

■ 祝志勇 著



# 山桐子繁殖技术与开发利用



科学出版社  
www.sciencep.com

# 山桐子繁殖技术与开发利用

祝志勇 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书在对山桐子的研究与实践的基础上,系统概括山桐子国内外研究与实践的进展;介绍山桐子的有性繁殖技术、无性繁殖技术;总结山桐子在不同立地条件下的生长状况;探索山桐子在园林绿化中的应用及成效;分析山桐子果实油料的含量、组分及生物能源开发利用的前景;提出山桐子进一步开发利用研究的思路。

本书可作为山桐子种苗生产、生物能源林营造、生物质能源产业化等领域一线工作者参考书,同时也可作为植物资源开发利用科研工作者提供参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

山桐子繁殖技术与开发利用/祝志勇著. —北京:科学出版社,2010.6

ISBN 978-7-03-027719-0

I. ①山… II. ①祝… III. ①大风子科-繁殖-研究 ②大风子科-综合利用-研究 IV. ①Q949.759.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第094990号

责任编辑:何舒民/责任校对:刘玉靖  
责任印制:吕春珉/封面设计:北京美光制版有限公司

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>

印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2010年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2010年8月第一次印刷 印张:18 1/4 插页1

印数:1—1 000 字数:420 000

定价:46.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈 〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137154 (BZ03)

版权所有,侵权必究

举报电话:010 64030229; 010 64034315; 13501151303

## 序

当今世界，环境与能源问题是制约全球经济发展和世界稳定的两个重大问题。随着我国及世界经济的快速发展，各国政府和人们日益重视生态环境保护与建设，一方面绿化和美化环境，另一方面不断探寻化石能源的可替代新能源，以减少能源消耗过程中对环境的污染，同时化解能源危机。

林木是一种十分重要的生物质能源，而且具有清洁安全、可再生、可降解、不与农争地、不与人争粮等优点。但是，大多数能源植物尚处于野生或半野生状态，人类正在研究应用遗传育种、人工栽培或先进的生物质能转换等技术，以提高利用生物能源的效率，生产出各种清洁燃料，从而替代煤炭、石油和天然气等化石燃料，减少对矿物能源的依赖，保护国家能源资源，减轻能源消费给环境造成的污染。

近年来，世界各国，尤其是发达国家，都致力于开发高效、无污染的生物质能利用技术，以保障能源安全，实现二氧化碳减排，促进经济、社会的可持续发展。与欧美发达国家相比，我国在能源植物研究方面起步晚但发展速度较快，已进行了能源植物的资源调查、品种选育、引进栽培、种质保存、加工工艺和设备等方面的研究工作。国家林业局已将规模化培育能源林列入“十一五”林业发展规划，编制了《全国能源林建设规划》、《林业生物柴油原料林基地“十一五”建设方案》。我国木本油料树种资源十分丰富，在美国科学院推荐的适于世界不同气候带栽培的60多种优良能源树种中，几乎有一半原产于我国或我国已有引种。但目前我国生物柴油原料林基地选定的培育树种却十分有限，生物柴油转化技术相对成熟的主要有麻风树 (*Jatropha curcas* L.)、文冠果 (*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)、黄连木 (*Pistacia chinensis* Bunge) 和光皮树 (*Cornus wilsoniana* Wanger.) 等。因此，筛选和开发研究生物质原料林树种资源具有重要意义。

山桐子 (*Idesia polycarpa* Maxim.) 是大风子科山桐子属的落叶乔木。树形美观、果实艳丽，是优良的城市绿化观赏树种；树干通直、生长迅速、抗性强、材质好，是优良的用材林树种；果实含油率高，油脂成分用途广泛，又是优良的能源经济林树种。因此，山桐子是难得的融观赏、用材、能源于一身的树种，且在我国自然分布十分广泛，是值得研究和开发利用的树种之一。国内外专家学者目前对该树种的研究和实践还比较少，已有研究成果、学术论文十分有限。

《山桐子繁殖技术与开发利用》一书，是宁波城市职业技术学院祝志勇等同志十多年研究和实践的总结，从树种生物学特性、地理分布、种子处理技术、播种繁殖、无性繁殖、容器栽培、不同立地条件人工栽培、园林绿化应用、不同种源及不同季节果实含油率与组分分析等方面对山桐子进行了理论探究与实践研究，对山桐子树种的认识积累了丰富的实践经验，为山桐子树种的人工繁殖、生态应用、能源开发与利用提供了一定的理论和技术支撑，填补了国内外关于山桐子树种研究方面专著空白。俗话说“十年树木”，能源植物的研发是中长期项目，能源植物产业化切勿急功近利，因此，也希

望作者能够进一步深化山桐子其他领域的研究和实践。

在本书即将面世之际，我谨向作者表示衷心祝贺，希望这部专著能够在我国生态城市建设、生物质能源开发与利用等领域发挥应有的作用。

邵文 院士

2009年3月12日

## 前 言

山桐子 (*Idesia polycarpa* Maxim.) 是大风子科山桐子属的落叶乔木。其树皮灰白色, 不开裂, 有显著褐色皮孔; 老枝灰色, 嫩枝绿色; 叶宽卵形或卵状心形, 顶端锐尖或短渐尖, 基部心形, 长 8~25cm, 宽 5~20cm, 边缘疏生锯齿; 叶面深绿色, 背面粉白色。叶柄与叶等长, 叶柄近基部及顶部有突起的红色腺体; 圆锥花序下垂, 花黄色, 单性或杂性; 浆果球形或椭圆形, 熟时红色或橘黄色; 花期 4~5 月, 果熟 10 月, 10~11 月开始落果; 树干通直、生长迅速、适应性较强、材质轻软, 是制造家具和建筑方面的材料, 又是良好的纸浆用材; 果实成串下挂似葡萄, 入秋后红艳夺目, 是观赏绿化的优良树种; 果实含油率高, 其油为半干性油, 可食用、药用、生物柴油用等, 所以又是经济价值比较高的经济林树种。

山桐子分布范围较广, 在我国湖南、陕西、甘肃、四川、安徽、江西、山东、福建、贵州、浙江、云南等省均有分布, 浙江省宁波、龙泉、庆元、松阳、丽水、临安、宁海、天台、雁荡山等地山区, 在海拔 300~1200m 山坡、山谷两侧疏林或林缘有零星分布。国外, 日本、韩国、朝鲜、俄罗斯等远东地区也有分布。因此, 山桐子是一个抗逆性和适应性较强、生长速度快的树种, 能在我国 10 多个省份的平原、山地等立地条件推广应用。其主要应用领域至少有三个方面:

第一, 山桐子树形可与优良观赏树种马褂木媲美, 且山桐子果实鲜红艳丽, 挂果期长, 具有独特的观赏效果, 可作为园林绿化优良树种。

第二, 山桐子适应性强, 生长速度快, 其材质可广泛用于建筑、家具制造、造纸等领域, 可作为优良的人工造林绿化用材林树种。

第三, 山桐子果实及种子富含油脂, 油脂成分多样化, 可分别用于医药、食品及生物质能源等领域, 可作为优良的木本能源树种。

20 世纪 80 年代, 国内有少数专家学者对山桐子种子处理、果实含油量进行初步研究, 但此后近 20 年里, 很少有关于山桐子研究的成果、文章的报道。作者于 1998 年 11 月从浙江四明山一株山桐子母树上采种, 于次年 3 月播种, 进行预备性试验。同时作者依托 2000 年至 2004 年主持的宁波市农业与社会发展科技攻关项目“野生山桐子育苗和人工栽培技术研究及开发”, 2004 年至 2008 年主持的宁波市农业与社会发展科技攻关项目“容器控根培育园林苗木技术研究及推广应用”, 适当拓展了项目研究的内容和深度, 如着重从山桐子种子特性、播种繁殖、无性繁殖(枝条与根扦插)、山桐子生物学特性、容器栽培、不同立地环境条件下栽培的适应性、城市园林绿化应用等几方面进行初步研究和探索, 积累了一定的资料和经验。

随后, 有幸参加江苏省林业科学研究院梁珍海、蒋泽平主持的国家林业局 948 项目“山桐子树种优良种质资源及培育技术引进”的研究工作, 项目组引进了日本种源山桐子, 并开展了系统研究, 对山桐子生物学特性、组织培养技术等新领域又有了新的认识。

此后，作者又有幸得到邀请参加浙江亚热带作物研究所卢翔主持的浙江温州科技局下达的“木本油料山桐子良种选育、栽培技术研究及示范”项目的合作研究，特别是对不同种源山桐子果实含油量及油脂成分的研究及认识得到进一步提高。

期间作者还陆续与四川阳明集团、浙江奉化三十六弯园林苗圃等山桐子开发利用企事业单位进行多次的交流与合作，积累了山桐子生产实践的经验。

回首这些年对山桐子的研究和实践，作者拟通过本书概括山桐子国内研究与实践的进展；总结山桐子的有性繁殖技术、无性繁殖技术；总结山桐子在不同立地条件下的生长状况；探索山桐子在园林绿化中的应用及成效；分析山桐子果实油料的含量、组分及生物质能源开发利用的前景，以及提出山桐子开发利用进一步研究的思路。由此，愿通过本书为山桐子的开发与利用做一点点有益的工作。

作为茫茫世界万千树种之一的山桐子，不知不觉已经伴随我 10 余年，真是一种缘分。然而，对一个树种的全面认识，涉及植物学、生态学、种苗学、造林学、生物化学、工程学等领域，犹如我们对一个人的认识一样，不是一朝一夕可以期望达到的。何况本人学识有限，能力也有限，难以在各个领域对山桐子进行深入的探究。十分幸福的是在这期间，有这么多的老师、朋友给予无私的帮助和支持，他们是江苏林业科学研究所的梁珍海、蒋泽平、刘根林、季永华研究员，浙江大学宁波理工学院的王强教授，浙江亚热带作物研究所的卢翔先生，宁波城市职业技术学院的王志龙、吴立威副教授，林乐静女士；还有四川阳明集团的白晋桦先生、奉化三十六弯苗圃的傅建波总经理、天童林场的王良衍场长，还有许许多多的学生们。他们在组织培养技术、生物质提取、营林生产实践、生物学特性观测等领域给予了极大的帮助。在此一并表示由衷的感谢！

在本书编写过程中还引用或参考了相关领域的国内外文献，特别是得到了四川大学宋航教授及其团队，西北农林科技大学李周歧教授及其团队，四川林业科学研究院研究员莫开林、张正香等，河南农业大学袁志良教授等的热情帮助。参考文献分别列于各章正文之后，在此向文献作者和关心支持本书出版的领导、同志们致以真诚的谢意！

在本书即将出版之际又能够得到中国工程院丁德文院士百忙之中拨冗赐序，实感荣幸之极，谨向丁德文院士表示衷心的感谢！

本书的出版得到宁波城市职业技术学院领导的关怀，并给予出版资助，感谢学校的支持！

山桐子全面开发利用还有许多有待进一步深化研究和实践的工作需要做，如种子休眠的机制、山桐子优良种源的选育及无性体系构建、山桐子人工林营造与管理技术集成、油脂的提取与转换技术等，本书仅仅是起抛砖引玉的作用。由于本人水平有限，书中错漏不当之处望各位同行学者给予殷切批评和指正。

祝志勇

2010 年于浙江宁波

# 目 录

序

前言

第一章 山桐子植物资源与开发利用概述	1
第一节 大风子科植物分类及研究概况	1
一、大风子科植物分类	1
二、大风子科研究历史及现状	2
第二节 山桐子基本特征	3
一、山桐子形态特征	3
二、山桐子分类	4
第三节 山桐子研究概况	5
一、山桐子的生物学特性及其应用	5
二、山桐子的生态学研究	5
三、山桐子果实和种子化学成分的研究与分析	6
四、山桐子的繁殖与栽培技术研究	6
五、山桐子燃烧性研究	7
六、山桐子优良种源的引进与选育研究	7
七、山桐子油料开发与利用研究	8
第四节 山桐子开发与利用前景	9
一、城市生态建设需要	9
二、造林绿化需要	9
三、苗木产业发展需要	9
四、生物质能源的需要	10
参考文献	10
第二章 山桐子地理分布	12
第一节 山桐子国内分布	13
一、杭州地区	13
二、天目山地区	13
三、宁波地区	13
四、温州地区	13
五、昌化地区	14
六、丽水地区	14
七、南京地区	15
八、黄山地区	15
九、台北地区	15

---

十、宜昌地区 .....	15
十一、奉节地区 .....	16
十二、利川地区 .....	16
十三、通山地区 .....	16
十四、咸宁地区 .....	16
十五、崂山地区 .....	17
十六、乳源地区 .....	17
十七、乐昌地区 .....	17
十八、仁化地区 .....	18
十九、怀集地区 .....	18
二十、连南地区 .....	18
二十一、上饶地区 .....	18
二十二、铅山地区 .....	18
二十三、庐山地区 .....	18
二十四、武宁地区 .....	19
二十五、武功山地区 .....	19
二十六、德兴地区 .....	19
二十七、井冈山地区 .....	20
二十八、临桂地区 .....	20
二十九、全州地区 .....	20
三十、文山地区 .....	20
三十一、绥阳地区 .....	21
三十二、梵净山地区 .....	21
三十三、毕节地区 .....	21
三十四、印江地区 .....	21
三十五、济源地区 .....	21
三十六、云山地区 .....	21
三十七、新宁地区 .....	22
三十八、洪江地区 .....	22
三十九、永顺地区 .....	22
四十、桑植地区 .....	22
四十一、永兴地区 .....	23
四十二、广元地区 .....	23
四十三、青川地区 .....	23
四十四、天全地区 .....	23
四十五、万源地区 .....	24
四十六、沐川地区 .....	24
四十七、重庆地区 .....	24
四十八、秦岭地区 .....	24

四十九、华安地区 .....	24
五十、南溪地区 .....	24
第二节 山桐子国外分布 .....	25
一、日本 .....	25
二、韩国 .....	26
三、朝鲜 .....	26
参考文献 .....	26
<b>第三章 山桐子种子（实）生产与处理 .....</b>	<b>27</b>
第一节 山桐子结实基本规律 .....	27
一、山桐子实生苗结实的年龄 .....	27
二、山桐子结实大小年现象 .....	27
三、影响山桐子结实的主要因子 .....	28
第二节 山桐子果实的采集 .....	29
一、山桐子种子成熟过程 .....	29
二、山桐子果实采集 .....	30
三、山桐子果实性状的自然变异及类型划分 .....	32
第三节 山桐子种子的调制 .....	34
一、山桐子种实脱粒 .....	34
二、山桐子净种 .....	35
三、山桐子种子干燥 .....	35
第四节 山桐子种子休眠特性 .....	35
一、种子休眠一般特性 .....	36
二、山桐子种子休眠原因分析 .....	36
第五节 山桐子种子处理方法 .....	36
一、种子催芽的原理 .....	37
二、山桐子种子处理方法实践与研究 .....	37
参考文献 .....	39
<b>第四章 山桐子播种苗繁殖技术 .....</b>	<b>40</b>
第一节 山桐子播种前准备 .....	40
一、山桐子育苗地准备 .....	41
二、山桐子播种前种子处理 .....	43
第二节 山桐子播种方法 .....	43
一、播种期、播种密度与播种量的确定 .....	43
二、山桐子播种方式 .....	45
三、浇水与覆盖 .....	45
第三节 山桐子播种后管理 .....	45
一、撤除覆盖物、遮荫及其撤除 .....	45
二、松土除草 .....	46
三、灌溉 .....	46

四、间苗与定苗 .....	47
五、合理追肥 .....	48
六、苗木防寒 .....	48
七、幼苗病虫害防治 .....	48
八、山桐子播种育苗应注意的问题 .....	49
第四节 山桐子苗木出圃 .....	49
一、山桐子育苗苗木产量调查 .....	49
二、苗木出圃技术 .....	52
第五节 一年生山桐子播种苗移栽 .....	53
一、山桐子移植意义 .....	53
二、山桐子苗木移植季节 .....	54
三、待移植苗木的处理 .....	54
四、具体移植方法 .....	55
五、山桐子移植苗抚育管理 .....	55
六、山桐子苗木移植应注意事项 .....	57
第六节 山桐子穴盘及轻基质网袋育苗 .....	57
一、山桐子育苗穴盘与基质的选用 .....	58
二、山桐子穴盘育苗操作规程 .....	59
三、穴盘育苗应注意事项 .....	63
四、网袋育苗技术及优势简介 .....	63
第七节 山桐子播种繁殖及幼苗移栽试验 .....	65
一、试验地概况 .....	65
二、研究方法 .....	66
三、播种苗田间管理 .....	66
四、研究结果 .....	67
五、讨论 .....	70
第八节 日本山桐子引种育苗及苗期生长规律 .....	70
一、材料与方法 .....	71
二、结果与分析 .....	72
三、小结与讨论 .....	73
第九节 毛叶山桐子的快速播种育苗技术 .....	74
参考文献 .....	76
第五章 山桐子无性繁殖技术 .....	77
第一节 山桐子扦插繁殖 .....	77
一、山桐子扦插育苗基本知识 .....	77
二、山桐子扦插育苗生根处理技术 .....	81
三、扦插方法 .....	83
四、山桐子扦插苗的管理 .....	85
五、山桐子扦插育苗繁殖要注意的事项 .....	85

第二节 山桐子硬枝扦插繁殖试验 .....	86
一、试验目的 .....	86
二、试验地概况 .....	86
三、扦插繁殖试验方法 .....	86
四、结果与分析 .....	88
五、讨论 .....	92
第三节 山桐子嫩枝扦插繁殖试验 .....	93
一、试验目的及试验地概况 .....	93
二、嫩枝扦插繁殖试验 .....	93
三、结果与分析 .....	95
四、讨论 .....	97
第四节 山桐子根插（埋）繁殖试验 .....	98
一、试验目的 .....	98
二、材料与方法 .....	98
三、结果与分析 .....	99
四、讨论 .....	103
第五节 山桐子嫁接繁殖试验 .....	103
一、嫁接的基本原理 .....	103
二、山桐子嫁接试验 .....	106
第六节 山桐子扦插与嫁接苗移栽 .....	107
一、移栽时期 .....	108
二、移栽应注意问题 .....	108
参考文献 .....	108
<b>第六章 山桐子组织培养技术</b> .....	109
第一节 组织培养的意义 .....	109
第二节 组织培养一般方法 .....	110
一、培养基的成分及种类 .....	110
二、组织培养育苗操作规程 .....	112
三、组织培养育苗应注意事项 .....	112
第三节 山桐子茎段离体培养技术研究 .....	115
一、材料与方法 .....	116
二、结果与分析 .....	116
三、小结 .....	118
参考文献 .....	120
<b>第七章 山桐子种苗不同繁殖方法比较分析</b> .....	121
第一节 山桐子不同繁殖方法比较分析 .....	122
一、繁殖效果比较 .....	122
二、苗木质量比较 .....	122
三、嫁接与组织培养苗木 .....	123

四、讨论 .....	124
第二节 山桐子批量生产成本及效益分析 .....	124
一、山桐子播种繁殖生产费用及效益 .....	124
二、山桐子无性繁殖生产费用及效益分析 .....	125
三、讨论 .....	127
参考文献 .....	128
第八章 山桐子不同立地条件栽培试验 .....	128
第一节 山桐子人工造林概述 .....	129
一、人工造林意义与种类 .....	129
二、提高人工林生产力的途径与措施 .....	129
三、造林区划与造林地 .....	132
四、人工林的结构 .....	135
五、混交树种选择 .....	144
六、造林密度与种植点配置 .....	148
七、混交林营造 .....	151
八、造林整地 .....	158
九、植苗造林 .....	161
十、幼林管理 .....	165
十一、林农间作 .....	168
十二、山桐子人工林营造应特别注意的几个问题 .....	169
第二节 山桐子不同立地条件栽培试验 .....	169
一、研究地概况 .....	170
二、研究方法 .....	170
三、造林技术要点与幼林管理 .....	170
四、试验结果 .....	171
五、讨论 .....	174
第三节 山桐子人工造林试验 .....	174
一、造林地概况 .....	174
二、整地 .....	175
三、造林设计 .....	175
四、起苗与栽植 .....	175
五、抚育管理 .....	175
六、效果 .....	176
第四节 山桐子人工林株高生长动态的初步研究 .....	176
一、试验区概况 .....	176
二、试验方法 .....	176
三、结果与分析 .....	177
四、结论 .....	178
第五节 山桐子苗木容器栽培试验 .....	178

一、实施容器苗木培育的背景和意义	179
二、山桐子芽苗移栽容器苗培育试验	182
三、山桐子园林绿化容器移栽苗栽培试验	183
第六节 山桐子园林苗木容器育苗技术规程	187
一、范围	187
二、育苗容器种类与选择	187
三、育苗基质种类、配比和消毒	188
四、圃地选择和育苗设施	188
五、苗木培育	189
六、山桐子容器苗种植施工	191
第七节 山桐子人工造林实例	192
一、浙江奉化三十六弯园林苗圃山桐子人工种植实例	192
二、四川阳明集团山桐子能源林人工造林实例	195
参考文献	195
第九章 山桐子景观应用	197
第一节 植物景观概述	197
一、植物景观及设计	197
二、山桐子景观配置类型	197
第二节 山桐子景观应用苗木培育技术	199
一、景观树种培育要求	199
二、山桐子景观苗栽培管理要点	200
第三节 山桐子景观应用特点及效果评价	200
一、山桐子美学价值	200
二、山桐子园林应用特点	201
三、山桐子景观应用应注意问题	201
第四节 山桐园林设计及应用案例	202
一、道路景观绿化案例	202
二、居住区绿化案例	202
三、休闲绿地应用案例	204
第十章 山桐子病虫害防治	206
第一节 山桐子病虫害发生特点及防治策略	206
一、山桐子病虫害种类	206
二、发生特点	208
三、山桐子病虫害综合治理策略	208
第二节 山桐子主要病害及其防治	209
一、山桐子猝倒病 <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> Penz.	209
二、山桐子炭疽病	210
三、白粉病 <i>Uncinula idesiae</i> Xie sp. Nov.	212
四、锈病 <i>Melampsora idesiae</i> Miyabe ex Hirats	214

五、山桐子煤污病 <i>Capnodium</i> sp. ....	215
第三节 山桐子主要虫害及其防治 .....	216
一、黑翅土白蚁 <i>Odontotermes formosanus</i> (Shiraki) .....	216
二、蛴螬 Scarabeidae .....	217
三、藤壶蚧 <i>Asterococcus muratae</i> Kuwana .....	218
四、桃蛀螟 <i>Dichocrocis punctiferalis</i> .....	219
五、云斑天牛 <i>Batocera horsfieldi</i> Hope .....	220
参考文献 .....	222
第十一章 山桐子生物质能源开发与利用 .....	223
第一节 生物质能源开发利用概况 .....	223
一、生物质能源概念及意义 .....	224
二、生物质转换能源类型及现状 .....	225
三、能源植物及类型 .....	230
四、林业生物质能源发展概况 .....	230
第二节 山桐子果实含油及成分研究 .....	234
一、山桐子果实含油率及油的理化性质 .....	234
二、山桐子油的食用性能 .....	235
三、山桐子油的其他用途 .....	236
第三节 不同地理居群山桐子果实含油率与脂肪酸含量研究 .....	238
一、试验材料和方法 .....	238
二、结果与分析 .....	239
三、讨论 .....	242
第四节 毛叶山桐子油制备生物柴油的研究 .....	243
一、材料与方法 .....	243
二、结果与讨论 .....	244
三、结论 .....	247
第五节 山桐子油食用和工业应用的安全性研究 .....	248
一、材料和方法 .....	250
二、实验结果 .....	254
三、讨论 .....	255
四、结论 .....	255
第六节 毛叶山桐子油制备的几个专利简介 .....	255
一、以毛叶山桐子油为原料制备生物润滑油的方法 .....	256
二、用固体碱催化毛叶山桐子油制备生物柴油的方法 .....	257
三、利用毛叶山桐子油制备共轭亚油酸的方法 .....	257
参考文献 .....	260
第十二章 山桐子开发与利用研究建议 .....	261
第一节 山桐子良种繁育研究与实践问题 .....	261
一、林木良种繁育意义 .....	262

---

二、林木育种的主要内容 .....	262
三、林木育种主要特点 .....	263
四、山桐子良种选育建议 .....	263
第二节 山桐子种子休眠机制研究问题 .....	263
一、种子休眠的概述 .....	266
二、发芽抑制物与促进物对种子休眠与萌发的作用 .....	272
三、植物激素调控休眠的分子基础 .....	273
第三节 山桐子人工能源林营造技术问题 .....	273
一、不同立地类型人工造林设计研究 .....	273
二、人工能源林的管理技术研究与实践 .....	273
三、山桐子能源林造林技术规程编制 .....	274
第四节 山桐子油料开发利用问题 .....	274
一、生物质能源产业发展比较突出的几个问题 .....	275
二、山桐子油料开发利用产业化进程中急待研究和实践的几个问题 .....	276
参考文献 .....	
后记 .....	

# 第一章 山桐子植物资源与开发利用概述

本章从大风子科到山桐子属，再到山桐子树种的分类介绍，认识山桐子的生物学、生态学等基本特性；概括国内外学者对山桐子种子、人工育苗、人工栽培、开发利用等领域的研究和实践进展，展望山桐子开发利用的前景。

## 第一节 大风子科植物分类及研究概况

### 一、大风子科植物分类

大风子科 (Flacourtiaceae) 常绿或落叶，乔木或灌木，多数无刺，稀有枝刺或皮刺（如菲柞、鼻烟盒树、锡兰莓、刺篱木、柞木等属）。单叶，互生，稀对生和轮生（我国无），有时排成两列或螺旋式，全缘或有锯齿，多数在齿尖有圆腺体，有的有透明或半透明的腺点和腺条，有时在叶基有腺体和腺点；叶柄常基部和顶部增粗，有的有腺点（如山桐子属）；托叶小，通常早落或缺，稀有大和叶状的或宿存。花通常小，稀较大，两性或单性，雌雄异株或杂性同株，稀同序（如山拐枣属）；单生或簇生，排成顶生或腋生的总状花序、圆锥花序、团扇花序（聚伞花序）；花梗常基部或中部处有节，有的花梗完全和中脉及叶柄联合（我国无）；萼片 2~7 片或更多，覆瓦状排列，稀镊合状和螺旋状排列，分离或在基部联合成萼管；花瓣 2~7 片，稀更多或缺，稀为有翼瓣片，分离或基部联合，通常花瓣与萼片相似而同数，稀比萼片更多，覆瓦状排列或镊合状排列，稀轮状排列，排列整齐，早落或宿存，通常与萼片互生；花托通常有腺体，或腺体开展成花盘，有的花盘中央变深而成为花盘管；雄蕊通常多数，稀少数，有的与花瓣同数而和花瓣对生，花丝分离，稀联合成管状或束状与腺体互生，花药隔离有一短的附属物；雌蕊由 2~10 个心皮形成；子房上位、半下位，稀完全下位，通常 1 室；有 2~10 个侧膜胎座倒生或半倒生。果实为浆果和蒴果，稀为核果和干果（我国无），有的有棱条、角状或多刺；有 1 至多粒种子；种子有时有假种皮或种子边缘有翅，稀被绢状毛，通常有肉质丰富的胚乳，胚直立或弯曲，子叶通常较大，心状或叶状。

大风子科的染色体基数： $X=10、11、12$ 。

大风子科约有 93 属，1300 余种，主要分布于热带和亚热带一些地区，其中非洲约有 41 属，500 余种；美洲约有 31 属，410 余种；亚洲有 22 属，310 余种；大洋洲仅 1 属，约有 2~5 种。我国现有 13 属和 2 个栽培属（鼻烟盒树属 *Oncoba* Forssk. 和锡兰莓属 *Dovyalis* E. Mey. ex Arn.），约 54 种。主产华南、西南，少数种类分布到秦岭和长江以南各省、区。

#### 大风子科分属检索表

1. 花两性，下位或周位。
2. 花下位，有花瓣和萼片之分或难于区分。

- 3. 萼片和花瓣均多数，螺旋状排列，两者区别不明显 ..... 1. 菲柞属 *Ahernia* Merr.
- 3. 萼片和花瓣覆瓦状排列或镊合状排列，两者有区别。
  - 4. 花瓣比萼片多，排列不整齐 ..... 2. 鼻烟盒树属 *Oncoba* Forssk.
  - 4. 花瓣和萼片数目相等，互生 ..... 5. 蓊柞属 *Scolopia* Schreb.
- 2. 花周位，有花瓣或无花瓣。
  - 5. 花有花瓣，并有花瓣与萼片之分；雄蕊与花瓣同数，对生，如较多则成束生 ..... 6. 天料木属 *Homalium* Jacq.
  - 5. 花无花瓣；雄蕊 8 或较多 ..... 15. 脚骨脆属 *Casearia* Jacq.
- 1. 花单性，稀杂性，下位。
  - 6. 花有花瓣与萼片之分；浆果状蒴果；花瓣与萼片同数或为其倍数。
    - 7. 花萼和花瓣均离生，偶基部稍连合，各 4~5 片，大小近相等；雄蕊 5 或多数；花通常腋生，无老茎生花现象 ..... 3. 大风子属 *Hydnocarpus* Gaertn.
    - 7. 花萼杯状，通常具 3~5 齿或浅裂片；花瓣亦连合，通常 5 裂；雄蕊多数；有老茎生花现象 ..... 4. 马蛋果属 *Gynocardia* R. Br.
  - 6. 花无花瓣。
    - 8. 果实为浆果；种子无翅。
      - 9. 叶小型，羽状脉，稀 3~5 条基出脉；叶柄无腺体；花少数，呈总状或聚伞状，稀为短圆锥状。
        - 10. 树干和枝条幼时有刺；花序总状、聚伞状、短圆锥状，腋生；果实鲜时紫黑色。
          - 11. 有枝刺；总状、圆锥状或聚伞状花序丛生；果实无毛。
            - 12. 子房 1 室，具 2 个稀可达 6 个侧膜胎座；花少数腋生，总状或聚伞状较短；果实较小，直径在 5mm 以下 ..... 7. 柞木属 *Xylosma* Forst.
            - 12. 子房为不完全的 2~6 室；总状或团伞花序或再形成圆锥状；果实较大，直径在 5mm 以上 ..... 8. 刺篱木属 *Flacourtia* Comm. ex L' Herit.
          - 11. 有腋刺；花单生或丛生，果实有毛 ..... 9. 锡兰莓属 *Dovyalis* E. Mey. ex Arn.
        - 10. 树干和枝条无刺；花序圆锥状或总状，腋生或顶生；浆果鲜时红色 ..... 10. 山桂花属 *Bennettiodendron* Men.
      - 9. 叶大型；掌状叶脉；叶柄有腺体；圆锥花序长而下垂 ..... 11. 山桐子属 *Idesia* Maxim.
    - 8. 果为蒴果；种子有翅。
      - 13. 柱头 2~3 裂，有花柱；果较小，长不超过 6cm；掌状脉。
        - 14. 花单性同株；多数，呈大型圆锥状花序；花柱 3；蒴果小，长不超过 3cm；种子周边具翅 ..... 13. 山拐枣属 *Poliothyrasis* Oliv.
        - 14. 花单性异株；少数，呈总状或短圆锥状花序；花柱 3~4；蒴果中型，长 2~6cm；种子一端具翅 ..... 12. 山羊角树属 *Carrierea* Franch.
      - 13. 柱头 6~8 裂，花柱短而厚；雄花呈多花圆锥花序，雌花常单个顶生或少数腋生；果较大，长可达 8cm，种子周边有翅 ..... 14. 椴子皮属 *Itoa* Hemsl.

## 二、大风子科研究历史及现状

大风子科 (Flacourtiaceae) 是一个不很自然而古老的科，国际上研究的学者很多，肯多 (De Candolle) 把大风子科分为 4 科 (Bixaceae, Flacourtiaceae, Samydeae, Homalineae); 哈钦松 (J. Hutch) 根据花的下位和周位等分为 2 科 (Flacourtiaceae,

Samydaceae); 瓦布 (O. Warb.) 和斯勒茂 (H. Sleum) 等学者根据 12 个族的特征有相似, 合并为 1 科即大风子科 (Flacourtiaceae), 约 12 族, 93 属, 1300 种。

我国对大风子科的研究历史悠久, 远在 2500 年前, 我国著名的古书《诗经》中就记载有一种“椅”的植物, 就是大风子科的山桐子 (*Idesia polycarpa* Maxim.)。

贾祖璋在《中国植物图鉴》中记载了大风子科 4 种 (椅《诗经》、柞木《嘉祐》、山拐枣、大风子); 20 世纪 30 年代李顺卿在《中国森林植物学》上载 5 属、8 种及两变种; 陈嵘在《中国树木分类学》中载 9 属、13 种及 3 变种; 20 世纪 50 年代胡先骕在《经济植物手册》上载 8 属、9 种及 1 变种; 吴征镒对大风子科特别是对云南大风子科进行了系统的研究, 新定近 10 个种、变种及分布, 云南有 13 属、33 种及 3 变种, 在植物分类学报上发表了 2 个新种及 1 新变种; 高蕴璋全面研究了中国天料木属 (*Homalium*) 和脚骨脆属 (*Casearia*) 两属共 18 种及 1 变种, 其中有 7 个新种和 1 新变种; 20 世纪 70 年代中国科学院植物研究所等编的《中国高等植物图鉴》选编了 11 属 19 种; 20 世纪 80 年代在《中国种子植物科属词典》上载 15 属、40 种; 在《中国高等植物科属检索表》上载 6 族、14 属、41 种; 1995 年, 樊国盛对大风子科进行了研究, 在《武汉植物学研究》的《中国大风子科初步研究》上载 14 属、45 种及 4 变种, 发表了山拐枣族 (Trib. Poliothyrsieae) 及 1 新变种 (*Itoa orientalis* var. *glabrescens* Wu ex G. S. Fan)、2 个新分布 (*Scolopia lucida*, *Casearia tardieuae*), 并了 (*Homalium brevisepalum*), 还在《广西植物》发表了毛叶山桂花 (*Bennettiodendron leprosipes* var. *pilosm* G. S. Fan) 及新分布 (心叶山桂花 *B. cordatum*)。中国科学院植物研究所的路安民对大风子科进行了研究; 庐山植物园的赖书绅承担了我国大风子科的编写, 从 1974~1993 年断断续续的进行了研究, 编写了我国大风子科现有 17 属 (含 2 栽培属)、56 种 (含 3 栽培种) 及 18 个变种 (型), 并减了一些没有的种, 新增 2 个亚族 [浆果亚族 (Subt. Capsulaceae)、蒴果亚族 (Subt. Baccaeae)], 1 个新分布属 (*Ryparosa* R. Br.), 2 个新组 [圆锥花序组 (Sect. Paniculatae)、总状花序组 (Sect. Racemosae)], 2 个新分布, 4 个新种及 7 个变种和 2 个变型。

《峨眉图志》、《广州植物志》、《海南植物志》、《江苏植物志》、《湖北植物志》、《秦岭植物志》、《云南植物志》、《西藏植物志》、《贵州植物志》等都对大风子科植物进行了描述。

我国大风子科的研究, 从不全面到较全面, 属、种数从少到多, 呈发展趋势。

我国现有记载山桐子属 1 种 2 变种, 国内外系统研究较少。樊国盛 1995 年在西南林学院学报发表了《山桐子属 *Idesia* Maxim. nom. Cons》, 介绍了种的情况。

## 第二节 山桐子基本特征

### 一、山桐子形态特征

山桐子 (图 1-1), 又名水冬瓜, 为大风子科山桐子属落叶乔木, 雌雄异株, 高 10~15m, 树皮平滑, 灰白色。叶宽卵形至卵状心形, 顶端锐尖至短渐尖, 基部常为心形,

长7~16cm，宽5~14cm，叶缘生疏的锯齿，叶背面粉白色，掌状基出脉5~7，脉腋内生密柔毛；叶柄与叶等长，顶端有2突起的腺体。圆锥花序花长12~20cm，下垂，花黄绿色，萼片通常5，无花瓣，花单性；雄花有少数雄蕊，雌花有少数退化雌蕊，子房上位，球形，1室，有3~6侧膜胎座，胚珠多数。浆果球形，红色，径约9mm，内有少数细小黑色种子。花期5~6月，果期9~10月。

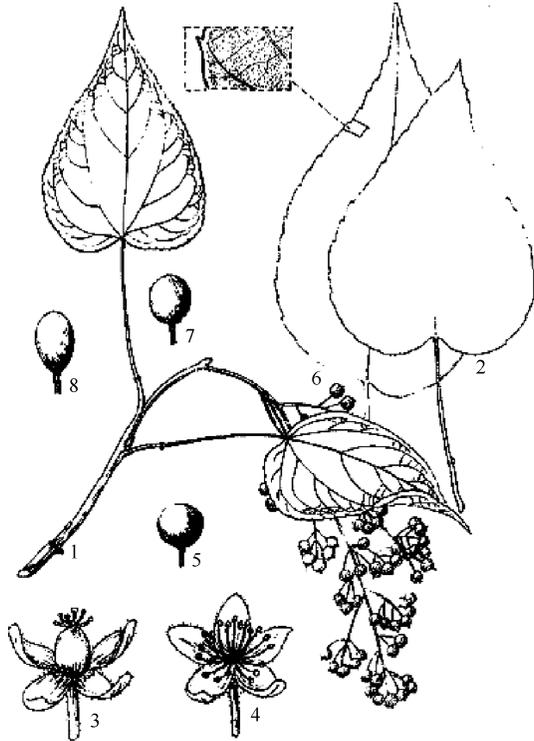


图 1-1 山桐子基本特征

1~5. 山桐子 (*Idesia polycarpa* Maxim. var. *polycarpa*): 1. 幼果枝; 2. 叶片; 3. 雌花; 4. 雄花;  
 5. 果实。6、7. 毛叶山桐子 (*Idesia polycarpa* Maxim. var. *vestita* Diels): 6. 叶片; 7. 果实。  
 8. 长果山桐子 (*Idesia polycarpa* Maxim. var. *longlicarpa* S. S. Lai): 8. 果实。(戴征雄绘)

## 二、山桐子分类

### 山桐子属分种检索表

- 1. 果序长 18~32cm；叶片长 12~22cm，宽 7~16cm，叶柄长 12~26cm，叶片被白粉或柔毛 …… 2
- 1. 果序长 8~10cm；叶片较小，长 6~7cm，宽 4~5cm，叶柄较短，长 2~3cm，叶片、叶柄、小枝、果序柄及果柄被极密而较厚的污黄色毛 …… 2. 福建山桐子 *I. fujianensis*
- 2. 叶下面被白粉，无毛 …… 1. 山桐子 *I. polycarpa*
- 2. 叶下面疏被短柔毛，白色 …… 3. 毛叶山桐子 *I. polycarpa* var. *vestita*

### 第三节 山桐子研究概况

近 20 年来,人们对木本植物山桐子 (*Idesia polycarpa* Maxim.) 的研究与开发表现出越来越浓的兴趣,现参考已有的国内外相关文献,对其栽培、开发利用及研究进行总结,为山桐子优良种源选育、繁殖技术、开发利用等相关研究提供有益的参考。

#### 一、山桐子的生物学特性及其应用

山桐子为大风子科山桐子属落叶乔木,树高可达 16m。山桐子属树种在全球只有 1 种,分布于东亚,主产于日本、朝鲜、俄罗斯远东地区与中国。在我国分布于秦岭、淮河以南各省,安徽、浙江、江西等省均有分布。山桐子为浅根性树种,多数主根不明显,侧根发达呈水平分布。山桐子是阳性速生树种,适应性强,耐旱、耐瘠薄,适宜的土壤 pH 为 6.5~7.5;对气候条件要求不严,能耐低温高热 (-14~40℃),年降雨量在 800~2000mm 都能正常生长。山桐子树皮灰白色,树干通直,树形美观,花繁果红。果实成串下挂似葡萄,入秋后红艳夺目,是较理想的退耕还林、城市绿化和观赏的优良树种;木材心材与边材区别明显,心材蓝灰色,边材淡黄褐色,光泽美丽,纹理直,切面光滑,是良好的用材林与经济林树种。果皮与种子富含亚油酸等油料成分,山桐子油为半干性油,经精炼后是优良的食用油,每克山桐子油中保健食用的维生素 E 含量达 60%~80%,也可作为提取亚油酸制剂及做油漆、涂料和制皂的原料,市场需求很大。

#### 二、山桐子的生态学研究

由于山桐子适应性强,耐旱、耐瘠薄,作为先锋树种多见于山坡、山谷两侧疏林或林缘,常与杉、松类树种混生。迄今为止,国外(主要是日本)对山桐子生态学方面的一些研究,已作过不少报道。1983 年,濑户 (Seto M.) 等对由赤松、锯齿栎 (*Quercus serrata*) 及山桐子组成的混交林林下土壤中溶解有机碳含量 (DOC) 的测定进行了报道,认为日变化和季节变化与土壤温度、土壤水分以及土壤溶液中  $\text{NH}^+$ 、 $\text{NO}^-$  的浓度变化关系不大;在深度为 10cm 的土壤层,DOC 的平均含量为  $0.328\text{g}/\text{m}^2\text{C}$ 。1984 年,平武 (Hirabuki Y.) 对日本东北部仙台针叶林中木本植物的物候进行过研究,结果显示,鸭胆子 (*Rhus javanica*) 等落叶阔叶树与先锋树种山桐子有着相似的物候节律。1991 年,木口 (Kikuchi T.) 等报道,日本本州朝北谷地低坡下部存在着由山桐子与蕨类、草本植物组成的植物群落。1994 年,岛田 (Shimada K.) 介绍了山桐子、灯台树、栲叶花椒等先锋树种的树形与地形分布。1997 年,坂井 (Sakai A.) 等介绍了山桐子等 4 种阔叶树种地上部分与地下部分糖类(碳水化合物)总含量的测定。上述有关生态学方面的研究,为山桐子的成功引种、育苗、拟生人工造林以及生态城市的建设等,提供了宝贵的科技资料。

### 三、山桐子果实和种子化学成分的研究与分析

作为木本油料树种的山桐子,其果肉部分占果实总重的 62.3%,种子占 37.7%,果肉含油 43.6%,种子含油 22.4%~25.9%。山桐子油的脂肪酸组成为:种子油含量(%):月桂酸 0.1,肉豆蔻酸 6.2~8.2,硬脂酸 2.6~3.3,油酸 6.6,亚油酸 80.8~81.4,亚麻酸 1.1~2.9;果肉油含量(%):棕榈酸 5.2,硬脂酸 2.1,油酸 8.3,亚油酸 66.3。油中亚油酸含量高达 66%~81%,这在其他植物油中是少有的。1987 年,杨幼林等对山桐子的一个变种毛叶山桐子 (*Idesia polycarpa* var. *vestita* Diels.) 果实在不同发育期的含油量增长情况进行了测定,发现 6 月中、下旬至 8 月中旬为含油率增长迅速期;此外,不同品种的毛叶山桐子果实含油率差异较大,增长和减少期不一致。周燕等(2003)将毛叶山桐子果肉的乙醇提取物用石油醚脱脂后进行抗菌活性测试,发现对蜡状芽孢杆菌(革兰氏阳性菌)的生长具有明显的抑制作用,其后的正丁醇萃取物具有一定的强心作用,并分离鉴定出 6 个化合物:去甲松柏萜、1,2-顺-环己二醇、邻苯二酚、idesin、salirepinidescarpin,其中去甲松柏萜是首次从天然产物中分离得到。可见,山桐子果实和种子中化学成分的研究对于食品业、化工工业以及保健医药业的发展将起到重要的推动作用。

### 四、山桐子的繁殖与栽培技术研究

山桐子具有较高的绿化美化观赏性、生态重要性以及重要的经济价值,但缺少天然纯林,因此人们一直没有停止过对其人工繁殖的研究与栽培技术的摸索。早在 1985 年 3 月,平武(Hirabuki Y.)曾从日本冷杉和一些落叶阔叶树树冠下采集土块,置于温室内,并使埋于土块内的山桐子种子发芽、生长,在随后的生长季节里记录了幼苗的出苗数、总生物量与茎高。这一试验证明了人工繁育山桐子的可行性。2000 年,刘震等比较了日本亚热带的冲绳县山桐子和三重县山桐子冬芽(顶芽)休眠的温度特性,结果表明:两种源山桐子冬芽都有冬季休眠的特性,只有经历了冬季低温后,冬芽方能生长,且其生长量与所经历的低温量有关,所需低温量和有效低温下限不同。这一研究为日本山桐子优良种源的引进、选育提供了可贵的参考。

山桐子种子细小(千粒重 2.2~2.5g),种皮坚硬,表面有蜡质层,自然发芽率极低。一般是将采集的果枝堆放在通风的室内,贮藏至翌春,使果内种子经过一段时间的后熟作用。播种前,先用机器将果皮与种子分离,再以碱水和草木灰水浸泡 4h,并用手揉搓,每日换水漂去种表油质,经此方法处理的种子,其场圃发芽率达到 20%;或将种子与细沙混合后,以机器研磨,去除表面蜡质层,此法处理过的种子场圃发芽率达到 17.8%。龙炳清、秦丹、刘长根、陈建等对毛叶山桐子育苗的种子处理方法进行了系统研究,并获得数项专利技术。

育苗地应选择土壤肥沃、排灌方便、沙质地微酸性土地,筑成宽 1m、高 0.25m 苗床。采用撒播法播种,播后盖土 3~5mm,再盖稻草,并罩以遮阳网,保持苗床湿润。播后 25 天形成幼根,30 天左右子叶陆续出土,36 天左右形成幼苗,50 天后苗木齐床。60 天幼苗地上部分已生长 5~8 片叶,苗高 4~6cm;地下部分根系生长很快,长达 6~

8cm。苗期研究结果还表明,一年生苗高78~112cm,平均86.6cm;根径1.1~1.7cm,平均1.5cm;主根长27~52cm,平均37.7cm。苗高与根径月生长节律均呈慢-快-慢的曲线变化。幼苗高生长在6~10月,高峰期为8月,月生长量达到30cm左右;根径生长在8~11月,高峰期出现在9月,月生长量达到0.4cm左右(祝志勇等,2001、2004)。

山桐子以2月下旬至3月中旬造林为宜。选择中、低山的半阳坡或阳坡土壤肥力良好的山场地块作为栽培用地,按株行距2m×2m,穴状整地,规格50cm×50cm×30cm,表土填底。栽植时可与杉、松类树种营造混交林,造林后的幼苗在每年6月和9月连续幼林抚育3年。研究发现,在不同立地条件下,山桐子的生长适应性不同,地形、海拔对其生长影响不大,但盐碱地不适宜栽培。播种后至出苗阶段,根系和子叶生长易受蛴螬、蝼蛄等地下害虫危害,可用30kg/hm的好年冬均匀撒施于土壤中防治;云斑天牛幼虫蛀食幼树主干韧皮部,并钻入木质部,可以40%氧化乐果乳油原液于主干下部打孔注药防治。叶斑病在8~10月间易使幼苗叶子发生褐色斑块,应及时剪除病叶,以70%甲基托布津1000倍液或0.2%多菌灵连续喷雾2~3次;粉锈病在9~11月造成部分叶子产生黄色锈斑,可以0.2%的粉锈宁喷雾防治2~3次,为了防止山桐子叶片锈病的发生,必须注意避免与海棠、柏木等易感锈病植物栽植在一起(祝志勇等,2001、2004)。另外,1987年发现了寄生于山桐子的一种白粉病病原菌山桐子钩丝壳(*Uncinula idesiae*),其防治方法已在进一步完善之中。

## 五、山桐子燃烧性研究

张景群等1999年在林业科学发表了《40种乔木8种灌木燃烧性的R-III方程计算与分类》,其中介绍了山桐子的燃烧性能,研究表明山桐子燃烧性差,为山桐子作为生物防火林带建设选择树种之一奠定理论基础。

## 六、山桐子优良种源的引进与选育研究

虽然山桐子属树种在全球只有1种,但其分布遍及东亚各国,由于长期的生态生殖隔离及地理种源的自然变异,山桐子这一树种在果实及种子内油脂的种类与含量、糖苷类等次生代谢产物的种类与含量以及在抗病抗寒、景观性状等方面必然产生分化变异,这就给山桐子优良种源的引进与选育提供了广阔的空间。可以依据不同地理种源或变种间相同指标的不同参数,结合引种的目的与要求,有针对性地引种、筛选与培育,分别形成具有稳定性状的含油脂高、含药性强、抗病、耐寒以及景观性状好的优良栽培种。因此,山桐子优良种源的引进与选育,对于我国国民经济的发展和人民生活水平的不断提高将起到较大的推动作用。

在日本,山桐子出现了一些抗寒变种以及生长速度相对较快的变种,还出现了果穗长、果粒大、果色更艳的园艺型品种,这就拓展了山桐子的开发利用价值。江苏省林业科学研究院于2004年承担了国家“948”项目“山桐子树种优良种质资源及培育技术引进”。这一项目的实施,促进我国长期以来短缺抗寒性种源、冬季观赏性种源与山桐子生长迅速性种源短缺的历史,还将启动我国包括山桐子树种在内的阔叶树种的选择育

种、杂交育种和种质资源保护工作。该研究小组已从日本有针对性地引进了数个种源的山桐子,在进行引种栽培试验与其优株的植物组织培养技术的探索方面取得显著进展,在山桐子茎段离体培养技术研究中,通过正交试验等方法对山桐子茎段等外植体灭菌、玻璃苗预防、增殖培养、根诱导等关键技术进行研究。结果表明:在南京山桐子最佳取材时间为4月下旬,在引进日本种源优良母株上选取外植体,经过0.1%  $\text{HgCl}_2$  消毒15s,灭菌成活率为76.7%;添加3.5%的白砂糖和增加培养容器的透气性,能很好地预防玻璃苗的发生;改良MS附加TDZ、BA、NAA等植物生长调节剂可有效促进试管芽苗增殖和生长,其中改良MS+BA2.0mg/L+TDZ0.05mg/L+NAA0.05mg/L+白砂糖3%组合最适合增殖与生长,增殖倍数达5.3,生长高度为2.7cm;适宜时生根培养基为1/2MS+IBA 0.5mg/L+NAA0.3mg/L+LH 100mg/L+白砂糖2%,生根率可达87%;经生根的试管苗移栽于蛭石:珍珠岩:泥炭=6:3:1的混合基质,控制温度20~30℃,相对湿度85%~90%,保湿15~20天,其间适当遮阴,30天后成活率达85%以上(蒋泽平等,2006)。在这些试验及之后的优质栽培试验成功的基础上,建立起山桐子优良种源产业化栽培基地,进行了示范推广。

## 七、山桐子油料开发与利用研究

在油料成分研究方面,钱学射、杨志玲等(2008)研究认为山桐子是优质高产的木本油料树种,被誉为“树上的油库”。果皮与种子富含亚油酸等油料成分,为半干性油,其油经过精炼之后可以食用,脂肪酸组成以亚油酸为主,占52.5%~81.4%,长期食用对心血管有明显的保健作用,对高血压和冠心病等疗效较好;在工业上用于制肥皂、润滑油、乳化剂、催干剂等;在医药上用于治疗血脂过高和动脉硬化等症;在燃油方面是酯交换法制取生物柴油的好原料。祝志勇、王强等(2009)对山桐子主要分布区的9个野生居群样本果实含油率、脂肪酸组分含量,以及1个栽培种样本果实成熟过程果实含油率和脂肪酸组分含量变化进行了分析。结果表明,9个野生居群中产于陕西宁强的山桐子种子含油率最高(44.08±0.5),是最具潜在利用价值的居群;栽培山桐子最佳采收时间为每年11月15日左右,此时果实含油量最高。

在油料毒性试验方面,陕西、甘肃及四川部分地区食用山桐子油已有百余年,未发现急性中毒事件。吴全珍等(1982)通过研究表明:在小白鼠、大白鼠、豚鼠和家兔四种动物的口服急性毒性结果均属基本无毒范围,在高剂量的亚毒性试验中,会诱发部分供试白鼠肺脏病变,是否为较长时间食入较大量山桐子油后的一种表现,值得进一步探讨。

在油料加工工艺方面,山桐子油是果肉油、种子油、全果油的统称,亚油酸含量较高,并含有维生素E,对人体的保健有重要意义。杨琦、何东平、葛红光、杨守洁等(2007)对山桐子油的碱炼降酸的研究中,分别研究了 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 的用量和最佳工艺条件、NaOH的用量、常温环境下的碱炼降酸工艺、适合山桐子油脱色的混合脱色剂和最佳脱色条件。杨芳霞等(2007)比较了山桐子油制备生物柴油工艺中NaOH和 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 对水冬瓜油(酸值22mg/g)的碱炼效果,分析了 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液浓度、反应温度、反应搅拌强度和水洗温度4种因子对水冬瓜油碱炼降酸效果的影响。结果表明: $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 碱

炼效果优于 NaOH；以碱炼油的得率和酸值为指标， $\text{Na}_2\text{CO}_3$  碱炼水冬瓜油的最佳反应条件为：反应时间 30min、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量为 105g/kg、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量浓度为 170g/L、反应温度为 75℃、搅拌速度 100r/min、水洗温度为 80℃。在此条件下，水冬瓜毛油的酸值可降至 1mg/g 以下，可作为碱催化酯交换法制备生物柴油的原料。

在保健研究方面，周玲仙等开展了“山桐子油减肥的实验研究”，结果表明山桐子油对肥胖大鼠有明显的减肥作用，在发挥减肥作用的同时不影响大鼠的进食量，也不对主要脏器造成损伤。

## 第四节 山桐子开发与利用前景

山桐子是生长速度快、抗逆性和适应性较强的树种，能在我国多数省份平原、山地等立地条件下栽培。山桐子果实鲜艳艳丽，挂果期长，具有独特的观赏效果，树形又可与观赏树种马褂木媲美，是城市绿化的优良树种之一；山桐子材质可广泛用于建筑、家具制造、造纸等领域，是造林绿化用材树种之一；山桐子果实及种子富含油脂，油脂成分多样化，分别可用于医药、食用及生物质能源等领域，是优良的木本油料和能源树种之一。因此，山桐子具有非常广阔的开发和利用前景。

### 一、城市生态建设需要

随着我国经济的高速发展，近几年来，城市，特别是沿海城市经济实力显著增强。城市改造建设、城市房产建设、城际道路建设、城市绿地建设、城镇城市化进程等各方面都在快速发展，园林绿化在其中发挥巨大作用。而城市绿化和城市生态建设的发展迅猛，需要大量的植物资源，根据物种多样性和生态安全的要求，国内外共同的认识是尽可能使用乡土树种，山桐子在我国自然分布区域广，适应性强，且具有较高的观赏价值，是城市生态建设的良好绿化树种。

### 二、造林绿化需要

山桐子树干通直，生长迅速，适应性强，材质良好，是丘陵山地、平原绿化，农田林网，四旁植树等的优良用材林选择树种之一。特别是在我国松材线虫危害严重地区，根据在宁波市天童林场山坡地山桐子混交林（针阔、长绿落叶树种）试验研究结果分析，山桐子生长迅速、对环境要求较低，可以作为更新替代选择树种之一，具有广泛的适应性。同时，根据有关研究表明，山桐子燃烧值比较低，是良好的生物防火林带营造树种之一。

### 三、苗木产业发展需要

在市场的引导下，当前全国各地园林苗圃无论在数量上，还是在规模上都得到空前的发展。许多地方，园林苗木培育在地方农业产业结构中占有很大的比重，为实现农民增收、致富起着很大的作用。随着苗木产业的发展，苗木市场竞争日趋激烈，提高苗木产业的科技含量，苗木新品种、培育新技术的研究及推广应用显得十分必要和紧迫。

山桐子以其较好的树形和独特的观果效果,在城市绿化中有很大的应用潜力,可以作为园林苗木培育,增加苗农的经济收入。

#### 四、生物质能源的需要

随着石油等非再生性矿物资源的不断枯竭,从长远看,液体燃料短缺将是困扰人类发展的大问题。为此,人们把注意力转向可再生的森林资源,除利用其薪材外,正加快开发“石油人工林”或“能源植物林”,生物石油的开发利用已成为当今全球的一大热点。

“十一五”期间,我国将建设能源林示范基地 1200 多万亩,以满足 600 万 t 生物柴油和装机容量 1500 万 kw 年发电原料供应的林业生物质能源发展目标。重点在云南、四川、贵州、重庆等省市发展小桐子 600 万亩;在河北、陕西、安徽、河南等省发展黄连木 375 万亩,在湖南、湖北、江西等省发展观皮树 75 万亩,在内蒙古、辽宁、新疆等省区发展文冠果 200 万亩,并推动这些地区合理布局生物柴油产业化项目,最终使林业生物质能源达到从原料培育、加工生产到销售的“林油一体化”格局。

国家林业局曾组织有关单位对我国林业生物质能源资源总量、开发利用和发展潜力等情况进行调研,初步查明我国可用来建立规模化生物质燃料油原料基地的树种有 30 多种,如黄连木、文冠果、麻风树、光皮树等。中国工程院院士、中国林业科学研究院首席科学家王涛指出:“生物质能源林的培植是一个长期过程。就木本油料植物来说,目前有一定研究基础的、适宜生产生物柴油主要是黄连木、文冠果、麻风树、光皮树。其中,只有黄连木、文冠果进行了全国普查,麻风树、光皮树还没有做到这一点。而且,文冠果还没有进行中试。因此,‘十一五’主要是对木本能源植物进行试验研究,‘十二五’才有望示范推广。”因此,作为能源植物的山桐子研究、开发、利用大有可为。

此外,根据有关专家学者的研究,山桐子油料在食用油开发、生物制药等领域也是难得的植物资源。

总之,山桐子自然分布范围广,适应性强,以其特有的生物学和生态学特性,在造林绿化、城市绿化、苗木产业以及食用油料和生物质能源开发利用等各方面具有广阔的开发应用前景。

#### 参 考 文 献

- 陈植. 1980. 观赏树木学 [M]. 北京: 中国林业出版社.
- 程维泽. 2003. 山桐子育苗及大苗培育技术 [J]. 林业科技开发, 17 (5): 65.
- 丁建恒. 2007. 野生经济树种山桐子的资源培育和保护性利用对策 [J]. 现代农业科技, (1): 43~46.
- 杜学明等. 1999. 种子处理新技术及其应用 [J]. 农村实用工程技术, (1): 31.
- 樊国盛. 1995. 中国大风子科植物的系统分类学研究 [J]. 中南林学院学报, 15 (3): 26.
- 樊国盛. 1995. 山桐子属 *Idesia Maxim. nom. Cons* [J]. 中南林学院学报, 15 (3): 28~32.
- 高仁君等. 1999. 种子处理研究进展及其前景 [J]. 植物保护, 25 (6): 32~34.
- 葛红光, 陈开勋. 1997. 水冬瓜油的碱炼研究 [J]. 西部粮油科技, 22 (3): 19~21.
- 何东平. 2005. 油脂精炼与加工工艺学 [M]. 北京: 化学工业出版社.
- 季永华, 祝志勇, 梁珍海等. 2008. 野生山桐子根插繁殖试验 [J]. 江苏林业科技, 35 (2): 13~15.
- 蒋泽平, 梁珍海, 刘根林等. 2006. 山桐子茎段离体培养技术研究 [J]. 中国农业通报, 22 (12): 393~396.

- 蒋泽平, 珍海, 吴纲等. 2006. 山桐子的组织培养和快速繁殖 [J]. 植物生理学通讯, 42 (5): 908.
- 赖书绅. 1994. 中国大风子科 (Flacourtiaceae) 研究资料 [J]. 植物研究, 14 (3): 224~230.
- 梁珍海等. 2001. 优良园林景观及造林树种山桐子 [J]. 江苏林业科技, (3): 17.
- 梁珍海, 蒋泽平, 李淑琴等. 2006. 日本山桐子引种育苗及苗期生长规律研究初报 [J]. 江苏林业科技, 33 (4): 9~11.
- 刘长根, 秦丹, 陈建文等. 2009. 毛叶山桐子育苗的一种种子预处理方法 [P]. 中国专利: CN101548599, 专利号 2009-10-07.
- 刘长根, 秦丹, 冯磊等. 2009. 一种毛叶山桐子种子预处理方法 [P]. 中国专利: CN101548598, 专利号 2009-10-07.
- 刘根林, 梁珍海, 蒋泽平. 2005. 山桐子研究综述 [J]. 江苏林业科技, 32 (5): 46~48.
- 刘震等. 2000. 不同种源山桐子冬芽休眠的温度特性 [J]. 河南农业大学, 34 (3): 252~253 (297).
- 龙炳清, 秦丹. 2009. 毛叶山桐子育苗的种子处理方法 [P]. 中国专利: 专利号 CN101438643, 2009-05-2.
- 龙炳清, 秦丹. 2009. 毛叶山桐子育苗的种子处理方法 [P]. 中国专利: 专利号 CN101438644, 2009-05-27.
- 龙炳清, 秦丹. 2009. 毛叶山桐子育苗的种子处理方法 [P]. 中国专利: 专利号 CN101438645, 2009-05-27.
- 龙炳清, 秦丹. 2009. 毛叶山桐子育苗的种子处理方法 [P]. 中国专利: 专利号 CN101444156, 2009-06-03.
- 龙炳清, 秦丹. 2009. 毛叶山桐子育苗的种子处理方法 [P]. 中国专利: 专利号 CN101444157, 2009-06-03.
- 龙炳清, 秦丹, 陈建文, 刘长根. 2006. 毛叶山桐子育种方法 [P]. 中国专利: 专利号 CN1784949, 2006-06-14.
- 莫开林, 张正香, 罗小龙等. 2009. 山桐子油的开发利用 [J]. 粮油食品科技, 17 (6): 24.
- 钱学射, 张卫明, 顾龚平等. 2008. 燃料油植物山桐子的利用与栽培 [J]. 中国野生植物资源, 27 (1): 16~18.
- [清] 张宗法著. 1989. 三农记校释, 谢庚华等校译 [M]. 北京: 农业出版社.
- 王良衍, 陶春福. 2002. 山桐子栽培技术 [J]. 林业实用技术, (9): 19~20.
- 王宗训. 1989. 中国资源植物利用手册 [M]. 北京: 中国科技出版社, 233~234.
- 吴全珍, 陈科文. 1982. 山桐子油的急性毒性试验 [J]. 四川林业科技, 4 (4): 23~26.
- 吴泽民等. 2003. 园林植物栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社.
- 杨芳霞, 苏印泉, 李秀红等. 2007. 水冬瓜油的碱炼工艺研究 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 35 (10): 203~207.
- 杨琦. 1996. 纯碱法精炼水冬瓜油的研究 [J]. 中国油脂, 21 (2): 27~29.
- 杨守洁. 1998. 水冬瓜油精炼过程中脱色剂的选择 [J]. 适用技术市场, (9): 20~21.
- 杨志玲等. 2003. 值得开发的几种野生木本油料树种 [J]. 林业科技开发, (2): 42.
- 袁志良, 尤扬, 赵志鹏等. 2007. 山桐子人工林株高生长动态的初步研究 [J]. 安徽农业科学, 35 (33): 10676~10677.
- 张景群等. 1998. 40 种乔木植物水分逸出强度燃烧性分析 [J]. 陕西林业科技, (2): 49~52.
- 张景群等. 1999. 40 种乔木 8 种灌木燃烧性的 R-III 方程计算与分类 [J]. 林业科学, 35 (4): 51~57.
- 张景群等. 1999. 40 种乔木植物水分蒸发所需热能估算与燃烧性分类 [J]. 西南林学院学报, 19 (3): 171~175.
- 章立前等. 1996. 毛山桐子 [J]. 安徽林业, (3): 21.
- 浙江植物志编委. 1995. 浙江植物志 [M]. 杭州: 浙江科技出版社.
- 中国科学院中国植物志编辑委员会. 1999. 中国植物志第五十二卷 (1) [M]. 北京: 科学出版社.
- 中国油脂植物编写委员会. 1987. 中国油脂植物 [M]. 北京: 科学出版社, 395~396.
- 中国植物学会. 1959. 植物学报 [J]. 第 8 卷第 2 期.
- 中科院植物研究所. 1957. 植物分类学报第 6 卷第 2 期 [M]. 北京: 科学出版社.
- 中科院植物研究所. 1979. 中国高等植物科属检索表 [M]. 北京: 科学出版社.
- 钟章成. 1997. 植物生态学研究进展 [M], 重庆: 西南师范大学出版社.
- 周伯川, 杨帆, 薛雅琳. 1996. 水冬瓜油工业化生产的研究 [J]. 中国油脂, 21 (1): 12~14.
- 周燕, 周真明, 曹沛等. 2003. 水冬瓜果肉的非油脂化学成分 [J]. 天然产物研究与开发, 15 (1): 13~17.
- 祝志勇. 2004. 山桐子生态学特性及繁殖技术研究 [D]. 南京: 南京林业大学.
- 祝志勇. 2004. 山桐子栽培试验 [J]. 浙江林业科技, 24 (4): 36~38.
- 祝志勇等. 2001. 山桐子育种苗期试验初报 [J]. 江苏林业科技, 28 (2): 6~8.
- 祖元刚. 2006. 生物柴油 [M]. 北京: 科学出版社, 157~159.

## 第二章 山桐子地理分布

山桐子在我国分布范围十分广泛，了解山桐子自然分布区域，以及分布区域的自然环境条件，特别是气候条件，对于山桐子推广应用具有十分重要的指导意义。

山桐子是亚热带阳性速生树种，对气候条件要求不严，能耐低温高热（ $-14\sim 40^{\circ}\text{C}$ ），对土壤适应性强，适宜温暖湿润、深厚肥沃、排水良好的生境，多生于海拔 100~2500m 的向阳山坡或林缘，常与枫香、山槐、北五味子、络石、三叶木通、木姜子等混生组成次生林；也散生于平原或溪谷间及林缘坡地。根据目前掌握的信息，我国浙江、江苏、安徽、台湾、湖北、湖南、河南、山东、广东、江西、贵州、云南、四川、重庆、陕西等有自然分布。此外，山桐子也产于日本、朝鲜、韩国、俄罗斯远东地区（图 2-1）。

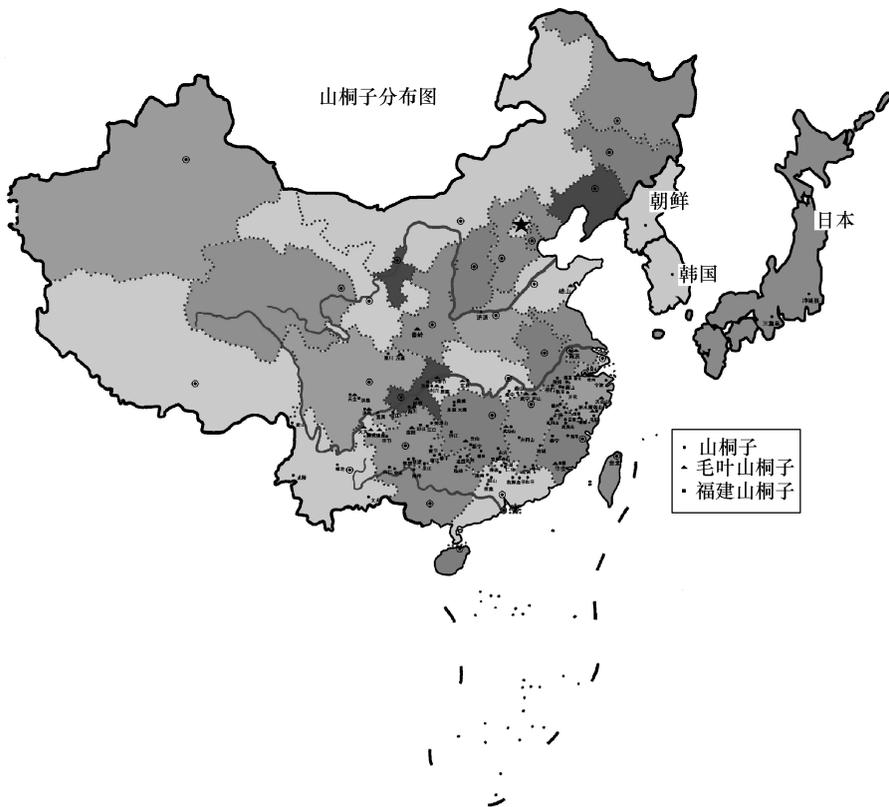


图 2-1 山桐子自然分布图

## 第一节 山桐子国内分布

我国所产的山桐子有 1 种 2 个变种, 即山桐子 (*Idesia polycarpa*)、毛叶山桐子 (*Idesia polycarpa* var. *vestita*)、福建山桐子 (*Idesia fujianensis*)。现就各产地自然环境条件及相应分布种进行简单介绍。

### 一、杭州地区

浙江杭州市中心地理坐标为东经  $120^{\circ}12'$ , 北纬  $30^{\circ}16'$ 。杭州气候属亚热带季风性, 四季分明, 温暖湿润, 光照充足, 雨量丰沛。杭州市地跨两个热量带, 南北仅跨 1.3 个纬距, 而年平均气温却相差  $2.5^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的活动积温差  $1000^{\circ}\text{C}$ , 山区与平原降水量多寡相差 700mm 以上, 年日照时数相差 300h 以上。年平均气温  $15.9\sim 17.0^{\circ}\text{C}$ , 呈南高北低分布。极端最高气温  $39.8\sim 42.9^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温  $-7.1\sim -15.0^{\circ}\text{C}$ 。年平均相对湿度  $76\%\sim 81\%$ 。无霜期 199~328 天。一年中, 随着冬、夏季风交替控制, 大气环流背景、主要影响的天气系统和天气状况均会发生明显的季节性变化, 形成春阴雨、夏潮热、秋干爽、冬湿冷的气候特点。杭州由于地形地貌复杂多样, 地势高低起伏悬殊, 全市的温、光、水、风等气候资源的地域分布不均, 局地小气候资源丰富。但因季风在进退、持续时间上的不稳定, 特别是季风强度的较大变化, 常导致冷热干湿异常, 出现灾害性天气。有山桐子自然分布。

### 二、天目山地区

浙江天目山自然保护区地处浙江省临安市西北部, 面积 4284 公顷, 经度范围:  $119^{\circ}24'11''\sim 119^{\circ}28'21''$ , 纬度范围:  $30^{\circ}18'30''\sim 30^{\circ}24'55''$ , 海拔范围 300~1556m, 具有典型的中亚热带的森林生态系统和森林景观。该地属中纬度北亚热带季风气候, 四季分明, 气候温和, 雨水充沛, 年均温  $16^{\circ}\text{C}$  左右, 有山桐子自然分布。

### 三、宁波地区

浙江宁波市位于中国海岸线中段, 长江三角洲南翼, 浙江省东北部海滨、宁绍平原东端。该市地处余姚江、奉化江、甬江三江交汇的河网平原, 奉化江自南来, 姚江自西至, 在城市中心“三江口”汇合而成甬江, 东流至镇海招宝山入海。海岸线曲折绵长, 是我国著名的深水港。宁波属亚热带季风气候, 温和湿润, 四季分明。年平均气温  $16.2^{\circ}\text{C}$ , 年日照时间 2070h, 无霜期 230~240 天。雨水充沛, 年降水量 1300~1500mm, 雨量相对集中于春夏季节, 具有“雨热同步”、“光温互补”的气候特点, 适合各种园林植物生长。在四明山、宁海等有山桐子自然分布。

### 四、温州地区

浙江温州地处中国大陆环太平洋岸线 (约 18 000km) 的中段, 浙江省东南部。全境介于北纬  $27^{\circ}03'\sim 28^{\circ}36'$ 、东经  $119^{\circ}37'\sim 121^{\circ}18'$  之间。属亚热带海洋季风润湿性气

候区,冬夏季风交替显著,温度适中,四季分明,雨量充沛。温州春夏秋冬四季俱全,且各季时间都在两个月以上,与温州同纬的世界各国,最冷月温度平均在 $15^{\circ}\text{C}$ 左右,大多只有春夏秋三季,而我国的西部高原有长冬而无盛夏。年平均气温 $16.1\sim 18.2^{\circ}\text{C}$ ,1月份平均气温 $6.8\sim 8^{\circ}\text{C}$ ,7月份平均气温 $25.5\sim 28.2^{\circ}\text{C}$ 。冬无严寒,夏少酷暑。年降水量在 $1500\sim 1900\text{mm}$ 之间。春夏之交有梅雨,7~9月间有台风,无霜期为 $260\sim 280$ 天。全年日照时数在 $1700\sim 2000\text{h}$ 之间。温州气候温和湿润,适宜各种动植物生长。年平均降水量 $1800\text{mm}$ ,年平均温度约 $18^{\circ}\text{C}$ ,无霜期280天,气候宜人,土地肥沃,山海兼利,物产丰富。在雁荡山、永嘉四海山林场等有山桐子自然分布。

## 五、昌化地区

浙江昌化气候温暖湿润,光照充足,雨量丰沛,四季分明,属中亚热带季风气候。由于地形起伏,镇内气候在垂直方向上差异较为悬殊。四季中春、秋季短,夏、冬季长,季节特征明显。四季划分标准,以30年日平均气温稳定小于 $10^{\circ}\text{C}$ 为冬季,大于 $22^{\circ}\text{C}$ 为夏季, $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 为春季和秋季。春季冷暖空气交替频繁,天气晴雨多变,温度起伏大;全季雨日33天,雨量 $290\sim 300\text{mm}$ ,占全年雨量21%,时有连阴雨发生。夏季分初夏和盛夏。初夏为“梅雨”季节。此时温度较高,湿度大,多阴雨天气,雨量集中,平均每年有1~2次暴雨过程,大暴雨也时有发生,引起洪涝灾害。盛夏为干旱、台风季节,受副热带高压控制,除部分雷阵雨天气外,多晴热天气,温度高、光照足,蒸发大,有20~30天伏旱期,全季雨日54天,雨量 $660\sim 670\text{mm}$ ,占全年雨量47%。秋季高空暖高气压和地面冷高气压重叠,气层特别稳定,出现秋高气爽天气;本季雨日24天,雨量 $180\text{mm}$ 左右,占全年雨量的13%。冬季天气干冷,最低气温下降到 $0^{\circ}\text{C}$ 以下。季内北方冷空气阵阵南下,冷空气势力强时易突发寒潮,带来严重冰冻天气。本地区冬季多数年份都有大雪出现。季内雨日50天,雨量 $290\text{mm}$ 左右,占全年雨量20%。有山桐子、毛叶山桐子自然分布。

## 六、丽水地区

浙江丽水地区属中亚热带季风气候,四季分明,温暖湿润,雨量充沛,无霜期长,具有明显的山地立体气候。年平均气温 $18.3\sim 11.5^{\circ}\text{C}$ ,平均年日照 $1712\sim 1825\text{h}$ 。无霜期 $180\sim 280$ 天。年均降水 $1400\sim 2275\text{mm}$ 。海拔 $400\text{m}$ 以下地带,入春在3月中下旬;入夏在5月底~6月上旬;入秋在9月中旬后期~下旬前期;入冬在11月下旬~12月初。春季72~88天;夏季102~116天;秋季63~69天;冬季105~124天。海拔每升高 $100\text{m}$ ,平均入春推迟2~3天;入夏推迟3~4天;入秋提早3~4天;入冬提早2~3天。春季延长1天左右;夏季缩短7~9天;秋季延长2天左右;冬季延长4~6天。春季:天气变化快,温度起伏大,多阴雨、冰雹和大风天气。夏季:初夏梅雨期,雨量集中,暴雨次数多,常造成洪涝灾害,盛夏除偶有台风影响到局部雷阵雨外,以晴朗炎热天气为主,日照强,气温高,蒸发快,常有伏旱。秋季:秋雨期短,多秋高气爽天气,常有秋旱。冬季:西北季风盛行,寒冷干燥,北方寒潮南下,多霜冻和冰雪天气。在丽水市、龙泉等有山桐子自然分布。