮伐期能源林(Jain B, 2000),发展能源植物。瑞典提出“能源林业”的概念,把发展能源林作为一项国策,并把 1/6 的现有林用作能源林。英国利用 8 万 hm^2 土地来专门发展能源林。日本实施了“阳光计划”,同时,建立了 5 万 m^2 的石油植物试验场,种植 15 万株能源植物,年产石油可达 100 多桶(Vande W I 等, 2007; 万泉, 2005; 谷占英, 2007)。

我国能源植物研究与开发起步比较晚,但发展速度较快。“七五”期间,四川省下达了“野生植物油作柴油代用燃料的开发应用示范”项目,四川省林科院等单位对野生小桐子(麻疯树)(*Jatropha*)的适生立地环境、栽培技术、生物柴油提取与应用等进行了深入的研究。“八五”期间,中国科学院完成了“燃料油植物的研究与应用技术”研究;湖南省完成了光皮树(*Swida wilsoniana*)制取甲酯燃料油的工艺及其燃烧特性的研究。“九五”期间,湖南省林科院完成了国家重点科

攻关项目“植物油能源利用技术”和“能源树种绿玉树(*Euphorbia tirucalli*)及其利用技术的引进”研究(费世明等, 2008; 张志国等, 2009)。“十一五”期间, 我国以“‘十一五’国家科技支撑计划农林生物质工程”的实施为标志, 对生物质能源的研究、利用已经全面展开。国内许多科研院所相继成立生物质能源研究机构, 并确立了“不与农争地, 不与粮争田, 充分利用边际土地”的发展能源植物的指导思想(程序, 2008; Guo D G 等, 2011; Li Z 等, 2010)。

从能源植物产业发展趋势来看, 要实现能源植物开发利用产业化, 需要稳定而丰富的原料供应, 原料不足是产业化受到限制的主要因素和最大瓶颈(王涛, 2005)。另一方面, 开发利用的成本问题也是限制能源植物产业化的主要问题, 只有降低成本, 才能有广阔的开发利用前景。因此, 建立能源植物基地, 提供丰富、稳定和低成本的原料供应, 是能源植物产业可持续发展的基本条件和保障(吴志庄, 2008)。

目前, 能源植物开发和利用过程中, 以木质纤维素、半纤维素转化生产生物燃料乙醇的关键技术问题尚未完全解决, 转化成本较高(Yang B 等, 2007)。而以富含糖或淀粉类能源植物转化生物乙醇具有生产成本低、工艺流程简单、技术成熟的特点。因此, 糖基或淀粉基材料是迄今为止世界各国生产生物液体燃料的主要原料(Solomon B D 等, 2007; Keeney D, 2008)。目前我国虽已成功筛选和开发出许多优良能源植物(王莉衡, 2010; Shao H 等, 2008), 但在以富含糖或淀粉能源植物开发利用方面, 重点利用的仍是玉米(*Zea mays*)、甜高粱(*Sorghum dochna*)、薯类、甘蔗等一二年生能源作物(费世明等, 2005; 张慧坚等, 2007; 黄诗铿, 2006; 石龙阁, 2007), 由于这些植物大多利用农田进行栽植, 发展空间受到了很大限制(杨善友等, 2009)。而木本淀粉能源植物资源分布面积大, 且多生长于林地内, 具有充分利用边际土地的特点, 但目前对于此类能源植物的开发利用研究较少。

壳斗科栎属有 350 种左右, 广泛分布于亚洲、非洲、欧洲和美洲。我国约 90 个种。栎属植物为落叶或常绿乔木, 稀灌木, 喜光耐旱适应性强, 种子富含淀粉, 将其作为木本淀粉类能源植物, 具有十分广阔的发展前景(谢碧霞等, 2002; 罗伟祥等, 2006)。

本书研究的栎类主要指在我国分布比较广泛的 4 种栎属植物, 分别为蒙古栎、辽东栎、栓皮栎和麻栎, 其中蒙古栎(*Quercus mongolica* Fisch)与辽东栎(*Q. liaotungensis* Koidz)是我国北方森林的主要建群种和优势种, 栓皮栎(*Q. variabilis* Blume.)与麻栎(*Q. acutissima* Carr.)是两个比较古老且地理分布很广的树种, 地跨暖温带、亚热带和热带, 常常是暖温带阔叶林区域和亚热带常绿阔叶林区域北部和中部森林群落的建群树种, 这 4 种栎在我国资源分布面积广、生态适应性