

中国水曲柳基因资源的保护与利用

林士杰¹, 张忠辉¹, 谢朋¹, 张大伟¹, 李利军¹, 侯丽伟¹, 田宇², 朱红波³

(¹吉林省林业科学研究院, 长春 130033; ²通化市林业局, 吉林通化 134001;

³吉林省林业调查规划院, 长春 130022)

摘要:水曲柳是东北三大珍贵硬阔叶用材树种之一, 第三纪孑遗植物。现在处于濒临灭绝的状态, 必须采取有效的措施来加以保护。从地理分布、生长规律、繁殖方式、遗传改良、造林技术等方面对水曲柳的研究进展进行了综述, 在此基础上, 提出了水曲柳基因资源保存与利用策略: 重视水曲柳遗传资源的收集和保存; 加快快繁技术及推广应用研究; 制定系统的育种策略和高世代改良计划; 开展遗传变异和遗传多样性的研究, 以实现资源的合理利用和可持续发展。

关键词:水曲柳; 基因资源; 保护与利用

中图分类号: S72

文献标识码: A

论文编号: 2009-1854

Conservation and Application of the Genetic Resource of *Fraxinus mandshurica* in China

Lin Shijie¹, Zhang Zhonghui¹, Xie Peng¹, Zhang Dawei¹, Li Lijun¹,

Hou Liwei¹, Tian Yu², Zhu Hongbo³

(¹Jilin Provincial Academy of Forestry Science, Changchun 130033;

²Forestry Bureau of Tonghua City, Tonghua Jilin 134001;

³Jilin Provincial Institute of Forest Inventory and Planning, Changchun 130022)

Abstract: *Fraxinus mandshurica* is one of the precious three broadleaved tree species in northeast of China, a tertiary survival plant. At present it is on the verge of extinction, so effective measures must be taken in order to protect it. This paper introduced the research development of *Fraxinus mandshurica* from the aspects of distribution, growth rule, propagation technology, genetic improvement, forestation technology, and on the basis of that, the tactics were provided. We paid attention to collect and protect the gene resources, accelerate the study on propagation technology, establish breeding strategy, high generation improvement program, and research on the genetic variation and genetic variety, and in order to realize rational utilization and sustainable development of plant resources.

Key words: *Fraxinus mandshurica*, genetic resource, conservation and application

0 引言

水曲柳为木犀科(*Oleaceae*)白蜡树属(*Fraxinus* L.)落叶乔木, 第三纪孑遗种^[1]。与胡桃楸、黄菠萝被称为中国东北珍贵的“三大硬阔树种”, 它们的木材坚硬致密, 纹理美观, 是工业和民用的高级用材, 早在世界木材市场享有盛誉^[2]。水曲柳资源在中国区域气候环境的维护和调节中起着重要的作用, 但由于开发历史较早, 特别是日满时期, 长期采用“拔大毛”等掠夺式采

伐方式, 加之实施“天保”工程前只追求生产、利润而忽视了保护, 致使东北林区珍贵的阔叶树种分布范围和种群数量明显减少, 资源遭到严重破坏。目前, 林分中水曲柳大径材的数量已经很少^[3]。如不及时给予重视并加强保护, 宝贵的水曲柳基因资源将迅速消失。因此, 尽早展开系统的基因资源收集、保存和开发利用, 对水曲柳科学研究、遗传改良、生态建设和社会经济发展具有重要的科学和实践意义。

基金项目: 国家科技基础条件平台建设项目“植物种质资源平台建设—吉林区域性林木种质整理整合及共享”(2005DKA21003)。

第一作者简介: 林士杰, 女, 1979年出生, 吉林长春人, 助理研究员, 从事林木种质资源方面研究。通信地址: 130033 吉林省长春市临河街浦东路3528号, 吉林省林业科学研究院。Tel: 0431-85850420, E-mail: linsijie1979@126.com。

收稿日期: 2009-09-09, **修回日期:** 2009-09-28。

1 研究现状

1.1 地理分布及生长特性

水曲柳分布范围极广,但具有不连续性,跨越中国东北部,中国西北部分地区,俄罗斯东部,日本北部及北朝鲜。其中,中国东北部是水曲柳的主要分布区,也是中心分布区^[4]。根据气候因子,马建路等^[5]将中国东北部的的水曲柳进行立地区划,区划为温带湿润地区,暖温带湿润地区2个立地地区,小兴安岭山地区,三江平原低平区,长白山北部山地区,长白山东北部山地区,长白山南部山地区,千山低山丘陵区6个立地区,其中长白山北部山地区是水曲柳的中心产区,小兴安岭山地区和千山低山丘陵区是水曲柳的边缘分布区。

水曲柳是东北东部山地天然次生林的优良混交组分,红松阔叶林的主要建群树种之一。综合土壤温度、土壤含水率、林内乔木树种组成以及树木长势来看,水曲柳适合生长在土壤温度较低、含水率偏高的下坡位^[6]。其生长规律为高生长期与径生长期不同步,表现出先高生长,后径生长的现象^[2]。生长具有明显的周期性。对黑龙江帽儿山实验林场老山水曲柳人工林在43年的生长过程调查结果表明:胸径生长高峰出现在24~28年中,而以后逐渐下降,最大值为0.78 cm/年;树高生长高峰出现在4~24年中,平均生长量达0.40~0.56 m/年;材积生长高峰出现的时间比直径和树高晚,在28年生时开始加快,至43年生时仍属上升期^[7]。根据水曲柳天然林和人工林不同性状的生长变异规律,早、晚期相关程度及选择效率,初步得出水曲柳天然林和人工林早期最佳选择年龄分别为25年和15年的结论^[8]。

1.2 繁育技术研究

水曲柳在系统发育过程中,为了适应严酷的外界条件,形成了种子休眠的特性,这种特性是进行水曲柳实生繁殖的最大障碍。引起水曲柳种子休眠的主要原因:(1)果皮内含抑制物质和阻碍氧气透入;(2)种胚未发育成熟和存在生理休眠;(3)存在ABA等内源萌发抑制物质。对水曲柳种子萌发进行对比试验,发现变温条件下的种子萌发比恒温条件的好,最佳的变温条件为15℃/10℃,最佳的恒温条件是10℃,20℃以上的恒温会诱导种子产生次生休眠^[9]。0.001 mol/L的乙烯利或GA4+7解除水曲柳种子次生休眠的效果较好,种子发芽率分别达到了46%和43%^[10]。贮藏的成熟种子经夏越冬播种亦可以萌发,用适宜的植物生长调节物质处理可以获得较好的发芽效果,研究发现100 mg/L激动素浸种1天的效果较好,播种出苗率达46.5%^[11]。在无性繁殖方面,沈海龙等对水曲柳扦插繁殖影响因子

进行了分析^[12],陈春伟等对水曲柳扦插繁殖技术进行了研究^[13],均获得显著效果。

与传统的无性繁殖和育种方法比较,生物技术具有独特的优势,能快速繁殖一些优良品种并进行脱毒,张丽杰等^[14]研究证实水曲柳的腋芽茎段为快繁的适宜外植体,在萌芽培养中,BA和2ip均可促进腋芽萌发,但以8 mg/L BA处理时萌发效果最好,萌发率达100%;1.0 mg/L的ZT最有利于萌发后新枝的增殖效果。张惠君等^[15]研究发现在水曲柳胚的发育初期,进行胚培养不易成功;当幼胚分化成子叶和胚根时,进行胚培养,胚的成活率和成苗率均较高。但水曲柳组培苗继代培养的外植体分化率低,最高只能达到2 125苗/月。同时研究发现水曲柳的休眠现象在组织培养中也有表现,Nougarede等^[16]在研究欧洲白蜡组织培养时也发现了类似的现象。谭燕双等^[17]用成熟种子的下胚轴为繁殖材料,同样外植体分化率比较低,但生根很容易,在0.5 mg/L IBA溶液中,达到最大生根率82.5%。研究结果表明,在组织培养中,水曲柳也存在休眠现象,到目前尚无人对此现象做出合理的解释,这种现象尚待用生物化学和分子生物学的知识做出解释。

1.3 遗传改良研究

王继志等^[18]通过分生态区的种源研究,揭示了水曲柳地理变异规律,将水曲柳种源区划分成长白山种源区、小兴安岭种源区、三江平原种源区3个种源区和南长白山种源亚区、北长白山种源亚区2个种源亚区。优良种源集中在长白山种源区。确定了辉南、大海林种源为高产型种源。通过对水曲柳生长区的调查,李霞等^[19]将水曲柳主要分布区区划为中心栽培区和一般栽培区2大类,5个立地区。确定长白山北部山地为水曲柳人工栽培的最佳产地区。指出中心产区重点发展和培育优质大径材为主,一般产区以发展大径材和中径材相结合。

基因资源保存方面,开展了优树选择及子代遗传品质差异研究,在生态区选出优良家系和优树,为种子园营建提供了丰富的育种材料。傅耀祥等^[20-21]经过研究提出了方便快捷的水曲柳选优方法,指出水曲柳嫁接繁殖不仅受接穗影响,而且受砧木影响,应实现接穗、砧木双亲良种化。李海威等^[22-23]研究证实水曲柳家系子代和优树子代间遗传品质都存在显著差异。此外,姚盛智等研究了水曲柳种子园无性系配置方案^[24],分析了水曲柳种子园花粉飞散规律^[25]。但从总体上看,中国水曲柳在遗传改良上的应用还处于起步阶段,基因资源还没有得到充分利用。加强水曲柳基因资源

的开发与利用,将有力的促进中国水曲柳遗传改良产业的发展。

1.4 造林技术研究

于顺龙^[26]研究发现坡向和坡位对水曲柳中龄林林分的生长有重要影响,坡向对林分平均胸径和优势树高的影响要大于坡位。马建路等^[27]研究得出影响天然水曲柳生长的立地因子顺序是坡度、坡向、土壤A层厚、土壤总厚和坡位;最适于水曲柳生长的立地是缓的半阴半阳坡的下坡位,最不适于水曲柳生长的立地是陡的阳坡的上坡。而水曲柳幼林适生立地条件与中、成林截然相反,范志强等^[28]研究发现影响水曲柳人工幼林生长的主要立地因子依次为坡位、土壤A层厚、坡向和坡度,其中坡位为主导因子。水曲柳人工幼林在中上坡位生长最好,在下坡位生长差。刘强等^[29]研究发现落叶松人工纯林中开拓效应带对水曲柳天然更新幼苗幼树的发生数量,年龄结构,空间分布状态及树高生长都有显著的促进作用。郭明辉^[30]研究得出间伐强度对生长轮宽度、晚材率、生长轮密度、木材硬度有显著影响;材质综合评定表明重度间伐的林分木材材质最优,轻度间伐林分材质次之,未间伐林分材质相对较差,可采取间伐的培育措施对水曲柳林木进行定向培育。

2 利用价值

水曲柳是一种用途较广的优良用材树种,在国际市场上享有极高的信誉,具有高于针叶树种4~5倍的价格。树干端直,材质坚韧致密,富弹性,纹理通直,刨面光滑,胶接、油漆性能较好,具有良好的装饰性能,可供建筑、飞机、造船、仪器、运动器材、家具等广泛应用。A.K.M.A.Prodhan等^[31]观察了水曲柳木质素的超显微结构,Wang S等^[32]研究了水曲柳木质素高温分解机制,饶久平等^[33]对水曲柳薄木贴面中密度纤维板加工工艺进行了研究,Kubojima等^[34]从撞击弯曲实验中通过负载图获得水曲柳木材的比例极限,Liu Jun等^[35]测定了水曲柳木材的表面纹理,这些研究为水曲柳木材加工与利用,提供了科学依据。

水曲柳树形圆阔、高大挺拔,适应性强,具有耐严寒、抗干旱,抗烟尘和病虫害能力,是优良的绿化和观赏树种。同时可与许多针阔叶树种组成混交林,形成复合结构的森林生态系统,对提高整个林分的涵养水源、保持水土、防止环境恶化等有很大意义和作用。

水曲柳化学成分包括香豆素、环烯醚萜苷、苯丙素、类黄酮、木酚素等^[36]。水曲柳的树皮可入药,是传统的治疗结核、外伤的药物,还可作为驱虫剂。水曲柳乙醇提取物有明显的镇痛、抗炎作用^[37]。水曲柳中的

香豆素成分具有防治病虫害的作用^[38]。同时其还具有免疫、抗菌、抗氧化、保肝、利尿、抗过敏、使皮肤再生等功能。

3 保护与利用对策

3.1 重视水曲柳遗传资源的收集和保存

由于水曲柳本身的特点及经济价值高,木材被大量采伐利用,天然林破坏相当严重。目前可利用资源极少,政府应制定相应的政策、法规,贯彻“保护中开发,开发中保护”的原则,实现资源的永续利用。同时,建立水曲柳种质资源圃,专门收集水曲柳基因资源,积极运用物理、化学诱变和外源基因导入等技术处理已有的优良个体,创造特异种质资源,拓宽遗传基础,为今后开展育种研究提供更多、更好的中间材料。

3.2 加快快繁技术及推广应用研究

水曲柳种子具有明显的结实周期性,且种子休眠期较长,发芽率低,严重影响种子的生产与繁殖。目前水曲柳快繁技术虽然得到一些研究人员的重视并进行了研究,但外植体分化率低,有关无性系大规模应用于生产的报道还未见到。因此,应加大快繁技术体系的研究,扩大优良无性繁殖材料的供应,以满足生产需要。同时大力营造混交林,研究证实:混交林改善了土壤的物理性状,为林木生长提供了良好条件。水曲柳在混交林中明显增产^[39]。

3.3 制定系统的育种策略和高世代改良计划

马常耕^[40]的研究表明,经测定或改良过的材料建成的高世代种子园,其遗传增益可提高30%左右。由于对水曲柳遗传改良的研究起步晚,目前,已建立优树子代试验林,下阶段目标:在过去工作的基础上,加强对现有种子园、优良林分中各种育种材料的子代测定工作,深入了解水曲柳生物学特性,逐步掌握其生长、开花、结实等重要性状的遗传规律,进行种子园去劣疏伐改建或重建,积极开展营建高世代种子园研究。同时研究性状的遗传方式,通过不断地选择与配合,使需要的遗传基因频率不断提高,繁殖材料的遗传品质不断优化,以达到最大限度地提高改良性状的遗传增益的目标。

3.4 开展遗传变异和遗传多样性的研究

林木遗传资源的利用和改良工作只有充分掌握了所研究树种的遗传变异程度及其遗传多样性之后,才能有针对性地制定出合理的遗传改良策略,力求以最小的投入,获得最大的增益。到目前关于水曲柳遗传变异和遗传多样性方面的报道很少见,Li-Jiang Hu等^[41]利用SSR技术揭示了中国东北部水曲柳群体内具有较高水平的遗传变异,但群体间差异较小。这似乎暗

示中国东北部的的水曲柳群体长期不断地进行基因交流导致群体间差异较小。至今关于边缘地区水曲柳的遗传结构、东北部水曲柳群体总的遗传模式都尚未揭晓,因此,应加强与国内外研究机构的学术交流与合作,利用同工酶、RAPD、AFLP、ISSR等分子标记技术对水曲柳群体开展遗传变异和遗传多样性的研究,系统揭示水曲柳天然居群遗传多样性、居群遗传结构、居群间的相互关系,提出天然林保护、基因资源保护对策,为遗传改良奠定基础。

4 结语

水曲柳是珍贵的阔叶用材树种,东北东部山地天然次生林的主要组成树种之一,在中国生态改善、社会经济发展、科学研究中都具有十分重要的意义。到目前为止,中国从生理学、生态学、遗传学及医药学等方面做了大量研究,但仍有许多问题尚须进一步探讨:(1)体细胞生理休眠的机制及其抑制物质;(2)水曲柳树皮药用成分及杀虫活性成分开发;(3)水曲柳针阔混交林的保持与恢复。另外,有关水曲柳生态系统碳贮量及其分配的研究,至今未见报道。水曲柳碳平均含量比较高(52.9%)^[41],同时水曲柳林具有很强的碳汇功能^[42],通过对水曲柳生态系统生物量、碳贮量分配规律及土壤碳库进行系统调查与分析,也为中国制定水曲柳资源保护政策提供科学依据,这将是未来研究的热点问题之一。

参考文献

- [1] 国庆喜,王天明.丰林自然保护区景观生态评价:量化与解释[J].应用生态学报,2005,16(5):825-832.
- [2] 荆涛,张林玉.水曲柳的生长规律[J].内蒙古农业大学学报,2004,25(1):36-39.
- [3] 王广发,庄发明,赵俊昌.长白山林区水曲柳人工更新方式的研究[J].吉林林业科技,2006,35(3):13-18.
- [4] Hu Li-Jiang, Uchiyama Kentaro, Shen Hai-Long, et al. Nuclear DNA Microsatellites Reveal Genetic Variation but a Lack of Phylogeographical Structure in an Endangered Species, *Fraxinus mandshurica*, Across North-east China[J]. Annals of Botany,2008,102(2): 195-205.
- [5] 马建路,石家深,景凤鸣.水曲柳立地地区划[J].东北林业大学学报,1991,19:62-68.
- [6] 梁淑娟,潘攀,孙志虎,等.坡位对水曲柳及胡桃楸生长的影响[J].东北林业大学学报,2005,33(3):18-19.
- [7] 丁宝永,沈海龙,刘强.天然水曲柳林生长发育规律[J].东北林业大学学报,1991,19:137-155.
- [8] 杨世桢,王继志,陈晓波,等.长白山地区水曲柳的早期选择[J].东北林业大学学报,2007,35(2):20-21.
- [9] 张鹏,孙红阳,沈海龙.温度对经层积处解除休眠的水曲柳种子萌发的影响[J].植物生理学通讯,2007,43(1):21-24.
- [10] 张鹏,沈海龙.水曲柳种子次生休眠的预防和解除[J].植物生理学通讯,2008,44(6):1149-1151.
- [11] 张鹏,沈海龙.经夏越冬播种水曲柳种子的萌发效应[J].植物生理学通讯,2009,45(1):37-40.
- [12] 沈海龙,赵霞,邢朝斌.水曲柳扦插繁殖影响因子的分析[J].东北林业大学学报,2005,33(3):5-6.
- [13] 陈春伟,侯艳,陈志国.水曲柳珍稀树种扦插繁殖技术的研究[J].防护林科技,2006,74(5):8-9.
- [14] 张丽杰,张丽玮,冯丹丹,等.水曲柳腋芽离体快繁研究初报[J].植物研究,2007,27(3):319-324.
- [15] 张惠君,罗凤霞.水曲柳未成熟胚的离体培养研究[J].林业科学,2003,39(3):63-69.
- [16] Nougarede A, Silveira C E, Rondet P. In nature dormant buds and in vitro dormant-like buds of *Fraxinus excelsior*L[J]. Protoplasma, 1996,190(1/2):16-24.
- [17] 谭燕双,沈海龙.水曲柳下胚轴的组织培养和植株再生[J].植物生理学通讯,2003,39(6):623.
- [18] 王继志,杨励,陈晓波.水曲柳优良种源选择及造林技术[J].林业科技开发,2004,18(3):17-20.
- [19] 李霞,杨凯,陈效群.水曲柳人工林栽培区划[J].中国林副特产,2006,81(2):75-76.
- [20] 傅耀祥,周胜利,李京.水曲柳性状相关选优方法的探讨[J].吉林林业科技,2001,30(3):5-9.
- [21] 李丰,许明怡,冯运明,等.水曲柳优树选择研究[J].宁夏农林科技,2002,2:35-36.
- [22] 李海威,周玉.水曲柳子代遗传品质的差异研究[J].林业勘察设计,2008,146(2):74-76.
- [23] 王金国,李尚友,朱传富,等.水曲柳优树子代测定试验初报[J].林业科技,1999,24(5):1-3.
- [24] 姚盛智,许安贵,王冰.水曲柳种子园无性系配置的研究[J].林业科技,1995,20(3):23-25.
- [25] 姚盛智,陈志成,王冰.水曲柳种子园花粉观察分析[J].东北林业大学学报,1995,23(3):83-87.
- [26] 于顺龙.坡向、坡位对水曲柳中龄林生长与生物量分配的影响[J].内蒙古林业调查设计,2009,32(1):54-56.
- [27] 马建路,石家深,景凤鸣.水曲柳立地质量评价[J].东北林业大学学报,1991,19:69-73.
- [28] 范志强,沈海龙,王庆成,等.水曲柳幼林适生立地条件研究[J].林业科学,2002,38(2):38-43.
- [29] 刘强,王录,沈海龙.开拓效应带促进水曲柳天然更新效果的研究[J].东北林业大学学报,1991,19:176-181.
- [30] 郭明辉.间伐强度对水曲柳木材材质的影响[J].东北林业大学学报,2001,29(6):36-37.
- [31] Prophan A.K.M.A., Ohtani J., Funada R., et al. Ultrastructural investigation of tension wood fiber in *Fraxinus mandshurica* Rupr. var. japonica Maxim[J]. Annals of Botany,1995,75(3):311-317.
- [32] Wang S, Wang K, Liu O, et al. Comparison of the pyrolysis behavior of lignins from different tree species [J]. Biotechnol Adv,2009,27(5):

- 562-567.
- [33] 饶久平,谢拥群,曾钦志.水曲柳薄木贴面中密度纤维板加工工艺研究[J].林业科技开发,2001,15(6):27-29.
- [34] Kubojima Y, Lato H, Tonosaki M. Proportional limit of wood obtained from a load-time diagram during an impact bending test[J]. Journal of Wood Science,2002,48(6):527-531.
- [35] Liu Jun, Furuno T. The fractal evaluation of wood texture by the triangular prism surface area method[J].Wood&Fiber Science,2001,33(2):213-222.
- [36] Kostova I., Iossifova T.. Chemical components of *Fraxinus* species [J].Fitoterapia,2007,78(2):85-106.
- [37] 陈玉娟,张宏桂,王会堂,等.水曲柳镇痛抗炎活性研究[J].时珍国医国药,2008,19(4):780-781.
- [38] 陈玉娟,张宏桂,孙严彤,等.水曲柳皮总香豆素提取工艺研究[J].时珍国医国药,2008,19(1):3-4.
- [39] 张彦东,王庆成,谷艳华.水曲柳落叶松人工幼龄混交林生长与种间竞争关系[J].东北林业大学学报,1999,27(2):6-9.
- [40] 马常耕.高世代种子园营建研究的进展[J].世界林业研究,1994,1:31-38.
- [41] Zhang Quanzhi, Wang Chuankuan, Wang Xingchang, et al. Carbon concentration variability of 10 Chinese temperate tree species[J]. Forest Ecology and Management,2009,258(5):722-727.
- [42] Thomas S.C., Malczewski G., Saprunoff M.. Assessing the potential of native tree species for carbon sequestration forestry in Northeast China[J].Journal of Environment Management,2007,85(3):663-671.