

# 贵州马尾松遗传改良及种质保存利用研究

邓伦秀<sup>1,2</sup>, 陈景艳<sup>2</sup> (1. 中国林业科学研究院, 北京 100091; 2. 贵州省林业科学研究院, 贵州贵阳 550011)

**摘要** 在概述国内外针叶树种遗传改良研究进展的基础上, 总结贵州近30年来在马尾松种源选择、优树选择及种子园建设等方面取得的成绩, 对马尾松种质保存利用现状及前景进行分析, 并提出今后贵州马尾松遗传改良的目标和方向。

**关键词** 马尾松; 遗传改良; 种质保存利用

中图分类号 S722.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)36-15893-03

## Study on the Genetic Improvement of *Pinus massoniana* in Guizhou and Its Germplasm Preservation and Utilization

DENG Lun-xiu et al (Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

**Abstract** Based on summarizing the research progresses on the genetic improvement of conifers species at home and abroad, the achievements of *Pinus massoniana* study in Guizhou Province during recent 30 years in terms of provenance selection, plus tree selection, tree seed orchard construction, etc. were summarized. The current status and prospect of the germplasm preservation and utilization of *P. massoniana* were analyzed. And the objective and direction of the genetic improvement of *P. massoniana* in Guizhou in future were proposed.

**Key words** *Pinus massoniana*; Genetic improvement; Germplasm preservation and utilization

马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)是我国南方主要的乡土树种和最重要的造林用材树种之一,也是贵州省主要的用材树种。在全省86个县市区中,有74个县市区都有分布,在现有的森林资源中马尾松是贵州森林的主要优势树种,其面积和蓄积均占全省之首。由于贵州独特的地理位置和自然条件,孕育了遗传品质多样的马尾松资源,遗传改良的潜力巨大。贵州马尾松遗传改良研究从20世纪70年代开始,常规育种方面对群体选择、个体选择及多世代改良作了大量研究;在分子水平上的研究有了一定基础;在良种示范造林及经营技术方面有了很大的提高,特别是速生丰产林的生长量、种子园种子产量有了明显的提高。在促进马尾松早期速生、营林措施对木材利用特性的影响、优化栽培模式等方面的研究都取得了突破,选出了优良种源和家系,取得良种选育及用材林、纸浆用材等10项以上的成果。

### 1 国内外针叶树种遗传改良研究进展

**1.1 国外** 林木遗传改良于20世纪50年代在世界各国逐步推广,成为重要的营林措施<sup>[1]</sup>。瑞典是世界上最早开展林木育种的,欧洲赤松和欧洲云杉是该国主要造林树种,长期坚持经营松树种子园。美国、澳大利亚、新西兰、瑞典等国家在湿地松、火炬松的遗传改良中主要采用选优、遗传测定、营建种子园等技术,50多年来已由初级种子园,1.5代种子园和第2代种子园,发展到第3代种子园,个别企业营建了第4代种子园。为进一步提高繁殖材料的增产效益,这些国家在用材树种商品造林中使用的良种,已由半同胞家系,发展到全同胞家系,甚至广泛推广优良的无性系造林<sup>[2]</sup>。澳大利亚辐射松林占针叶树人工林面积的90%,对筛选出来的外来树种开展种内选育,人工林仅占总林地的2%,却提供了一半以上的工业用材,在松树杂交育种中也取得了明显的进展。新西兰用改良繁殖材料营建的辐射松林占人工林面积的一半,已由初级无性系种子园转向用优良亲本控制授粉制

种,由控制授粉种子育苗造林。在多世代育种和遗传增益的可持续研究中,加强了对多世代育种和长期遗传增益的理论研究,提出在固定的近交水平下获取最大遗传增益的方法<sup>[3]</sup>,用群体共祖系数来计算群体基因多样性和近亲关系,并以此对育种值进行调整后作为选择依据<sup>[4]</sup>,建议对传统的“有效群体规模”进行改进,采用“状态数”监测群体基因多样性<sup>[5]</sup>。在分子标记辅助选择的应用中,对林木生长、物候、木材密度和抗病等性状做了研究<sup>[6-7]</sup>,对白云杉成熟林木材密度作了分子标记的早期选择研究<sup>[8]</sup>。

**1.2 国内** 我国有计划地开展林木遗传育种改良和研究工作始于20世纪50年代初期,60年代中期开始建设种子园,提出了杉木选优标准;70年代全面展开了杉木、马尾松等20个针叶树种研究;80年代,将林木遗传改良和研究列入了“六五”国家科技攻关课题,并开展了主要造林树种种源试验及优良林分选择,随后又将主要速生丰产树种选育列入“七五”国家攻关课题;90年代,短周期工业用材树种良种选育课题被列入“八五”国家科技攻关计划,从此走向定向育种的轨道<sup>[9-10]</sup>。到目前为止,我国主要开展了杉木、马尾松、云南松、华山松、华北落叶松、长北落叶松、兴安落叶松、黄山松、油松、红松、樟子松、湿地松、火炬松、柳杉、秃杉、侧柏、红皮云杉等针叶树种的遗传改良研究<sup>[11-57]</sup>。在多世代遗传改良方面,杉木发展最快,其次是马尾松和国外松,马尾松种子园进入第2代,杉木种子园已进入第3代。现已基本弄清了我 国杉木的一般配合力效应,已有研究提出了杉木早期选择的年龄是4年初选,6年决选<sup>[11]</sup>的结论。

### 2 贵州马尾松遗传改良研究进展

**2.1 地理种源试验与优良种源选择利用** 种源(provenance)、地理种源(geographic source)是取得种子或繁殖材料的原产地。林木种内的自然变异是多层次的,其中地理种源变异与林分内个体间变异最为重要,而适应性、抗性在种源这一层次变异中往往所占分量最大,通过种源选择有可能取得良好的改良效果<sup>[58-59]</sup>。种源试验是研究林木群体遗传变异的依据,揭示种群的变异模式与种的进化关系的科学。种源试验结果可以确定产地(群体)在一定地区(生境)中的适应能力和生产力,为林业生产提供高产、优质、稳定的适宜种源,从而区划树种(甚至引种区域)的种苗调拨区,为林木基

**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—贵州区域林木种质整理整合与共享”;贵州省科技基础条件平台项目“贵州省林木种质资源基础平台建设[2006]4005号”。

**作者简介** 邓伦秀(1969-),女,贵州桐梓人,在读博士,高级工程师,从事林木种质资源方面的研究。

**收稿日期** 2008-09-27

因资源的挖掘和保存、筹建育种群体和生产性种源种子提供材料<sup>[60]</sup>。

贵州从1976年起先后4次参加由中国林业科学研究院亚热带林业研究所主持的全国马尾松地理种源试验,1981年在贵州省科学技术委员会立项研究,先后收到马尾松全分布区包括陕西、河南、安徽、江苏、浙江、江西、湖南、湖北、福建、台湾、广东、广西、贵州、四川、云南等地的106个种源的种子,并分别在贵州的黄平县、松桃县、湄潭县、贵阳市、龙里县、紫云县、都匀市、瓮安县8个地区进行了种源试验研究。多点试验表明,马尾松各个种源生长量存在差异,种源选择具有很大潜力。马尾松种源试验的苗期资料表明,21°~24°N, 106°~113°E范围内的广东、广西的种源表现较为突出,四川浦江、南江、南溪,福建的郡武、莱州和江西的吉安等地区对贵州省来说是较好的种源区。初步选出分布于恭城、高州、汝城、宁明、博罗、信宜、都匀、黄平、凯里、岑巩地区的10个适宜贵州的优良种源。贵州省岑巩、黄平、贵阳、凯里、都匀、龙里等地分布的马尾松种源表现较好。目前仍保存有黄平、龙里和贵阳3个种源试验点,试验林8片,面积10.20 hm<sup>2</sup>。

**2.2 优树选择研究进展** 林分内单株间都存在遗传变异,优树就是在同一立地条件下的同龄林分中,生长、干形、材性、抗逆性等性状特别优异的单株。在对贵州省马尾松林分结构、林龄组成、生长特性等研究的基础上提出“5株大树对比法”、“3株大树对比法”、“胸径K值法”等优树选择方法与标准,在各地优良林分中选出优树454株,其中贵阳55株、黄平87株、余庆31株、湄潭17株、剑河17株、施秉12株、岑巩14株、凯里7株、福泉6株、黎平3株、贵定3株、都匀2株、镇远1株、三穗3株、麻江26株、丹寨23株等。优树收集区是收集和保存优树资源的场地,是营建种子园和开展育种工作的物质基础。黄平县国营林场马尾松优树收集区始建于1975年,面积6.80 hm<sup>2</sup>,共收集388个无性系,其中省内无性系286个,省外无性系102个。

**2.3 种子园及多世代遗传改良进展** 种子园是树木良种繁育的基地,是生产优良遗传品质和较高生活力种子的场所。贵州省在种源试验的基础上,按育种程序建立了优树收集区,种子园生产区,子代遗传测定区。在种子园嫁接技术中,应用小砧木嫩梢髓心形成层对接法,嫁接成活率从40%提高到90%,突破了嫁接技术,试验表明,4月上旬至5月上旬是嫁接成活率最高的季节。为加速育种进程,在选优、建园的同时进行了子代林建设与测定工作。黄平县马尾松初级种子园于1979年开始嫁接,1984年建成面积65.26 hm<sup>2</sup>,入园无性系179个。1982年部分无性系已开花结实,1984年产净种7.5 kg/hm<sup>2</sup>,种子生理和遗传品质均优于当地收购的商品种,纯度达96.4%,比商品种高出4.7%,千粒重11.66 kg,比商品种高出17%,场圃发芽率78.5%,比商品种高出24.8%。黄平县马尾松子代测定林分别于1979、1983、1984、1985、1986、1987年连续6年建设完成,有优树子代、全同胞子代、半同胞子代。根据子代测定结果,1990年对初级种子园亲本无性系作重新选择,经去劣疏伐后改建为第1代改良种子园。种子园3年生子代遗传增益树高为30%,9年生优树子代遗传增益树高为32%,胸径为56.7%,材积为37.2%,干形为

27.0%。2002年在子代测定林调查结果分析基础上,选择优良家系中的优良单株,建立了第2代无性系种子园。

黄平县马尾松第一代种子园连续12年球果产量柱状图表明,马尾松种子园球果产量存在明显的大小年,从1994年稳产始至2002年止,在连续9年的球果产量中出现了3个丰产年,3个平产年,3个小产年。3次丰产年分别是1994、1997和2000年,球果产量分别为3.93、8.00和6.76 kg/hm<sup>2</sup>;3个平产年分别是1995、1998和2001年,球果产量分别为1.78、5.54和2.98 kg/hm<sup>2</sup>;3个小产年分别是1996、1999和2002年,球果产量分别为0.29、0.23和0.01 kg/hm<sup>2</sup>。球果出种率平均为2.17%,变幅为1.66%~2.72%,平均产种子0.054 kg/hm<sup>2</sup>,变幅为0.002~0.166 kg/hm<sup>2</sup>,有种子产量记录的12年来为贵州造林累计提供种子10 297.53 kg(图1)。

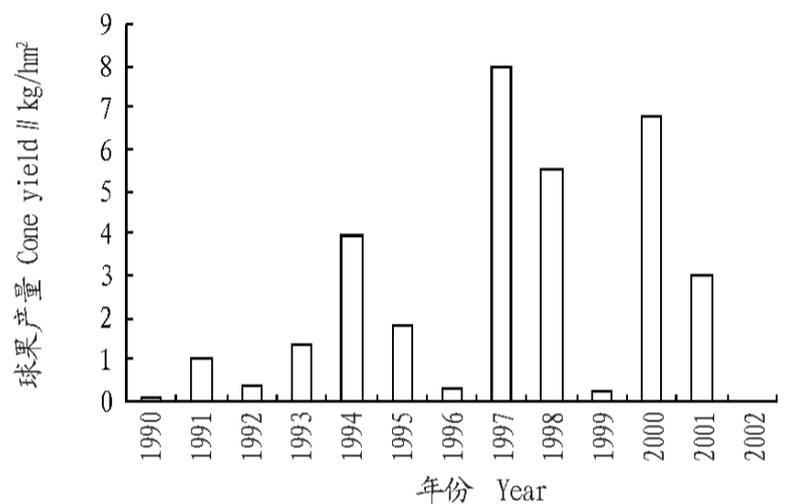


图1 马尾松球果产量

Fig.1 The cone yield of *Pinus massoniana*

**2.4 分子标记辅助育种研究进展** 分子标记辅助育种可以在林木早期生长阶段对一些性状进行鉴别,构建单种分子标记遗传图谱或几种分子标记共存的遗传图谱,及时对控制数量性状的基因进行定位,对林木群体结构、变异、分化和基因流动进行研究。马尾松种内遗传变异较丰富,但约98%的遗传变异存在于群体内,研究同功酶表型与林木重要经济性状的相关性可以对子代作出早期选择,大大缩短育种周期,加快育种进程。在对贵州都匀、余庆、剑河的5个马尾松天然群体12个酶系统20个基因位点研究时发现Aap~1<sup>d</sup>基因与马尾松的高生长有关,不利于其树高生长,在马尾松选优,子代测定、继代种子园的建立中,尽量避免Aap~1<sup>d</sup>基因进入种子园<sup>[60-61]</sup>。

### 3 贵州马尾松种质资源保存利用现状

贵州省马尾松遗传改良研究已有30年,现有马尾松种子园4个,即贵阳、黄平、都匀和天柱,面积约200 hm<sup>2</sup>,优树收集区收集保存优良无性系388个,种子园入园无性系192个,子代测定林优树半同胞家系51个,种子园半同胞家系179个,全同胞家系38个。

### 4 贵州马尾松高世代遗传改良目标及方向

一是利用已建的种源试验林和子代测定林,加快马尾松定向遗传改良的研究,按材用、脂用等不同的遗传改良方向评选出一批优良种源和优良家系。二是在已建的马尾松育种群体内,开展双亲控制授粉杂交育种研究,选出具有不同抗逆性的优良家系。三是充分利用现在分子生物育种手段,推动马尾松遗传改良向分子水平发展,通过寻求分子标记和目的性状间的相关性,实现对多个重要经济性状的间接选

择,缩短选育周期、提高选择效率。四是尽快对子代测定林的有关数据资料进行综合整理,研究马尾松遗传规律,为更高世代的马尾松种子园提供遗传材料。

#### 参考文献

- [1] International Union of Forest Organization IUFRO Joint Conference of Division 2. 2004 on Forest Genetics Meeting Proceedings [R]. IUFRO, 2004.
- [2] LI BAILIAN, STEVEN MCKEAN. 2004 IUFRO Joint Conference of Division 2 [R]. 2004 IUFRO Forest Genetics Meeting Proceedings, 2004.
- [3] BRISBANE J R, GIBSON J P. Balancing selection response and rate of inbreeding by including genetic relationships in selection decisions [J]. *Theor App Genet*, 1995, 91: 421 - 431.
- [4] ZHENG Y Q, LINDGREN D, ROSVALL O, et al. Combining genetic gain and diversity by considering average coancestry in clonal selection of Norway spruce [J]. *Theor App Genet*, 1997, 95: 1312 - 1319.
- [5] LINDGREN D, GEAL D, JEFFERSON A. Status number for monitoring genetic diversity [J]. *Forest Genetics*, 1997, 4(2): 69 - 76.
- [6] FLOMON C, DUREL C E, VERHAEGEN D. Marker-assisted selection in forest tree breeding programs as illustrated by two examples: Maritime pine and eucalyptus [J]. *Annales des Sciences Forestieres*, 1996, 53(4): 819 - 848.
- [7] WHITTAKER J C, CURNOWER N, HALEY C S, et al. Using marker maps in marker-assisted selection [J]. *Genetical Research*, 1995, 69(3): 255 - 265.
- [8] DENDROME. Forest tree genome research updates [J]. *Genetics Research*, 1994, 1(2): 215 - 221.
- [9] 陈代喜. 我国林木遗传改良进展综述 [J]. *广西林业科技*, 2001, 30(S1): 13 - 17.
- [10] 胡彦师, 梁一池. 我国林木遗传改良的研究现状及展望 [J]. *林业科技*, 2002, 27(5): 8 - 12.
- [11] 顾万春. 中国林木育种 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [12] 沈熙环. 种子园技术 [M]. 北京: 北京科技出版社, 1992.
- [13] 涂忠虞, 沈熙环. 中国林木遗传育种进展 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1993.
- [14] 沈熙环. 种子园优质高产技术 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1994.
- [15] 马明呈. 针叶树种良种繁育研究进展 [J]. *青海大学学报: 自然科学版*, 2005, 23(5): 20 - 29.
- [16] HONG J S. Research advances in forest tree genetics and breeding in China [J]. *IUFRO World Series*, 1996, 45(4): 181 - 187.
- [17] 施季森. 杉木 337 个优良家系和 1.5 代种子园亲本的选择 成果研究报告 [R]. 全国杉木种子园攻关协作组, 1986.
- [18] 孙培琨, 陈代喜, 吕作鹏. 杉木初级无性系嫁接种子园营建技术研究 [J]. *广西林业科技*, 1987, 16(1): 16 - 23.
- [19] 广西林科院. 广西杉木第一代种子园营建技术研究 成果研究报告 [R]. 1987.
- [20] 广西林科院. 杉木后代测定与家系选择研究 成果研究报告 [R]. 1990.
- [21] 陈益泰, 张建章, 游昌顺, 等. 杉木初级种子园遗传效益的一个验证 [J]. *林业科学研究*, 1990, 3(2): 151 - 154.
- [22] 李锦清, 范义荣. 杉木种子园单亲子代测定结果的分析 [J]. *浙江林学院学报*, 1990, 7(1): 8 - 14.
- [23] 张建章, 兰玉, 祝春敏. 九年生杉木全同胞子代林的遗传效应分析 [J]. *浙江林业科技*, 1991, 11(4): 23 - 29.
- [24] 陈代喜, 莫钊志. 广西杉木遗传改良进展及发展策略 [J]. *广西林业科学*, 1993, 22(3): 108 - 112.
- [25] 陈代喜. 杉木遗传测定的研究 [J]. *广西林业科学*, 1994, 23(2): 65 - 71.
- [26] 邓绍林, 卢天玲. 杉木优良种源种子园管理技术 [C] // 沈熙环. 种子园优质高产技术. 北京: 中国林业出版社, 1994.
- [27] 叶志宏, 施季森. 杉木基因型环境交互效应的 AMMI 模式分析 [J]. *南京林业大学学报*, 1993, 17(4): 15 - 21.
- [28] 施季森, 叶志宏. 杉木生长与材性联合遗传改良研究 [J]. *南京林业大学学报*, 1993, 17(1): 1 - 8.
- [29] 洪昌瑞, 陈天霞, 沈辛作, 等. 杉木优良杂交组合筛选及配合力分析 [J]. *浙江林业科技*, 1992, 12(6): 1 - 8.
- [30] 陈代喜, 张文桥, 张晓东, 等. 杉木优良家系区域化试验研究 [J]. *广西林业科学*, 1997, 26(1): 23 - 29.
- [31] 张文桥, 陈代喜, 韦孟琼, 等. 杉木无性系区域化试验的初步研究 [J]. *广西林业科学*, 1996, 25(4): 201 - 205.
- [32] 俞新妥. 中国杉木研究 [J]. *福建林学院学报*, 1998, 8(3): 203 - 220.
- [33] 俞新妥. 中国杉木 90 年代的研究进展 (I) [J]. *福建林学院学报*, 2000, 20(1): 86 - 95.
- [34] 秦国峰, 周志春, 金国庆, 等. 马尾松遗传参数估算和优良家系评选 [J]. *林业科学研究*, 1992, 15(2): 127 - 133.
- [35] 周志春, 秦国峰, 李光荣, 等. 马尾松遗传改良的成就、问题和思考 [J]. *林业科学研究*, 1997, 10(4): 96 - 103.
- [36] 郑仁华. 马尾松早期选择的研究 [J]. *福建林学院学报*, 1999, 19(4): 368 - 371.
- [37] 郑仁华, 蔡天贵, 陈国金, 等. 马尾松优树子代测定及速生优良家系选择的研究 [J]. *福建林业科技*, 1998, 25(3): 11 - 16.
- [38] 周志春, 傅玉狮, 吴天林. 马尾松生长和材性的地理遗传变异及最优种源区的划定 [J]. *林业科学研究*, 1993, 6(5): 556 - 564.
- [39] 蔡邦平, 梁一池. 马尾松高世代遗传改良方案探讨 [J]. *福建林业科技*, 1998, 25(1): 20 - 25.
- [40] 荣文琛, 吴天林, 岳水林, 等. 马尾松造纸材种源选择 [J]. *林业科学研究*, 1992, 5(1): 7 - 13.
- [41] 杨章旗. 广西马尾松遗传改良的问题与对策 [J]. *广西科学院学报*, 1999, 15(2): 90 - 93.
- [42] 唐效蓉, 李午平, 陈明皋. 湖南马尾松遗传改良现状与策略 [J]. *湖南林业科技*, 2004, 31(6): 30 - 32.
- [43] 郑仁华, 杨宗武, 傅玉狮. 马尾松材性遗传改良的现状与展望 [J]. *福建林业科技*, 2000, 27(2): 19 - 21.
- [44] 沈熙环. 福建林木遗传改良的成功经验及发展建议 [J]. *林业科技开发*, 2006, 20(4): 1 - 3.
- [45] 陈天华, 王章荣. 对福建省马尾松遗传改良与良种生产工作的建议 [J]. *福建林业科技*, 1994, 21(3): 43 - 45.
- [46] 郑仁华, 杨宗武, 梁庆松, 等. 马尾松建筑材优良家系的选择 [J]. *福建林学院学报*, 2002, 22(1): 1 - 3.
- [47] 郑仁华, 刘芳, 欧阳磊, 等. 马尾松第二代无性系种子园营建技术试验研究 [J]. *福建林业科技*, 2006, 33(4): 1 - 12.
- [48] 黄立军, 张广炎, 陈虞禄, 等. 广东省速生马尾松优良家系选择研究 [J]. *广东林业科技*, 2007, 23(2): 37 - 41.
- [49] 赵世远, 王红, 周永丽. 马尾松半同胞优良家系选择的研究 [J]. *四川林业科技*, 1991, 12(1): 31 - 46.
- [50] 何礼华, 陈孝英, 李锦清, 等. 湿地松种子园自由授粉子代幼年期测定及选择 [J]. *林业科学研究*, 1992, 5(5): 518 - 523.
- [51] 何富强. 云南松优树半同胞子代测定 [J]. *云南林业科技*, 1995(2): 1 - 10.
- [52] 毛玉琪, 张景林, 王福森, 等. 樟子松优树子代早期选择的研究 [J]. *林业实用科技*, 1993(6): 5 - 7.
- [53] 翁殿伊, 王同立, 杨景泉. 油松优树子代测定初报 [J]. *林业实用科技*, 1987(1): 21 - 24.
- [54] 陈强, 常恩福, 董福美, 等. 云南松天然优良林分自由授粉混合种子代测定 [J]. *林业科学*, 1998, 34(5): 38 - 44.
- [55] 杨文书, 夏德安, 孙洪志, 等. 长白落叶松遗传参数的估算及优良家系的综合选择 [J]. *东北林业大学学报*, 1991(2): 46 - 53.
- [56] 杨书文, 王秋玉, 刘桂丰, 等. 落叶松遗传改良效果及其育种程序 [J]. *东北林业大学学报*, 1992, 20(1): 1 - 8.
- [57] 沈熙环. 中国林学会林木遗传育种第四届年会论文集 [C]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [58] 陈晓阳, 沈熙环. 林木育种学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [59] 王明麻. 林木遗传育种学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [60] 黄启强, 王莲辉. 马尾松天然群体同功酶遗传变异 [J]. *遗传学报*, 1995, 22(2): 142 - 151.
- [61] 黄启强, 王莲辉. 马尾松生长势与同功酶表型的关系 [J]. *林业科学*, 1994, 30(3): 214 - 219.