



毛柞油料能源林 高效培育技术研究

MAOLAI YOULIAO NENGYUANLIN GAOXIAO PEIYU JISHUYANJIU

康永祥 刘建军 何景峰 谢斌 著



西北农林科技大学出版社





康永祥（1963-），陕西乾县人，博士，副教授，硕士生导师。1984年毕业于西北林学院林学专业，现于西北农林科技大学任教。2002年于澳大利亚中昆士兰大学留学1年，2005年、2010年与瑞典农业大学、日本宫崎大学分别开展了木兰植物和蓝莓开发的国际合作研究。主要从事西北能源植物资源、黄连木和文冠果优良种质资源选育、毛柞油料能源林高效培育技术等方面的科学研究工作。主持国家级科研项目4项，省部级科研项目5项。发表研究论文40余篇，出版著作（教材）4部。



刘建军（1962-），山西夏县人，博士，教授，博士生导师。1984年毕业于北京林业大学林业系林业专业，现于西北农林科技大学任教。2000年9月至2002年7月在北京林业大学水土保持研究方向博士后流动站进行合作研究，2002年10月开始担任日本筑波大学生物科学系外国人特别研究员。主要从事根系生态学、全球变化及其森林生态系统碳循环研究。主持国家、省部级等课题10余项，发表研究论文60余篇，出版著作（教材）5部。获国家林业局梁希三等奖1项，陕西省科技进步二等奖1项。

国家林业局林业公益性行业科研专项资助项目：

毛茛油料能源林高效培育技术研究(200804010)

毛茛油料能源林高效培育技术研究

康永祥 刘建军 何景峰 谢斌 著

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

毛株油料能源林高效培育技术研究/康永祥,刘建军,何景峰,谢 斌著. —杨凌:西北农林科技大学出版社,2012. 12

ISBN 978-7-81092-783-3

I. ①毛… II. ①康… ②刘… ③何… III. ①毛株—能源林—栽培技术—研究 IV. ①S792.99

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 302680 号

毛株油料能源林高效培育技术研究

康永祥 刘建军 何景峰 谢 斌 著

出版发行 西北农林科技大学出版社
地 址 陕西杨凌杨武路3号 邮 编:712100
电 话 总编室:029—87093105 发行部:87093302
电子邮箱 press0809@163.com
印 刷 西安华新彩印有限责任公司
版 次 2012年12月第1版
印 次 2012年12月第1次
开 本 787 mm×960 mm 1/16
印 张 12.25 彩插 10页
字 数 251千字

ISBN 978-7-81092-783-3

定价:76.00元

本书如有印装质量问题,请与本社联系

编著人员名单

- 康永祥 (西北农林科技大学)
刘建军 (西北农林科技大学)
何景峰 (西北农林科技大学)
谢 斌 (陕西省林业技术推广站)
王永智 (陕西德融科技信息发展有限公司)
赵宝鑫 (西北农林科技大学)
贡玉洁 (西北农林科技大学)
陈 绵 (西北农林科技大学)
薛利艳 (西北农林科技大学)
张 丹 (西北农林科技大学)
康 晋 (西北农林科技大学)
郑冀鲁 (西北农林科技大学)

序

能源是现代社会发展的命脉,是国家经济运行的血液。随着世界经济的发展,石油需求持续攀升,世界范围内的能源供需矛盾日益突出。据英国石油公司首席执行官约翰·布朗 2004 年预测,世界石油储量只能开采 40 余年,也就是说 21 世纪中期人类将面临着严峻的能源挑战。对此,各国政府对生物质新能源的开发高度重视,尤其是世界发达国家,如美国、德国、奥地利、日本、法国,从 20 世纪 80 年代就开始了生物柴油的提炼工艺和油脂能源植物资源的培育技术研究。近十几年来,生物质能源燃料油产业在世界各国发展很快,生物质燃料油产业已成为全球性的新兴产业,发达国家相继建立起了新的能源基地,如“石油植物园”、“能源农场”。

我国是一个贫油国家,石油储藏量仅占世界总量的 2.3%,可开采年限只有 20.6 年,远低于世界平均年限 42.8 年。根据国家发改委能源研究所预测,到 2020 年中国石油的需求量将为 5.7 亿~6.2 亿吨,进口依存度将达到 60%~70%。对此,我国政府高度重视,在“九五”、“十五”和“十一五”计划中,投入巨资开展了燃料乙醇、生物柴油加工技术及生物质汽化、液化技术的开发研究,形成了一批拥有自主知识产权的产业化技术。

然而,要实现生物质燃料油产业化生产,原料是关键。西方一些国家多以油菜、大豆等作为生物柴油的加工原料。对于我国而言,由于人口众多,人均农业土地资源较少,依靠油菜、大豆作为生物柴油加工原料将会与食用油发生矛盾。因此,利用现有林地、荒山荒地,选择优良的油料能源树种开展原料林高效培育技术研究,对我国今后可再生能源的发展,维护国家能源安全具有十分重要的意义。

毛楸(*Cornus walteri* Wanger),俗名油树,落叶小乔木,主要分布在甘肃、陕西、山西、河南、河北、山东等省区,林内散生或团块状分布,或种植于房前屋后,是产区传统的食用油树种,其果实含油率高达 31.8%~41.3%,该树种在生物质燃料油方面具有巨大的发展潜力。

康永祥同志和他的科研团队2008年承担的国家公益性行业科研专项项目“毛桉油料能源林高效培育技术研究”(200804010),从生物柴油原料林培育的角度出发,对毛桉的地理分布、栽培区划、开花结实规律、促花促果技术、优良类型选育、有性繁殖技术、无性繁殖技术以及低产单株的改造等方面进行了全面系统的研究,历时5年,收集了20多个种源,筛选出优良类型12个,建立了部分优良单株的家系和无性系。该研究在多方面取得了突破性进展,为今后毛桉的进一步研究奠定了坚实的基础。

该书是康永祥科研团队近年来对毛桉研究成果的系统总结,是课题组成员辛勤汗水的结晶,它的出版将填补我国在毛桉油料能源林培育技术研究方面的空白,对推动我国生物质能源的发展,提升森林的多功能利用价值起到积极的促进作用。

毋庸讳言,由于毛桉研究基础薄弱,再加上林业的长周期性,现在的研究成果与毛桉产业化的需求还有一定距离,仍需在毛桉高产、高油的优良品种选育、矮化密植技术、果实采收技术、生物柴油转化技术以及毛桉油的多功能开发等方面进行更进一步的研究。我相信,依靠广大科技工作者的不懈努力和相关研究成果的积累,毛桉产业将会逐步发展壮大,作为可再生清洁能源的重要组成部分。

西北农林科技大学教授:



2012年10月

前 言

能源危机是人类未来面临的最大挑战之一。根据已探明的化石能源储量估计,到本世纪中叶,世界上地下能源资源将会濒于枯竭,全球将会发生"油荒"、"煤荒"、"气荒"等,这一问题必将阻滞人类社会的发展。对此,各国政府,尤其是发达国家高度重视,纷纷从国家安全的角度组织本国科学精英研发可再生能源,力争占据可再生能源关键技术高地。

中国作为世界上最大的发展中国家,由于近年来经济的崛起,中国已超过美国成为世界上最大的能源消耗国(世界能源统计年鉴,2011),再加上中国能源资源储量禀赋不高,分布不匀,开采难度大,从而导致能源对外依存度逐年攀升,特别是石油对外依存度已从21世纪初的32%上升至目前的57%(中国的能源政策白皮书,2012)。由此可以看出,中国的能源安全形势非常严峻。因此,加大可再生替代能源的研发力度和相关技术的创新研究,对保障未来国民经济可持续发展和国家能源安全具有重要意义。

生物质能源是可再生替代能源的重要组成部分,国家在"九五"、"十五"、"十一五"规划建设期,投入巨资开展了以生物柴油为代表的生物质能源研究,进行了生物柴油加工技术及其原料林培育技术的系统研究和相关技术示范,已形成了一批拥有自主知识产权的相关技术,这些为进一步研究生物质油料能源林培育技术奠定了基础。

毛楸(*Cornus walteri* Wanger),果实含油率31.8%~41.3%,在陕西、河南、山西、山东、河北等北方省区为传统的油料树种,是继黄连木(*Pistacia chinensis* Bunge)、文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)、山桐子(*Idesia polycarpa* Maxim)、麻风树(*Jatropha curcas* L)等油料树种之后,又一个备受人们关注的生物柴油树种,具有较高的利用价值。然而,由于各种原因,长期以来毛楸研究没有引起足够的重视,研究基础薄弱。虽然自20世纪70年代,国内就开始了毛楸的研究,但多集中

在简单的播种育苗技术方面,目前能检索到的相关文献仅有10多篇,这些研究成果不仅与毛株油料林的产业化发展有相当大的距离,而且还存在着诸多的瓶颈技术亟待解决。

2008年,项目组有幸受国家林业局林业公益性行业科研专项项目资助,承担了《毛株油料能源林高效培育技术研究(200804010)》项目。本项目历时5年,在实施过程中,项目组对全国毛株产区的毛株树木资源、生长状况、结实状况、形态变异等进行了广泛的调查,收集了一批重要科研数据,这些数据进一步为毛株资源的评估、优良种源的筛选以及优良品种的选育奠定了基础。另外,结合外业调查,项目组共收集优良种源20多个,并通过初选和复选,筛选出优良类型12个,现保存在项目组的毛株种质资源收集圃中以备今后继续观察与研究。同时,项目组从生物柴油原料林的培育角度出发,通过大量的野外观察和实验室工作,对毛株的生物学特性、开花结实规律、快速繁育技术、丰产栽培技术以及影响毛株生长结实的机理等进行了系统的研究。

全书分为14个章节,分别介绍了毛株的生物学特性、生态学特性,解除种子休眠技术、组织培养技术、开花结实规律、优树选择技术、高产栽培技术以及毛株油转化生物柴油等相关技术方面的研究成果。最后,依据相关研究成果,编制了《毛株育苗及造林技术规程》。

本书是项目组5年来研究成果的总结,尽管该项目的研究任务告一段落,但在毛株高效培育技术方面还存在着诸多问题需要进一步深入研究。虽然书中许多研究结论不甚成熟,有待进一步探索,但作为毛株进一步研究的基础资料,可为有志于从事毛株油料林研究的同行们提供借鉴,也可作为相关领域科研工作者及林业生产一线工作人员的参考资料。

由于作者水平有限,书中谬误之处在所难免,希望广大读者批评指正。

作者

2012年10月

目 录

序	(1)
前 言	(1)
第 1 章 毛 株的分布及资源现状	(1)
1.1 形态特征	(1)
1.2 分布概况	(1)
1.3 资源现状	(4)
第 2 章 毛 株种子性状相关分析及萌发特性研究	(7)
2.1 种子品质分析	(7)
2.2 种子萌发特性	(12)
2.3 结论与讨论	(21)
第 3 章 毛 株种子解除休眠技术研究	(25)
3.1 种子处理方法	(25)
3.2 层积处理对种子萌发的影响	(26)
3.3 温水浸种催芽对种子萌发的影响	(30)
3.4 激素处理种子发芽情况	(31)
3.5 浓硫酸处理对毛 株种子萌发的影响	(31)
3.6 不同基质对毛 株种子萌发的影响	(32)
3.7 结论与讨论	(33)
第 4 章 毛 株苗木培育技术研究	(35)
4.1 播种育苗	(35)
4.2 容器育苗	(38)
4.3 扦插育苗	(42)
4.4 嫁接技术	(58)
4.5 组织培养	(60)

4.6	结论与讨论	(70)
第5章	毛柞扦插生理生化研究	(79)
5.1	材料和方法	(79)
5.2	结果与分析	(82)
5.3	讨论	(87)
第6章	毛柞物候及幼苗生长规律研究	(89)
6.1	研究方法	(89)
6.2	物候现象	(90)
6.3	幼苗个体生长规律	(93)
6.4	结论与讨论	(95)
第7章	毛柞花果特性与结实规律研究	(97)
7.1	研究方法	(97)
7.2	花果与结实特性	(99)
7.3	结实规律	(103)
7.4	结论与讨论	(104)
第8章	毛柞天然群体种实表型多样性研究	(107)
8.1	研究方法	(107)
8.2	表型多样性分析	(111)
8.3	性状间相关关系分析	(120)
8.4	性状与生态地理因子关系	(122)
8.5	结论与讨论	(123)
第9章	毛柞选优技术研究	(127)
9.1	研究方法	(127)
9.2	综合选优	(129)
9.3	人工林选优	(130)
9.4	毛柞形态变异特征及选优结果	(135)
9.5	结论与讨论	(137)
第10章	毛柞栽培区划研究	(140)
10.1	区域划分依据	(140)
10.2	区划方法	(141)

10.3	栽培分区特点	(142)
10.4	结论与讨论	(148)
第 11 章	毛柞栽培技术	(150)
11.1	造林地选择	(150)
11.2	造林整地	(150)
11.3	造林密度	(152)
11.4	造林季节	(152)
11.5	栽植方法	(152)
11.6	抚育管理	(154)
第 12 章	毛柞低产林改造技术	(156)
12.1	低产成因	(156)
12.2	低产林改造技术	(157)
12.3	结论与讨论	(161)
第 13 章	毛柞主要病虫害及其防治	(163)
13.1	常见病害与防治方法	(163)
13.2	常见虫害与防治方法	(163)
第 14 章	毛柞的开发与利用	(168)
14.1	木材性质及其利用	(168)
14.2	生物柴油的制备	(170)
14.3	结论与讨论	(173)
附录	毛柞育苗及造林技术规程	(175)
后 记	(184)

第1章 毛栎的分布及资源现状

1.1 形态特征

毛栎,又叫油树、凉子木,为山茱萸科(Cornaceae)栎木属落叶乔木,高6~15 m;树皮厚,黑褐色,纵裂而又横裂成块状;幼枝对生,绿色,略有棱角,密被贴生灰白色短柔毛,老枝黄绿色,无毛。冬芽腋生,扁圆锥形,长约1.5 mm,被灰白色短柔毛。叶对生,纸质,椭圆形、长圆椭圆形或阔卵形,长4~15.5 cm,宽1.7~8 cm,先端渐尖,基部楔形,有时稍不对称,深绿色,稀被贴生短柔毛,下淡绿色,密被灰白色贴生短柔毛,中脉在上面明显,凸出,侧脉4~5对,弓形内弯,在上面稍明显,下面凸起;叶柄长0.8~3.5 cm,幼时被有短柔毛,后渐无毛,上面平坦,下面圆形。伞房状聚伞花序顶生,花密,宽7~9 cm,被灰白色短柔毛;总花梗长1.2~2 cm;花白色,有香味,直径9.5 mm;花萼裂片4,绿色,齿状三角形,长约0.4 mm,与花盘近于等长,外侧被有黄白色短柔毛;花瓣4,长圆披针形,长4.5~5 mm,宽1.2~1.5 mm,无毛,有贴生短柔毛;雄蕊4,无毛,长4.8~5 mm,花丝线形,微扁,长4 mm,花药淡黄色,长圆卵形,2室,长1.5~2 mm,丁字形着生;花盘明显,垫状或腺体状,无毛;花柱棍棒形,长3.5 mm,被有稀疏的贴生短柔毛,柱头小,头状,子房下位,花托倒卵形,长1.2~1.5 mm,直径1~1.1 mm,密被灰白色贴生短柔毛;花梗细圆柱形,长0.8~2.7 mm,有稀疏短柔毛。核果球形,直径6~8 mm,成熟时黑色,近于无毛;核骨质,扁圆球形,直径5 mm,高4 mm,有不明显的肋纹。花期5月;果期9月(中国科学院中国植物志编辑委员会,1990)。

1.2 分布概况

栎木属植物,全世界共约有42种,主要分布在两半球的北温带至北亚热带,

少数达热带山区。我国产 28 种,除新疆外,其余各省均有分布,而以西南地区为其分布中心,种类最多。毛柞为该属分布最广,抗性最强的植物之一,其不但可作为造林绿化树种,而且种子富含油脂,是毛柞产区传统的食用油料植物。毛柞果实含油率 31.8%~41.3%,果肉出油率约 15%,含糖 2.9%~5.88%,蛋白质 1.4%左右,土法出油率为 25%~33%;另外,其材质坚硬,可做车辘,故在山东、河北一带有车梁木之称。传说孔子周游列国时,由于路途遥远和车辆颠簸,车梁为此换了一根又一根,自从换了一种坚硬的木材(毛柞木)之后,车梁经久耐用,因此,后人称其为车梁木。

毛柞生于海拔 300~1800 m,在南部地区最高可达 2600~3300 m。分布范围东北起辽宁,南至湖南,西南到云南、贵州,东自江苏、浙江,西至甘肃、青海均有分布(图 1-1),其纬度可达 29°~40°N,100°~123°E。

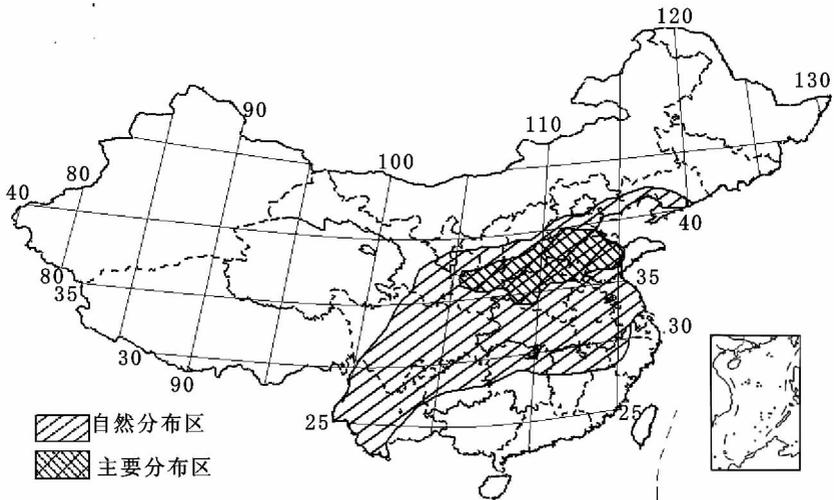


图 1-1 毛柞资源分布图

毛柞自然分布以山东、山西、陕西、河南、河北分布最为集中(图 1-1)。对这 5 个省份 680 个毛柞单株的调查发现,毛柞以中幼龄树木为主,平均直径为 12.3 ± 2.5 cm。若以 4 cm 为 1 个径阶,绘制所调查毛柞单株的径阶分布,结果见图 1-2。

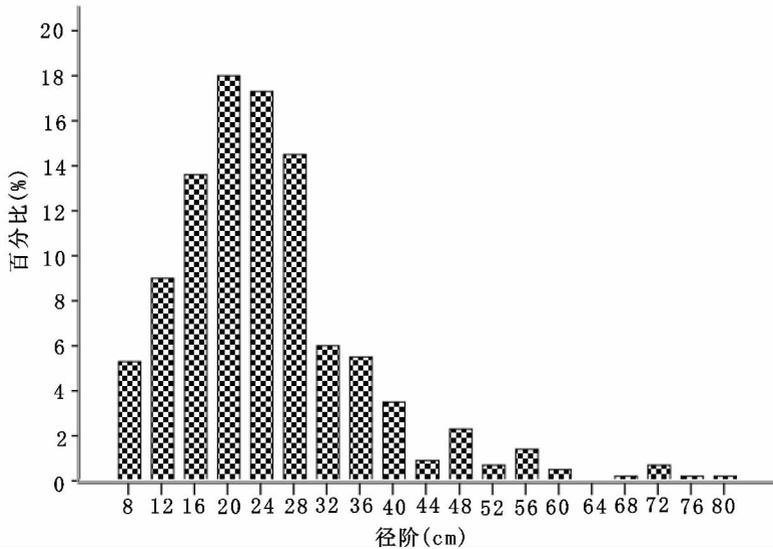


图 1-2 毛栎径阶分布图

从图 1-2 可以看出,毛栎径阶分布基本属于正态分布,但偏度为偏左,大致属于截尾正态分布,以幼龄林为主,这说明毛栎资源受人为干扰严重;径阶在 16~28 cm 范围内毛栎数量较多,其中径阶为 20 cm 左右的植株最多,60 cm 以上植株数量较少。总体来说,毛栎老树少,幼树多。

山东省是毛栎的主要分布区之一,其资源量居于全国之首,主要分布于潍坊、淄博两个地区,其中益都、临朐、博山较多,临沂、烟台、济南等地相对较少。据资料报道,20 世纪 50 年代,山东省结果毛栎有 3 万多株,年产种子 3.5 万~4.0 万 kg,可产毛栎油 1.0 万~1.3 万 kg,大大地缓解了当时偏远山村食用油短缺的矛盾。现在该地区依然保存着相当的资源量,如现在种子市场上的许多毛栎种子就是来源于山东。另外,由于毛栎较高的经济价值以及人类的选择性保留,所以,在山东不少地方现在仍然保留有毛栎古树。如位于山东淄博市淄川区的孟子山,山上有 2 株古树名木,其中 1 株为漆树 [*Toxicodendron verniciflum* (Stokes) F. A. Barkley], 另 1 株即为毛栎;位于济南市青桐山的斗母泉,海拔 700 余米,泉上有两株古树,树形奇特,其中 1 株为毛栎,据说是当地最古老的树木,而另 1 株则为济南最粗的刺楸 [*Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz], 而且两树是连根生长,在斗母泉边相依相伴,相传已有 500 余年,树高达 13.6 m,胸径 1.2 m;山东省莱芜市华山国家森林公园松树林中,生长 1 株高约 20 多米,

胸径约 1.8 m 的毛榉古树,占地约 300 m²,生长状况良好,繁花似锦,开花时节,树冠洁白如雪,蔚为壮观。

毛榉在河南省主要分布于伏牛山、桐柏山、大别山等山区,集中分布在济源、卢氏、灵宝、栾川、新安、嵩县、洛宁、西峡、内乡、南召、罗山等 10 余个市县区。虽然分布范围广,但由于零星分布,合计分布面积并不大,估计面积约 5 万 hm²(谭运德,2010)。毛榉在河南分布在海拔 300 ~ 1200 m,也可在海拔 100 m 以下的郑州黄河滩区引种栽培,6 年生胸径可达 10 cm,是毛榉适宜的生长区域。

毛榉在山西省主要分布于中条山、吕梁山、太行山南麓。山西阳城横河镇一带低山丘陵地带是毛榉的主要分布区之一,自古就有栽培毛榉的习惯。我们在山西阳城横河镇调查时发现,公路边有 1 株野生单株毛榉古树,树龄约 200 年以上,胸径达 58.0 cm,树高 8 m,树冠圆满,生长健壮。

毛榉在江西分布于井冈山(宁冈)、马头山、庐山、武夷山、东固山、摹阜山、九岭山、官山、铜鼓、怀玉山等,海拔 450 ~ 1000 m。

毛榉在陕西主要产于秦岭北坡以及黄土高原南缘的土石山区,多散生于阔叶林中,海拔 1000 ~ 1200 m。如,黄龙林区、桥山林区、崂山林区、子午岭林区、千阳、陇县等。

由于毛榉果实具有含油的果皮和坚硬的种壳结构,自然状态下毛榉种子萌发能力较差。然而,毛榉果实果肉较厚,常常成为产区鸟类的捕食对象。经过鸟类消化道后,可能会改变休眠状态和种皮结构(Barnea et al. 1990; Izhaki et al. 1990),提高毛榉种子发芽力(Nogalesm et al. 1998),所以鸟类在毛榉种子传播和自然更新过程中具有重要的作用。

1.3 资源现状

毛榉在山区常散生于土层较为深厚的落叶阔叶林中或山坡杂灌中,天然形成的纯林较少。由于毛榉传统的油用价值,在浅山区人口较为稠密的地区,主要以生产果实为目的,常出现于房前屋后或地垄地埂。据项目组在河南的调查,发现在人类活动频繁的浅山区,除散生于灌木林中的毛榉单株外,还有一定数量的团块状分布的毛榉林群落,如河南济源市,我们调查了 3 个毛榉林群落,每个群落面积均不超过 150 hm²。

另外,毛栎果实为鸟兽等动物所喜食,在果实成熟季节可见大量的鸟类栖居树梢。毛栎与鸟类的这种共生关系,也为毛栎种子的传播提供了条件,这可能是毛栎远距离团块分布和星散分布的主要原因。

通过 5 个省区(山东、山西、陕西、河南、河北)毛栎资源的调查,依据两类森林资源调查的基础数据,我们对毛栎的分布面积和产量进行了估算(表 1-1),结果显示北方 5 省区毛栎林面积大约 1 万 hm^2 (含人工林),果实年产量可达 3750 t。

表 1-1 毛栎主要产区年产量估算

地 名	主要区域	平均树龄 (年)	分布状况	分布面积 (hm^2)	估计产量 (t/年)
山东省	中部丘陵地区(益都、临朐、博山等县、临沂、烟台、济南)	30~50	有小片林分,散生	3333.3	1250
陕西省	黄龙、桥山、秦岭北坡、小陇山系	30~50	有小片林分,散生(含关中栽培)	2000	750
河南省	太行山、伏牛山、桐柏山、大别山等 4 大山系	20~35	有小片林分,散生	2000	750
山西省	中条山、吕梁山、太行山南麓	20~30	小片林分散生	2000	750
河北省	中南部山地	25~30	散生	666.7	250
合 计				10000	3750

参 考 文 献

- [1]中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志(第 56 卷).北京:科学出版社,1990
- [2]中华人民共和国林业部.森林专业调查办法(草案).1960
- [3]车梁木、花椒造林育苗技术.山东省林业厅编著,山东人民出版社,1960
- [4]谭运德,朱延林,沈植国等.河南省毛栎种质资源的自然分布与变异类型.河南林业科技,2010,30(2):1-2,25
- [5]黄敬怡,邓习金.江西省栎木属(*Cornus* L.)种质资源及开发利用.第二届我国林业学术