

文冠果的研究进展

牟洪香, 侯新村 (1. 河北农业大学林学院, 河北保定071001; 2. 天津农学院园艺系, 天津300384)

摘要 综述了文冠果在繁殖技术、引种选育、生理学以及化学成分等方面的研究进展, 提出了目前文冠果研究方面的不足。

关键词 文冠果; 研究进展; 研究综述

中图分类号 Q949.755.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)03-00703-03

Advances in research on *Xanthoceras sorbifolia* Bunge.

MOU Hongxiang et al (Forestry college, Agricultural university of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

Abstract The research and development of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge including propagation technology, breeding, physiological research and chemical component were reviewed. At the end the research deficiency in *Xanthoceras sorbifolia* Bunge was put forward.

Key words *Xanthoceras sorbifolia* Bunge.; Research development; Review

文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge.) 为无患子科冠果属, 一属一种植物。近些年来, 由于石油的危机, 含油量高的文冠果作为生物柴油的原料林, 再次受到人们的重视。笔者在总结前人研究成果的基础上, 结合实地调查与研究, 为文冠果的综合利用及研究提供科学的依据。

1 文冠果繁殖技术研究

文冠果的繁殖技术包括有性繁殖和无性繁殖。在有性繁殖方面, 人们除了对种子进行湿沙埋藏与温水浸泡等催芽外, 还对种子采用低频电流和钴辐射处理, 种子的发芽率高, 苗木质量好^[2-3]。在无性繁殖方面, 人们对文冠果的嫁接繁殖^[4]、扦插繁殖^[5]以及组织培养^[6]等方面进行了研究, 取得了一定的成果。此外刘茹利用文冠果枝气培育苗法, 使其生根率由原来的5%提高到50%以上; 文飞等^[7]利用塑料大容器育苗法培育的苗木发育健壮, 栽植成活率高, 且育苗周期短, 成本低。但以往的研究成果没有从根本上解决文冠果嫁接成活率问题、扦插生根率的问题以及组织培养中繁殖系数与难生根的问题。在实际的生产中, 没有被大规模的应用, 目前种子繁殖是文冠果繁殖的主要方式。

2 文冠果的引种选育研究

2.1 文冠果引种 文冠果是我国西北黄土丘陵地区的乡土树种, 主要分布在甘肃、陕西、山西、河北等省的黄土丘陵沟壑地区。基于文冠果的用途以及国家政策的支持, 我国许多地区都进行了引种栽培试验。在引种方面, 人们主要研究了文冠果生长范围的界限。研究表明^[8], 文冠果在青海河湟流域两岸、陕西洛川、河南嵩县、新疆维吾尔自治区冲击扇和洪积平原的高燥地带、江苏灌南等地都能正常的开花结实。刘才等^[9]总结摸索出一套在黑龙江地区行之有效的提高文冠果引种栽培成功率的较完整经验。朝鲜在对文冠果生态学和生物学特性研究的基础上, 至1987年在两江道、平安南道、黄海北道、慈江道、江原道等地栽培500 hm², 最大树龄达14年^[10]。杨菲等^[11]认为大兴安岭林区引种失败的原因只归结于适生条件的限制, 而未从引种的种源、栽培管理措施等方面加以阐述。

总结前人的研究, 笔者结合实地调查认为, 文冠果分布

的北部极限位置达47°20'; 南部极限位置达29°; 1962年, 在西藏的阿沛村发现有文冠果的大树; 我国最西部城市喀什目前还有一小片的文冠果林子, 并且硕果累累; 1992年, 在我国的东部城市青岛也发现一棵文冠果大树。

2.2 文冠果的选育 从20世纪70年代中期, 人们相继展开了一系列的选育工作, 并取得了一定的进展。对文冠果染色体组型、大小孢子及胚和胚乳形成过程的分析研究^[12-13], 为文冠果选育工作提供了细胞学方面的基础材料。前人对文冠果的早期选育、优良单株的选择等方面进行的研究表明^[14-15], 文冠果早期选育是可行的, 选出了不少优良单株。但前人只对文冠果优良单株进行了研究, 没有上升到优良类型的高度。笔者实地调查表明, 文冠果长期处于野生状态, 粗放型的管理以及人们的大量砍伐使得选出的优良单株无从查起, 找不到母树, 文冠果的选育工作已迫在眉睫。

3 文冠果生理学方面的研究

文冠果素有“千花一果”的现象, 为此人们从解剖学、落花落果机理及雄性不育等方面进行了研究探讨。

3.1 解剖学方面 早在1977年奈曼旗八仙筒国营经营林场^[16]就对文冠果花芽分化进行初步观察, 描述了文冠果花芽的形成与发育全过程。何宗智^[17]在此基础上又进行了细致的观察, 详细描述了花芽分化的形态变化和具体时间。何宗智对文冠果营养器官——根、茎、叶的解剖特性进行了研究。彭伟秀等^[18]对北京林业大学苗圃内发现的文冠果同源异型自然变异株进行了形态及解剖学观察, 发现这一花器官变异植株的花小于正常株的花, 且不能完全开放, 始终呈半开状。花重瓣多轮, 仅具花萼和花瓣, 不具雄蕊和雌蕊。因为雄蕊和雌蕊全部特化为花瓣状, 部分特化的内轮花瓣上留有花药的残迹, 花药内的花粉发育是不正常的, 与此相关的营养体特征是变异株的叶片大、厚且颜色呈深黑绿色。此外对此变异株和野生型植株进行了基因组差示杂交, 通过分子杂交筛选到变异株特异的DNA片段。并拟进一步用特异DNA片段制备探针, 克隆相应的基因, 找出引起文冠果花器官异位的原因。

3.2 文冠果落花落果的机理研究 文冠果为杂性花, 雄花(不可孕)的雌蕊早期退化, 只有8枚雄蕊发育, 花药能正常开裂和散粉, 花粉具萌发力, 是可育的。而两性花(孕花)具有1枚雌蕊和8枚雄蕊。雌蕊三心皮三室, 中轴胎座, 胚珠能育; 雄蕊花丝稍短, 花药不能开裂, 花粉不能萌发, 属败育

花粉。前人从树体营养限制以及有性繁殖退化的角度研究了文冠果落花落果的原因。内蒙哲理木盟林业科研所^[19]研究发现, 树体营养不良影响了文冠果的授粉受精, 导致落花; 而树体内养分满足不了幼果生长发育的需要, 使得部分幼果得不到充足的养分而脱落。王晋华^[20]认为花性的分化与树体、芽的营养状态密切相关, 优先的、充足的营养有利于可孕花的比例。徐东翔^[21]认为, 遗传因素、开花及幼果期所需有机养料的不足是幼果落果的重要原因。洛阳地区林研所^[22]发现在文冠果花芽发育阶段, 花体各部分生长迅速, 消耗大量养分, 使部分雌蕊子房体停止发育而变为不孕花。高述民^[23]等认为从可孕花的着生部位看, 雌蕊的发育受营养制约。顶花序由于营养相对充足, 雌花分化比例大, 座果的可能性也大, 但雌花着生过于密集(20~30个), 营养明显不足, 易导致落花落果。

有性繁殖退化方面, 张明中^[24]提出: 文冠果开花繁多, 结果稀少, 主要是由于长期生长在野生条件下系统发育的结果。从天然串根萌生繁殖力很强的特性来看, 由于长期根蘖性的营养繁殖方式的结果, 逐渐取代了它的有性繁殖方式, 致使它的器官——花大部分退化了, 这正符合拉马克的“用进废退”的学说。他认为, 要改变文冠果“繁花少实”的现象, 首先选择优良品种和类型, 加以人工栽培, 并辅助肥、水、修剪等抚育管理措施, 提高结实量, 并扩繁, 建立优良品种采种(条)基地; 其次, 用有性杂交、辐射育种、化学诱变等方法, 动摇、改变它的遗传性, 从中选取新的优良品种。

3.3 文冠果雄性不育 雄性不育是高等植物中常见的生物学特性, Kolreuter 早在1763年就观察到这种现象, Darwin 1890年有曾做过报道^[25]。Kaul^[26]根据表现型异常的不同将雄性不育划分为结构性雄性不育、孢子发生性雄性不育及功能性雄性不育。研究表明^[27], 文冠果具有雄性不育性, 其两性花表现为雄性不育, 雄花则表现为雄性可育。因此, 文冠果可以被认为是研究木本植物雄性不育现象的典型材料。目前科研人员正从物质代谢、激素调控、基因表达等方面探讨文冠果的雄性不育机制, 以扩大可孕花的比例, 提高文冠果的产量。

在雄性不育花药中的物质代谢方面, 王晋华等^[28]发现不育花粉的多糖含量明显较雄花正常花粉的多糖含量少, 缺少萌发力, 且不育雄蕊花药不开裂。在花蕾前期, 两种花在形态及解剖构造上未见差异, 但在单核小孢子进行第一次有丝分裂后, 差异日趋明显。两性花中雌蕊发育正常, 雄蕊发育缓慢, 花丝短, 绒毡层发育滞后致使花药不能在成熟前及时干燥以致花药不开裂, 花粉无萌发能力, 形成败育的雄蕊。彭伟秀等^[29]通过文冠果败育花药及花粉发育进行显微结构观察发现: 败育花药缺少唇细胞; 绒毡层细胞延缓解体; 花粉外壁始终连续(即缺少萌发孔), 且有某些物质填充, 花粉内壁很厚; 花粉细胞质中细胞器明显减少, 淀粉粒数量少。这些异常现象都影响花粉的正常发育。郑彩霞等^[30]认为文冠果两性花花粉败育的原因可能与花粉中某些细胞器(如线粒体等)的减少及生理生化代谢上的障碍造成花粉缺乏足够的营养物质等因素有关。

在雄性不育的激素调控方面, 赵德刚等^[31]发现文冠果雌、雄花分化的关键时期, 是在二核期或二核期之前。在花

序发育过程中, 内源玉米赤霉烯酮(ZEV)和细胞分裂素(CTK)含量出现有规律的变化, 从而推测ZEV和CTK参与了文冠果性别分化过程。朱士锋(2000)^[32]利用酶联免疫吸附法测定了文冠果顶生花芽与侧生花芽发育过程中内源激素含量的变化, 结果表明在花芽早期发育过程中, 文冠果顶生IAA、ABA含量高于侧生花芽的, 且在雌雄蕊原基形成阶段顶生花芽中IAA/ABA显著高于侧生花芽, 认为该时期可能是引起顶、侧生花芽不同发育方向的关键时期。且发现ZR在文冠果中可能有利于雄花的形成。此外利用SDS聚丙烯酰胺凝胶电泳分析文冠果顶生花芽和侧生花芽发育早期可溶性蛋白质变化时发现顶生花芽中44.1Kda的多肽含量远高于侧生花芽的, 侧生花芽中存在26.2Kda、39.6Kda等多肽, 推测其与育性有关。

在雄性不育的基因表达方面, 高述民等^[33]采用IEF/SDS-PAGE双向电泳, 对两性花花药、雄花长、短花丝花药总蛋白进行了电泳图谱分析, 发现两性花花药比雄花长花丝花药和短花丝花药少一个分子量约为A18.6kD(pI8.0)的多肽点; 而多2个多肽点, 其分子量分别为B170.8kD(pI5.0), B228.2kD(pI8.0), 并基于对以上蛋白多肽的分析认为, A可能是与雄蕊花药开裂基因有关的表达产物, 有可能为开裂基因顺式调控元件的表达产物, 起激活开裂基因表达的作用。B1和B2有可能为与雄蕊花药开裂基因表达有关的反式作用因子, 起抑制开裂基因表达的作用。杜希华等^[34]通过反转录PCR与差别显示相结合的DDRT-PCR技术从花药中提取mRNA以便于开展文冠果雄性不育基因的表达与调控机制, 并对与可育性相关的cDNA片段进行克隆与序列分析。目前尽管人们在文冠果雄性不育方面做了许多研究, 但雄性不育的生理机制还没有搞清楚, 因此文冠果“千花一果”的问题也就不能从根本上得到解决。

4 文冠果化学成分研究

文冠果全身都是宝, 为充分利用文冠果资源, 人们从医学、营养以及理化性质等角度分析了文冠果的组成成分。

在医学方面, 王红斗认为文冠果皂甙的结构类型属齐敦果烷型(OIS)三萜皂甙, 从构效关系上看具有较强的抗癌活性^[35]。而Ma等^[36]在文冠果的提取物中分离到新化合物, 并且发现化合物2(3-oxotirucalla-7,24-dien-21-ic acid)是一个具明显抑制HVPR活性的甘遂烷型三萜类化合物。人们发现文冠果枝、叶、干、种仁、果柄均可入药。种仁可制取治疗心脏病、血管病、遗尿症、腹泻、脱发、皮肤病、智力低下及老年痴呆症等药物^[37]。叶中所含杨梅树皮甙具有杀菌、杀精子、稳定毛细管、止血、降胆固醇作用。花萼片中含有的岑皮甙具有解热、安眠、抗疟等作用。

此外, 人们对文冠果油的组成成分及理化性质进行了研究^[38-39], 研究出文冠果果仁含油52%, 碘值111, 皂化值183等数据及油的性状。并且利用气-液色谱(GLC)分析了文冠果种仁油中脂肪酸组成计14种。此外, 从文冠果叶中测出了16种氨基酸。1984年李佩文等^[40-41]从文冠果油非皂化物中三萜醇部分中分离出-香树精乙酸酯、蒲公英塞醇乙酸酯、Tirucalla-7,24-dienolacetate和丁酰鲸鱼乙酸酯; 在4-甲基甾醇部分中分离到了Cyclotoniemi acetate和4-methylgo-

rgostanol acetate。并且采用硝酸银-硅胶 G 制备薄板、二氯甲烷-石油醚做展开剂,分离到了-菠菜甾醇、7-豆甾烯醇、5.22-豆甾醇和 7-燕麦甾醇。1987 年,黄雅芳等^[42]从文冠果茎的乙醇提取物中分离出 5 个化合物,经理化分析和光谱解析以及衍生物制备,鉴定其中 4 个化合物中分别为双氢杨梅树皮素,双氢槲皮素(),表儿茶精()及表没食子儿茶精()。1989 年,朱丹等^[43]从文冠果叶中检测出 10 种化学成分并测定出 12 种微量元素,其中铁的含量为 255.5 $\mu\text{g/g}$, 锌的含量为 21.4 $\mu\text{g/g}$, 铜的含量为 12.0 $\mu\text{g/g}$ 。2001 年,程文明等^[44]采用柱色谱和光谱法首次从文冠果果壳中分得 2 种甾醇,经鉴定为(3,5,20R,24S)-豆甾-7,反-22-二烯-3-醇和(3,5,20R,24R)-豆甾-7-烯-3-醇。2002 年程文明等^[45]采用色-质谱联用技术,确定了文冠果果壳中 21 种脂肪酸的结构和含量,其中有 8 种脂肪酸在该植物中为首次报道。2006 年牟洪香^[46]利用液相色谱法测定了文冠果种仁油脂肪酸组成成分及含量,从碳链长度看文冠果油适宜做生物柴油的原料油。

5 结束语

文冠果的经济价值很高,被群众称为“一年种,百年收的铁杆庄稼”。生长 3 年后就可开花结实,15~20 年进入结实盛期,一直可以持续 130~150 年。文冠果种子含油率为 30.8%,种仁含油率 52%~66%。文冠果油呈浅黄色,既可食用,也可作为高级润滑油、增塑剂、油漆和肥皂等工业用油。文冠果果粕中蛋白质含量高达 40%左右,且含有 18 种氨基酸,是制造精饲料的又一原料。文冠果油点灯无烟尘,叶子经加工可代茶用。文冠果果皮可提取糠醛,种皮和外果皮还可制活性炭。木材坚硬,纹理细致,抗腐性强,是制作家具、农具的良材,也是良好的水土保持树种。文冠果种子可炒食,具有油而不腻、食味清香、回味悠长之特点,是上好消闲食品。种仁乳熟期适于加工罐藏食品,具有色白味美、香气浓烈、味道可口等特点,是目前国内外市场上没有的特殊食品,其前途不可估量。

为此,我们要尽快形成规模化种植、集约化管理,实现种植采集、产品加工、市场销售的新型林业“产业链”,为实现人类健康,帮助农民致富,在改善生态环境的同时推动地域经济发展,实现经济效益、社会效益以及生态效益的高度统一。

参考文献

- [1] 佟常耀,张学增.文冠果历史概况[J].吉林林业科技,1979(1):23-25.
- [2] 徐士贤.文冠果种子催芽方法的研究[J].甘肃林业科技,1983(2):8-12.
- [3] 刘茹.文冠果枝气培育苗试验[J].林业科技通讯,1979(6):1-2.
- [4] 尚德库,叶秀云,房秀田.文冠果室内嫁接试验效果初报[J].内蒙古林业科技,1985(3):37-40.
- [5] 封志强,冯银锁.文冠果硬枝扦插试验初报[J].山西林业科技,1991(4):35-37.
- [6] 王永明,赵静茹,陈颖.文冠果的组织培养[J].植物生理学通讯,1986(1):42-42.
- [7] 文飞,金元哲,韩景芳.文冠果塑料大棚容器育苗[J].林业科技通讯,1978(9):7.
- [8] 王国华.文冠果引种试验初报[J].新疆林业科技,1984(3):42-43.
- [9] 刘才,杨玉贵.文冠果引种栽培试验初报[J].中国林副特产,1994,3(4):17-18.
- [10] 吴兆忠,张宝孚,白金友,等.朝鲜发展文冠果的展望[J].辽宁林业科技,1987(6):40-41.
- [11] 杨菲,王峰,高永文.大兴安岭林区林木引种驯化初报[J].防护林科技,2001(1):27,43.
- [12] 冯显逵.文冠果大、小孢子及胚和胚乳形成过程的初步研究[J].林业科技通讯,1984(2):15-18.
- [13] 郎奎昌,马丽玲,刘武林,等.文冠果的染色体数目[J].林业科技通讯,1980(4):9-10.
- [14] 廖礼科,雷开寿.文冠果早期选优的初步探讨[J].陕西林业科技,1981(6):31-32.
- [15] 白金友,马兴华.文冠果无性系指数选择研究[J].特产研究,1990(1):21-23.
- [16] 奈曼旗八仙筒国营经营林场,吉林省林科所.文冠果花芽分化的初步观察[J].吉林林业科技,1977(1):31-33.
- [17] 何宗智.文冠果营养器官的解剖结构[J].内蒙古林学院学报,1979(1):35-39.
- [18] 彭伟秀,沈昕,李凤兰,等.文冠果变异株和野生型植株基因组差示杂交研究初报[J].北京林业大学学报,2000,22(1):29-32.
- [19] 哲理木盟林业科学研究所.文冠果保花保果几项技术措施的研究[J].内蒙古林业科技,1981(3,4):52-59.
- [20] 王晋华.文冠果花芽分化的解剖和组织化学研究[D].北京:北京林业大学,1991.
- [21] 徐东翔.文冠果落果机理及提高座果率和种子品质的研究[J].西北植物学报,1990,10(2):117-127.
- [22] 洛阳地区林研所.文冠果开花习性初步观察[J].河南农业科技,1979(6):16-19.
- [23] 高述民,马凯,杜希华,等.文冠果(*Xanthoxerces sorbifolia*)研究进展[J].植物学通报,2002,19(3):296-301.
- [24] 张明中.文冠果开花的生物学特性报告[R].1979:1-4.
- [25] 王强.文冠果雄性不育生理生化机制的研究[D].北京:北京林业大学,1999.
- [26] KAUL ML H. Male sterility in higher plants[M]. Berlin:Springer-Verlag, 1988.
- [27] 白金友.文冠果雄性不育单株的发现[J].辽宁林业科技,1981(1):48-49.
- [28] 王晋华,李凤兰,高荣孚.文冠果花性别分化及花药内淀粉动态[J].北京林业大学学报,1992,14(3):54-60.
- [29] 彭伟秀,王保柱,李凤兰.文冠果败育花药和花粉发育的解剖学研究[J].河北农业大学学报,1999,22(3):35-37.
- [30] 郑彩霞,李凤兰.文冠果两性花花粉败育原因的进一步研究[J].北京林业大学学报,1993,15(1):78-84.
- [31] 赵德刚,李凤兰,高荣孚,等.文冠果雌雄分化与玉米赤霉烯酮及细胞分裂素含量变化[J].中国植物生理学会植物生长发育信息转导学术会议,1999.
- [32] 朱士锋.文冠果花芽发育的生理机制及FPS基因的克隆[D].北京:北京林业大学,2000.
- [33] 杜希华,陆海,高述民,等.文冠果可育性相关cDNA片段的克隆与序列分析[J].北京林业大学学报,2003,25(5):29-33.
- [34] 王红斗.文冠果的化学成分及综合利用研究进展[J].中国野生植物资源,1998,17(1):13-16.
- [35] CHAO MEI MA, NORIO NAKAURA, MASAO HATTORI. Inhibitory effects on HV1 protease of constituents from the wood of *Xanthoxerces sorbifolia*[J]. J Nat Prod, 63(2):238-242.
- [36] 特格喜,乌力吉.文冠果治疗糖尿病 120 例临床观察[J].中国民族医药杂志,1997(1):12.
- [37] 王红斗,韦业成,郭煜,等.文冠果种仁及其油的化学成分[J].植物学报,1981,23(4):331-333.
- [38] 王红斗,李霞冰,邓玉诚.我国特有植物——文冠果的化学成分生物活性及综合利用的研究概况[J].自然资源研究,1985(1):22-25.
- [39] 李佩文,严梅和.文冠果仁油非皂化物中三萜醇和 4-甲基甾醇部分的分离和结构鉴定[J].林业科学,1984,20(4):397-402.
- [40] 严梅和,李佩文,熊丽曾.文冠果仁油非皂化物甾醇部分的分离、含量测定和结构鉴定[J].林业科学,1984,20(4):389-396.
- [41] 黄雅芳,冯孝章.文冠木化学趁粉的研究[J].中草药,1987,18(5):199-202.
- [42] 朱丹,王红斗,李霞冰,等.文冠果叶化学成分的初步研究[J].中国野生植物,1989(3):32-36.
- [43] 程文明,杨柏珍,李春如.文冠果果壳中两种甾醇成分的结构研究[J].中草药,2001,32(3):199-201.
- [44] 程文明,杨柏珍,李俊.文冠果果壳中脂肪酸成分的研究[J].安徽医药,2002,6(4):5-6.
- [45] 牟洪香.生物柴油木本能源植物文冠果的资源调查与研究[D].北京:中国林科院,2006.