

Research Progress of *Idesia polycarpa Maxim*

Can Wang¹, Heng Luo², Zhongli Hu³, Ying Diao^{1*}

¹College of Forestry and Life Sciences, Chongqing University of Arts and Sciences, Yongchuan Chongqing

²Hubei Meihe Agricultural Technology Co., Ltd., Wuhan Hubei

³College of Life Science, Wuhan University, Wuhan Hubei

Email: wannaldh@gmail.com, *diaoy78@163.com

Received: Mar. 12th, 2019; accepted: Mar. 27th, 2019; published: Apr. 2nd, 2019

Abstract

Idesia polycarpa Maxim is a subtropical fast-growing tree species in China. It is a greening tree species and a woody oil plant with development and utilization value. In recent years, *Idesia polycarpa Maxim* has broad prospects in the use of ecology, woody edible oil, bioenergy, and economic value, and has been favored by many scholars. This paper reviews the biological characteristics, ecological characteristics, chemical composition of fruits and seeds, breeding and cultivation techniques, and the development and utilization of oilseeds, and prospects its application and research prospects.

Keywords

Idesia polycarpa Maxim, Research Progress, Prospect

山桐子的研究进展

王 灿¹, 罗 恒², 胡中立³, 刁 英^{1*}

¹重庆文理学院, 林学与生命科学学院, 重庆 永川

²湖北美荷农业科技有限公司, 湖北 武汉

³武汉大学, 生命科学学院, 湖北 武汉

Email: wannaldh@gmail.com, *diaoy78@163.com

收稿日期: 2019年3月12日; 录用日期: 2019年3月27日; 发布日期: 2019年4月2日

摘 要

山桐子是我国亚热带阳性速生树种, 是具有开发利用价值的绿化观赏性树种和木本油料植物。近年来由于山桐子在生态、木本食用油、生物能源、经济价值等方面的利用具有广阔的前景, 受到众多学者的青

*通讯作者。

文章引用: 王灿, 罗恒, 胡中立, 刁英. 山桐子的研究进展[J]. 林业世界, 2019, 8(2): 40-45.

DOI: 10.12677/wjf.2019.82006

睐。文章对山桐子的生物学特性、生态学特性、果实和种子的化学成分、繁育和栽培技术以及油料的开发与利用等方面的研究进展进行了综述, 并对其应用以及研究前景进行了展望。

关键词

山桐子, 研究进展, 展望

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

山桐子(*Idesia polycarpa Maxim*)属于大风子科(*Flacourtiaceae*)山桐子属(*Idesia*)落叶乔木。山桐子, 又称山梧桐、半霜红、油葡萄、椅桐(湖南)、水冬瓜(陕西、四川、浙江)、水冬桐(湖南)、椅树(《诗经》)等。该属在全球仅有 1 种, 主要生长于日本、朝鲜、俄罗斯远东地区以及中国, 在我国主要分布于华北、华中、西南、西北的北亚热带落叶、常绿阔叶混交林区和亚热带常绿、落叶阔叶林区[1]。

生长在我国经济较为发达地区的亚热带松林受到松材线虫病的侵害, 大量松树枯死, 森林内出现了大面积的疏林地, 林相遭到严重破坏。从维护生态安全和发展森林旅游的角度看, 营造生态风景林是必然的选择。由于山桐子的速生性及种子的高含油量等特性, 吸引了不少研究者对其展开深入的研究和开发。本文对山桐子的生物学特性、种子和果实化学成分、栽培和繁殖技术、优良种源的引进与选育以及油料的开发与利用等方面的研究成果进行了综述, 以为山桐子的系统研究利用提供参考。

2. 山桐子的生物学特性

山桐子是高大落叶乔木, 树干高 8~21 米; 树皮呈淡灰色, 平滑; 小枝圆柱形, 细而脆, 黄棕色, 有明显的皮孔, 冬日呈侧枝长于顶枝状态, 枝条平展, 近轮生, 树冠长圆形, 当年生枝条紫绿色, 有淡黄色的长毛; 冬芽有淡褐色毛, 有 4~6 片锥状鳞片。叶薄革质或厚纸质, 卵形或心状卵形, 长 13~16 厘米, 宽 12~15 厘米, 边缘有粗的齿, 齿尖有腺体, 叶面深绿色, 无毛。

花期为 4~5 月, 花单性, 为黄绿色, 有芳香, 花瓣缺, 雌花有少数雌蕊退化, 排列成顶生下垂的圆锥型花序, 花序梗有疏柔毛如图 1。雄花无花瓣比雌花稍大, 萼片 3~5 枚, 有少数雄蕊, 花丝呈丝状, 雄花开花比雌花早, 但花期长, 谢花期相对一致; 雌花序比雄花序长, 雌花子房上位, 圆球形, 无毛, 花柱 5 或 6, 向外平展, 柱头倒卵圆形, 退化雄蕊多数, 花丝短或缺。浆果成熟期 10~11 月, 紫红色, 扁圆形, 形似葡萄如图 2, 小粒种子, 种皮覆有白色蜡质层, 种子红棕色, 圆形。

山桐子生长快, 结果多, 产量高。栽后 4~6 年开花结果, 12~15 年进入产果期, 一般单株产量可达 15~50 kg; 20~40 年为盛果期, 一般单株产量可达 150~200 kg, 最高可达 250 kg。山桐子果实熟后, 留存枝上不易脱落, 于“霜降”果熟透后, 可利用农闲, 随时采收[2]。

3. 山桐子的生态学特性

山桐子具有明显的向光性, 在阳坡上生长的植株或年日照时间在 1300 h 以上的植株开花结实早, 在林下阴蔽的环境中, 植株生长细弱、节间长、下部叶片少、开花结实迟。

山桐子耐寒、耐旱, 对温度要求不严, 能耐低温高热, 山桐子分布区适宜年平均气温 13℃~21℃,



Figure 1. *Idesia polycarpa* Maxim flower
图 1. 山桐子花



Figure 2. *Idesia polycarpa* Maxim yam fruit
图 2. 山桐子果实

适宜越冬的极端最低气温为 $-3^{\circ}\text{C}\sim 8^{\circ}\text{C}$ ，适宜越夏的极端最高气温为 34°C 。山桐子在生长期旺盛时期对水分和相对湿度的需求较高，需要充沛的雨量 and 较高的相对湿度，但积水淹没则不利幼树生长，如果雨量过少，会造成干旱也会影响幼树的生长。适宜山桐子生长地区年降水量为 $800\sim 1800\text{ mm}$ ，一般多在 1000 mm 以上，年平均相对湿度为 $70\%\sim 80\%$ 。所以引种到年降雨量大于 1200 mm 的地方，树木生长表现良好[3]。

迄今为止，在国外主要是日本对山桐子生态学方面的研究做得较多。濑户等[4]对由赤松、锯齿栎以及山桐子组成的混交林的林下土壤进行了研究，对其中不溶性有机碳含量(DOC)的测定进行了报道，认为，土壤温度、土壤水分以及土壤溶液中 NH_4^+ 、 NO_3^- 的浓度变化对DOC的日变化和季节变化影响不大；在深度为 10 cm 的土壤层，DOC的平均含量为 0.328 g/m^2 。平武等[5]对日本东北部仙台针叶林中木本植物的物候进行了调查，结果显示，鸦胆子等落叶阔叶树与山桐子有着相似的物候节律。木口[6]等报道，日本本州朝北谷地低坡下部存在着由山桐子与其他植物(蕨类、草本植物等)组成的植物群落。岛田等[7]介绍了山桐子、灯台树、榉叶花椒等先锋树种的树形与地形分布。

4. 山桐子果实、种子化学成分

山桐子是一种含油量很高的木本油料树种。山桐子果实和种子中不仅含油率高，并且含有对人体有益的化学成分，在食品以及医疗保健等领域具有重要开发价值。

山桐子油可以利用索氏提取法、压榨法、水酶法、超声辅助有机溶剂提取法和超临界 CO_2 萃取法来进行提取[8]，但目前山桐子油的提取工艺还需要进行优化。山桐子油包括果实油、种子油和果肉油，根据中科院植物研究所和华南植物所对山桐子油料成分进行的分析研究，山桐子果实的含油率为 $20\%\sim 32\%$ ，其中主要成分包括亚油酸 $52.5\%\sim 73.2\%$ 、棕榈酸 $14.8\%\sim 20.9\%$ 、油酸 $5.5\%\sim 11.6\%$ 、十六碳烯酸 $2.7\%\sim 8.6\%$ 、硬脂酸 $1.4\%\sim 5.7\%$ 等；种子的含油率为 $22.4\%\sim 31.6\%$ ，其中主要成分包括亚油酸 $80.8\%\sim 81.4\%$ 、油酸 $6.6\%\sim 8.3\%$ 、棕榈酸 $6.2\%\sim 9.1\%$ 、硬脂酸 $2.1\%\sim 2.6\%$ 等；果肉的含油率为 $32.8\%\sim 43.6\%$ ，其中主要成分包

括亚油酸 66.3%~69.4%、棕榈酸 5.2%~18.2%、油酸 5.6%~8.3%、十六碳烯酸 3.6%、硬脂酸 1.6%~2.1% 等[9]。

贾然然等[10]对毛叶山桐子果实的成熟度和果实油品质的影响进行了研究。结果表明,不同成熟度毛叶山桐子全果含油率的变幅为 $(31.17\% \pm 0.89\%) \sim (41.59\% \pm 0.29\%)$,果实中主要含有 4 种脂肪酸,其中亚油酸含量最高并且在深红色果实阶段达到最大值,因此在生产中可以将深红色果实阶段作为最佳采收期。龚榜初等[11]选取各地区山桐子果实测定其理化指标包括折光率、酸值及碘值。对比各地区山桐子全果、果肉、种子含油率及油脂理化指标,发现不同居群山桐子全果含油率变异系数均较大,且差异明显。洪祖兵等[12]对不同采收期的山桐子果实(果肉与种子)的含油量和含油率进行测定,结果表明,山桐子果实平均总含油率 37.00%,其中果肉的平均含油率为 41.44%,种子平均含油率为 31.68%,果肉含油率明显高于种子含油率,山桐子油中亚油酸含量非常高,达 62%。根据测定所得的不同采收期果实的含油率,山桐子的最佳采摘时间为果实成熟后至 10 月 30 日前。

山桐子果实和种子的含油率都很高,经精炼处理后可以食用,且具有较好的脂、酸配比,是较理想的食用木本油料。山桐子脂肪酸组成以亚油酸为主,除了含有大量的不饱和脂肪酸之外,还含有一些皂化物,以甾醇类和生育酚的同系物为主,包括脂溶性维生素 E、 β -谷甾醇和角鲨烯等。王刚等[13]用山桐子油与其他几种植物油脂肪酸(及碘值)进行比较,不饱和脂肪酸的总体含量相差不大,但山桐子亚油酸含量高达 63.9%,远高于油茶的 13.0%和橄榄的 32.0%,结果表明山桐子脂肪酸组成表现为亚油酸和总不饱和酸双高的特点,是一种潜在优质食用植物油,同时也是提取富集医药用途亚油酸的好原料。

山桐子油精炼后可转为性能优良的生物能源,如生物柴油、高级润滑油、油漆树脂和生物肥料等,2011 年成功试用于飞机燃油[14]。

5. 山桐子的繁育及栽培技术研究

山桐子作为速生林木具有绿化环境,美化城市的重要作用,并且具有重要的经济价值。人们一直没有停止过对山桐子繁育及栽培技术进行研究摸索,这为培育优质的山桐子提供了理论基础和实用技术。

山桐子分布广泛,遍及东亚各国,在我国广泛分布于华东、华中、西北、西南各地区 10 多个省区。虽然山桐子属的树种在全球只有 1 种,但由于环境的影响,在同一个树种中能分化变异产生许多新的品种。同时由于长时间的地理隔离、自然选择以及自身基因发生突变等原因,产生了在生长形态、发育速度、木材性状、环境适应性和病虫害抗性、生理生化特性等方面具有明显差别的树种。在日本,山桐子出现了一些不同的变种,出现了具有较强的抗病抗寒能力以及具有相对较快的生长速度的树种,还出现了更具有开发价值的观赏型品种,此类变种比一般山桐子的果穗长、果粒大、果实颜色更加鲜艳。山桐子新品种的果实及种子中油脂的种类与含量发生的变化,以及在抗病耐寒、木材性状等方面产生的分化变异,给山桐子优良种源的引进与选育提供了广阔的空间。种源引进时可以结合引种的目的与要求(木材、药用、观赏、化工和科研等)进行引进,并依据不同地理环境的种源或不同变种间相同指标的不同参数等,进行针对性地引种、培育与筛选。形成具有稳定性状的油脂率高、抗病、抗寒以及观赏性状等方面优良的栽培种。山桐子优良种源的引进与选育,将会推动我国市场经济的发展和人民生活水平的不断提高。

刘震等[15]通过比较日本冲绳县山桐子和三重县山桐子冬芽(顶芽)休眠的温度特性得出结果。该结果表明,两个县的山桐子的冬芽都有冬季休眠的特性,必须经历冬季低温后,冬芽才能萌发生长,且生长情况与所经历的低温情况有关,不同地区其所需低温量和有效低温下限不同。该研究为山桐子优良种源的引进、选育提供了参考。梁珍海等[16]将引进的 2 个日本山桐子种源与国内山桐子种源作对照进行了育苗试验,对苗期生长规律进行研究。结果表明:两种种源在北亚热带地区的试验地能正常发育,在温室条件下,种子经处理去除蜡质层后,形成幼苗需 35~40 天。引进种源发芽率分别高出国内当地种源约 5.7%

和 6.0%。两种种源苗期物候无显著差异；幼苗在生长期内生长速度变化规律均为由慢至快再变慢，于 11 月中下旬生长趋于停止。1 年后 2 个日本种源平均苗高和平均地径都高于国内当地种源。蒋泽平等[17]在日本引进优良种源的山桐子中，筛选出优良单株。为了保持原植株的优良性状，利用组培的方式进行繁殖。再用各种试验方法对山桐子茎段组织培养的外植体灭菌、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，在引进的日本优良种源上选取的外植体，灭菌成活率为 76.7%，生根率可达 87%，30 天后成活率达到 85%。同年，还收集了大量国内外优良种源，在组培繁殖的基础上，进行优良单株的选育，用山桐子当年生枝条的腋芽或茎尖新萌发的顶芽为材料进行组培，平均每试管苗生 5~8 条，生根均匀整齐，生根率达 92%以上。结果显示采用组培快繁技术保持山桐子优良性状和加快推广这一前景有可能实现。以上研究为山桐子的人工繁殖奠定了良好的基础。

经过多年的研究探索，山桐子的苗木栽培过程对其生长产生影响的因素逐渐取得新进展。山桐子种子细小(千粒重 2.2~2.5 g)，种皮表面有蜡质层且坚硬，自然发芽率极低[18]。一般播种前需要对种子进行处理。可将山桐子种子在 30℃的条件下经过洗洁精浸泡处理，在 25℃下进行催芽处理后，能有效促进山桐子种子萌发[19]。此外，朱玲等[20]从种子的采集、整地作床、播种培育、幼苗生长管理和壮苗培育等方面对山桐子苗木的整个栽培过程进行了详细介绍。刘晓敏等[21]以山桐子种子为材料，在室内条件下研究了在不同浸种时间、浸种温度、催芽温度和不同浓度赤霉素的处理下，山桐子种子的萌发情况。结果表明，最适宜山桐子种子的浸泡时间为 24 h、浸泡温度为 30℃、催芽温度 25℃、赤霉素处理浓度 200 mg/L，在最适组合条件下其发芽率、发芽势和活力指数可分别达到 81%、63.67%和 5.02。言艳华等[22]以毛叶山桐子 1 年生盆栽苗为对象，研究不同 NaCl 浓度胁迫对其生长与生理特性的影响。结果表明：盐胁迫对毛叶山桐子的生长有很大影响，毛叶山桐子幼苗在 0.1%NaCl 浓度胁迫下，生长状况会受到一定影响，但未造成死亡。因此毛叶山桐子耐盐范围大约在 0.1%左右，属于耐盐能力比较差的园林树种，在含盐量 0.1%左右的土壤中可以选毛叶山桐子作为行道树及木本油料树种栽植[23]。

山桐子造林后要定时进行松土、除草、施肥。以后主要是修枝，一般在晚秋和早春进行修枝，初次修枝年龄在造林后 2~3 年为宜。抚育过程中要注意对树干以及树冠进行培育、定型，形态培育以有利于结果丰硕为佳，幼树 4~5 年就能开花、结果。在幼林期，为了防治云斑天牛为害可在主干下部打孔注药法[24]。为防止山桐子叶片发生锈病，应避免与海棠、柏木类等易发生锈病的植物栽植在一起。

6. 结论与展望

近年来，随着环境保护意识的增强和退耕还林工作的开展，各种速生经济林木成为了植树造林及森林的可持续利用研究的主要对象。山桐子广泛分布于我国，耐寒、抗旱，适应性强，具有很高的开发利用价值。例如，《野生油料木本植物(毛叶山桐子)示范基地建设项目》被国家科技部列为国家星火计划项目；同时山桐子被林业局列为国家“948”项目，名称为“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，将会使我国对山桐子抗旱耐寒性种源、园艺观赏性种源与生长迅速性种源的长期缺少状况得到改变，还会启动我国对其它阔叶树种开展优良品种选育、杂交育种和种质资源保护工作。目前已经有相关研究人员有针对性地引进了数个山桐子的种源，进行引种的栽培试验和优质植株的组培技术的探索，希望通过这些试验及之后的优质种源栽培试验为山桐子优良种源产业化栽培基地的建立奠定基础。同时，四川、重庆等地已将山桐子种植与加工项目纳入国家发展和改革委员会立项项目。在森林中营造山桐子树林，不仅可以提高森林覆盖率、物种多样性、生态系统的稳定性，还能提高森林的观赏效果，同时还可以增强森林的可持续利用活力。山桐子快速生长、耐寒、观赏性种源的引进，将会促进城镇和乡村对山桐子园艺观赏树种的广泛应用。一旦山桐子优良种源苗木在我国规模性培育并加以推广，将有可能改变城乡的树木景观，带动特色旅游业的发展，其市场前景必将十分看好。

我国“十二五”发展规划纲要提出要发展各种石油替代品, 已经将发展生物液体燃料确定为国家产业发展方向。我国的石油长期依赖进口, 而且会排放大量污染物破坏生态环境。山桐子油可以轻松制备成生物柴油, 不仅能减少石油的进口, 发展山桐子能源林生产生物柴油还可以大大减少污染物排放, 有益于保护生态环境。此外, 山桐子果实榨油的剩余物: 果粕, 可以继续加工, 既是十分优质的饲料原料, 也可用作有机肥料, 回收以后可以作为原料在饲料加工厂生成饲料, 还可以利用成熟的制作工艺生产成有机肥, 再投入山桐子种植, 实现充分利用。

参考文献

- [1] 吴志文, 谢双喜, 刘青, 等. 山桐子的研究进展及应用前景[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(1): 161-164.
- [2] 戴国富, 谢世友, 万腾, 等. 山桐子特性、利用价值及苗木培育技术[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(8): 1615-1618.
- [3] 刘芙蓉, 罗建勋, 杨马进. 山桐子的地理分布及其潜在适宜栽培区划[J]. 林业科学研究, 2017, 30(6): 1028-1033.
- [4] Seto, M. and Yui, S. (1983) The Amounts of Dissolved Organic Carbon in the Soil Solutions of a Forest and a Farm a Soil *in Situ*. *Japanese Journal of Ecology*, **33**, 305-312.
- [5] Hirabuki, Y. (1984) Phenology of Woody Plants in a Fir Forest in Sendai, Northeast Japan. *Japanese Journal of Ecology*, **34**, 235-238.
- [6] Kikuchi, T. and Miura, O. (1991) Differentiation in Vegetation Related to Micro-Scale Landforms with Special Reference to the Lower Sideslope. *Ecological Review*, **22**, 61-70.
- [7] Shimada, K. (1994) Topographical Distribution of Five Pioneer Tree Species and Significance of Their Tree Forms in Natural Forests on Mt. Takao, Central Japan. *Japanese Journal of Ecology*, **44**, 293-304.
- [8] 黄心敏, 仇兆倩, 王俊杰, 等. 山桐子油的研究进展[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(4): 11-13.
- [9] 王宗训. 中国资源植物利用手册[M]. 北京: 中国科技出版社, 1989: 233-234.
- [10] 贾然然, 唐晓姗, 董娜, 等. 毛叶山桐子果实成熟度对种子发芽与果实油品质的影响[J]. 种子, 2014, 33(9): 38-41+50.
- [11] 龚榜初, 李大伟, 江锡兵, 等. 不同产地山桐子果实含油率及其理化指标变异分析[J]. 西北植物学报, 2012, 32(8): 16.
- [12] 洪祖兵, 泮文妃. 山桐子不同采收期果实含油量分析[J]. 华东森林经理, 2018, 32(2): 55-57.
- [13] 王刚, 王生, 邹黎曙, 等. 木本油料树种山桐子的开发与利用[J]. 湖北林业科技, 2017, 46(2): 29-31.
- [14] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 52 卷第 1 分册[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 56.
- [15] 刘震, 王玲. 不同种源山桐子冬芽休眠的温度特性[J]. 河南农业大学学报, 2000(34): 252-254.
- [16] 梁珍海, 蒋泽平, 李淑琴, 等. 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, 2006(4): 9-11.
- [17] 蒋泽平, 梁珍海, 刘根林, 等. 山桐子茎段离体培养技术研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(12): 393-396.
- [18] 张如义, 陈佑才, 唐辉, 等. 内江地区毛叶山桐子种苗繁育与规范化栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2018(10): 290-293.
- [19] 陈耀兵. 山桐子种子萌发技术试验[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(16): 75-78.
- [20] 朱玲, 郭雄辉. 优良木本油料树种——山桐子苗木栽培技术[J]. 陕西林业, 2008, 1(5): 34.
- [21] 刘晓敏, 岁立云, 李周岐, 等. 促进山桐子种子萌发技术研究[J]. 西北农业学报, 2009, 18(4): 324-327.
- [22] 言艳华, 邱国金, 史云光, 等. NaCl 处理对毛叶山桐子幼苗生长与生理特性的影响[J]. 林业科技通讯, 2017(2): 3-8.
- [23] 史云光, 邱国金, 宋刚, 等. 盐胁迫对毛叶山桐子生长的影响[J]. 福建林业科技, 2017, 44(1): 21-23+42.
- [24] 卢翔, 李效文, 郑坚, 等. 木本油料树种山桐子研究进展[J]. 农业科技通讯, 2010(5): 123-127.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2169-2432，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：wjf@hanspub.org