

“七五”国家科技攻关主要速生丰产树种良种选育文集

种子园技术

Seed Orchard Techniques

沈熙环 主编

北京科学技术出版社

前 言

“主要速生丰产树种良种选育”系“六五”、“七五”国家重点科技攻关课题。针对林业生产急需，“七五”期间，开展了“重要造林树种种源选择”、“平原农区阔叶树良种选育和区域化试验”、“优良林分选择、改良和促进结实技术”、“主要针叶树种种子园建立和经营管理技术研究”、“油茶、油桐、板栗、核桃良种选育”和“珍稀濒危树种保存和繁殖技术研究”6方面进行了较为系统的研究。共安排了47个专题，34个造林树种，组织了百余个单位共1545人次科技人员协同攻关。

8年来，在国家计委的领导下，在有关部门的重视和大力支持下，经课题、专题群、专题承担单位和全体科技人员的积极努力，较好地完成了科技攻关任务，获得了一批重要科技攻关成果。在已鉴定成果中，有的居国际同类研究的先进水平，有的接近国际同类研究水平，其中大多数成果已在生产中应用推广，获得了明显的经济效益和社会效益。这些成果，技术上配套、实用，理论上有一定深度，为进一步开展我国林木遗传改良奠定了良好的基础，对林业生产建设将起到积极推动作用。

为向各级部门汇报多年来林木良种攻关的成绩，总结“六五”、“七五”林木良种选育科技攻关经验，推动科技成果的进一步应用和转化为生产力，促进科技和经济的紧密结合，特汇编此文集。文集收集了“七五”以来的研究成果和撰写的论文，资料较新，内容丰富，共分为“种源试验”、“阔叶树遗传改良”、“阔叶树优良无性系图谱”、“优良林分选择”、“种子园技术”、“经济林良种选育”6个分册，供管理部门以及科研、教学、生产单位和广大林业工作者参考。

由于时间仓促，不足之处在所难免，敬请批评指正。

林业部科技司

1990年8月

“七五”国家科技攻关主要速生丰产树种良种选育文集

主编 林业部科技司

编委 (按拼音为序)

韩一凡 洪菊生 黄敏仁 刘大兴 刘效章 潘本立 沈熙环 施季森
宋朝枢 涂忠虞 王明庥 王章荣 杨林梅 杨书文 张培果 张懿藻
朱之悌 庄瑞林 奚声珂

《种子园技术》

主编 沈熙环

编委 (以专题编号为序)

施季森	(杉木)
潘本立	(兴安、长白落叶松)
张颂云	(华北、西伯利亚、日本落叶松)
沈熙环	(油松)
张瑞阳	(华山松)
王章荣 秦国峰	(马尾松)
陈铁英	(樟子松)
钟伟华	(湿地松、火炬松)
张全仁 陈佛寿	(杉类无性系选育)
舒凤梅 张 安	(红松)
张颂云 吕 航	(性状早期测定)

序

本世纪30年代在北欧出现了林木良种繁殖的新形式——种子园,50年代后风靡世界。我国于60年代起步,在70年代得到了较大的发展,80年代“主要针叶树种种子园建立和经营管理技术研究”列为国家“六五”、“七五”重点科技攻关课题,共设11个专题,含14个树种。各攻关专题组与生产部门密切配合,取得了长足的进步,在这期间取得的主要成绩可以归纳如下:

一、优树资源的调查、收集、研究和利用

除西藏、青海、台湾少数省区外,在全国范围内按合理的部署和布局,统一的技术原则,共选择收集杉木、落叶松、油松、马尾松等主要造林树种种子园优树2.1万株,营建收集圃378公顷,对收集的优树约有半数用于种子园,其中不少作了开花习性、花期、生长节律的观察,在杉木等树种中作了材性、松脂组分和含量,以及抗寒性等分析,油松和马尾松还作了同工酶谱遗传组分的分析。本项工作不仅支援了当前生产,同时,保存了大量育种资源,为针叶树种改良的持续发展奠定了丰厚的物质基础。此外,还实现了部分树种优树资源技术档案的计算机管理。

二、开展遗传测定,提供了优良繁殖材料和遗传育种参数

对选择收集优树作了子代测定和无性系测定。据不完全统计,在近10年中提供了优良家系近2千个,杉木、落叶松优良无性系近百个,材积增产幅度10~15%。今天,育种目标已不再局限于材积生长了,已向提高材质、开拓新的林产品、增强适应性等多种方向探索。与此同时,在各个树种中积累了各层次遗传变量大小、配合力、交配设计效应、交互作用和稳定性等方面的数据。适用于林木遗传改良信息处理的软件系统也已研制。这些工作不仅对制定树种改良计划十分重要,同时也丰富了我国的林木遗传育种学。

三、探索种子园的营建技术和提高种子产量的途径

种子园园址影响到种子的产量和品质。对各个树种普遍作了园址气候、土壤因子与种子产量的分析。为确定各个树种适宜的隔离距离和配置方式,不少专题做了花粉飞散的观测,提出了隔离带宽度和各具特点的多种配置方式。近年来南北树种都面临了种子园的去劣疏伐和营建第一代改良种子园的任务,多种方案业已提出。杉木等第二代种子园,落叶松杂种种子园都已建成,积累了营建这类种子园的经验。

目前,种子园产量普遍偏低,提高种子园产量已成为当务之急。为此,广泛开展了无性系开花结实习性的观察和球果败育原因的分析,研究了提高种子产量的多种途径:从辅助授粉、施肥和灌溉,到种实病虫害生活史的观察和病虫害的防治。一些专题还作了授粉、受精、种子发育过程的显微观察。根据大量工作中积累的经验提出的增产措施,可以成倍地增加种子园产量。

四、从性状早期预测和提前开花结实着手缩短育种世代

限制林木育种迅速发展的最大障碍是生殖周期和育种周期长,对生长缓慢的北方用材树种尤为突出。各专题普遍开展了经济性状的早一晚相关研究。据对油松、红松、马尾松、落叶松等树种大量数据的分析,用材树种有把握在不到1/3轮伐期年限内决选;如分批淘汰,

在定植后 2~3 年就可进行；杉木子代可在造林后 6~7 年决选。这些结论对育种实践十分重要。此外，在部分树种中，还开展了形态、解剖、生理生化等指标与生长性状相关的研究，开阔了思路，积累了资料。

提前促花措施在油松等一些树种中也已开展。除采用环扎、环割、截根、地膜覆盖等栽培措施外，还应用了赤霉素、细胞分裂素、脱落酸等试剂，配合开展了解剖学观察和内源激素的分析，取得了一些进展，并探讨了开花机理。

五、针叶树种无性繁殖技术有显著进步，为实现无性系造林创造了条件

70年代以来，针叶树种的无性系造林受到了重视。我国杉木和落叶松的插穗生产和插条技术近10年来有所突破。杉木无性繁殖成绩显著：6年生采穗圃每公顷产插穗400万条，造林2千公顷，同时研究了萌芽发生规律，提出了克服成熟效应和位置效应的一些措施，开展了无性系选择和无性系林分生长进程的分析，为大面积无性系造林准备了条件。杉木已初步形成了无性系选择和利用的技术体系。在松类嫁接技术上也有显著的改进。从而拓宽了有性和无性选育途径密切配合的渠道。

10年努力，我国针叶树种改良已经迈上了一个新的台阶，对林业生产已作出了应有的贡献，在理论上也有所建树，我们今天的一些工作与世界上林业发达国家的水平已不相径庭。然而，林木育种是长期的工作，两期攻关只是奠定了今后工作的基础。“八五”国家科技攻关业已开始，林木育种课题确定以短周期速生用材树种为对象；在攻关组织上以树种为单元。这种组织形式，有利于综合、协调地运用群体和个体改良方法，也有利于把有性和无性系选育途径有机地结合起来。就当前针叶树种改良而言，仍然应立足于充分发掘和利用现存的遗传变异，在尽可能短的时间内为林业生产提供数量大、品种多、质量高的繁殖材料。这是我们工作的中心。

围绕这一中心，近期工作可以考虑如下：切实做好现有收集圃、各种试验林的管护、研究工作，继续充实新的育种资源，使多世代改良有稳实的基础；继续紧抓遗传测定，做好一般配合力高的家系的测交制种工作，按育种目标，选择和培育优良家系和无性系；进一步研究种子园高产、稳产的技术措施，提出切实可行的增加产量和提高品质的办法，研究种子园去劣疏伐和改造技术，杂种种子园和高级种子园的营建技术；研究无性繁殖机理，开拓、完善营养繁殖方法，继续观察无性系林分的生长过程；在种源试验基础上，开展优良家系和无性系的区域化试验，做好良种示范和推广工作；完善各种性状的选择和评定技术，开展缩短生殖周期的试验，加速育种世代；根据树种特性、育种目标、资源和社会条件，制定各个树种的育种计划，充分利用种内各个层次的遗传变异，使当前工作和长期改良有机地结合起来。为使林木遗传育种界能对我国和世界林业建设作出应有的贡献，让我们团结协作，努力奋进。

本书基本反映了两个五年攻关期间本专题群的主要成绩。全书分4个部分：进展和展望，是各专题工作综述；育种资源的选择、遗传变异规律研究和子代测定工作；开花生物学和种子园技术，是围绕提高种子园产量和品质以及提高经营水平的研究内容；营养繁殖和无性系选育，着重介绍了杉木、落叶松插穗生产、扦插和无性系选育及松类嫁接。相同内容的文章按专题序号先后编排。本书是在各个专题负责人审稿基础上编成的，文章虽经多次修订，但肯定仍然会有不少缺点和错误，欢迎广大读者指正。

沈熙环

1991年12月于北京

目 录

I. 进展和展望

杉木	施季森	(1)
兴安、长白落叶松	潘本立 高裔林 李 志	(8)
华北、西伯利亚、日本落叶松	张颂云 王翠华 赵士杰	(15)
油松	沈熙环	(20)
华山松	伍孝贤	(32)
马尾松	王章荣 陈天华	(37)
樟子松	陈铁英	(44)
湿地松、火炬松	钟伟华	(50)
杉类无性系选育	张全仁 陈佛寿	(55)
红松	牛芝屏 舒凤梅 宁依萍	(66)
主要针叶树种性状早期测定技术研究	张颂云 吕 航 王力华	(72)

II. 育种资源选择、研究和遗传测定

杉木生长与材性联合遗传改良研究	施季森 叶志宏等	(78)
杉木测交系设计后代遗传分析	施季森 叶志宏 李寿茂 翁玉榛 余荣卓	(93)
落叶松优良家系的选择	张含国 潘本立 周显昌 李希才 刘洪雁	(98)
油松无性系形态结构和同工酶变异与鉴别	李 悦 沈熙环 张志芸 吴中梅	(101)
马尾松选优综合评分标准的分析	白根本 陈天华 王章荣	(106)
马尾松木材性状的遗传变异与改良潜力	王章荣 陈天华	(109)
马尾松优树自由授粉优良家系评选	陈天华 王章荣	(113)
樟子松不同产地优树差异及对种子园的影响	刘新田 张宝财 杜晓光 凌炳杰	(120)
湿地松双亲本子代生长研究	赵奋成 李宪政 廖树森	(125)
林木遗传改良统计应用软件系统研制	叶志宏	(133)

III. 开花生物学和种子园技术

长白落叶松种子园花粉动态的研究	李希才 刘洪雁 王秀娟 杨维华 潘本立	(140)
华北落叶松生殖器官的发育和球果空粒的分析	贾桂霞 沈熙环 李凤兰	(146)
促进油松球花形成的措施和机理的研究	王沙生	(152)
提高油松种子园产量和品质的若干对策	沈熙环 匡汉晖 张华新 李 悦	(169)
马尾松有性生殖过程的研究	秦国峰 王培蒂	(177)
华山松种子园无性系开花习性研究	张瑞阳 胡先菊 伍孝贤 王育民	(185)
樟子松种子园开花结实规律的研究	陈铁英 衣俊鹏 王丽娟 吕永芳 冯保新	(191)

樟子松种子败育的形态解剖学探讨·····	王丽娟	衣俊鹏	车延江	(198)
红松种子园母树整形研究·····	张 安	王行轩	王 伟	刘吉祥 孟广仁 (201)
提高红松无性系种子园座果率的研究·····	王行轩	张 安	王 伟	吴沛国 (208)
杉木种子园施肥研究·····	迟 健	胡德活	王嫩良	李锦清 谢正成 (213)
杉木种子园主要害虫及其防治的研究·····	钱范俊	翁玉榛	余荣卓	郑斌林 (221)
辽宁兴城油松种子园虫害研究·····	李镇宇	沈熙环	匡汉晖	温俊宝 张润志 (229)
马尾松种子园主要害虫及防治方法的研究 ·····	赵锦年	秦国峰	陈 胜	黄 辉 冯慧群 (235)
华山松赤落叶病空间格局及其应用研究·····				曾淑华 (245)
油松种子园经济效益分析与对策·····				邱俊齐 (250)

IV. 营养繁殖与无性系选育

杉木采穗圃营建技术的研究·····	方 程	李明鹤	李恭学	黄自瑶 (256)
杉木扦插育苗技术研究·····	李恭学	张全仁	许忠坤	黄自瑶 (264)
杉木大树复壮研究·····	阙国宁	李明鹤		诸葛强 (271)
兴安、长白、杂种落叶松嫩枝扦插的研究 ·····	周显昌	潘本立	张含国	李希才 刘洪雁 (275)
日本落叶松嫩枝扦插繁殖技术的研究·····	张颂云	王青林		王力华 (280)
油松短枝(针叶束)嫁接技术的研究·····	沈熙环	祖国诚		梁荣纳 (288)
马尾松嫩枝穗条嫁接效果的分析·····		秦国峰		王培蒂 (300)
杉木无性系选育及其效果研究·····	张全仁	陈佛寿	陈益泰	许忠坤 方 程 (306)
杉木家系无性繁殖造林效果研究·····	陈佛寿	程政红	陈茂材	余席伟 刘书金 (312)
攻关主要人员名录·····				(318)
英文记要·····				(320)

I .进展和展望

杉 木

施季森* (南京林业大学)

摘要 “七五”攻关期间,专题组在杉木种子园种子产量影响因素及提高种子产量的综合措施,杉木优良家系区域试验及其与环境的交互作用,杉木生长与材性联合改良,第二代改良的初步效果,杉木抗逆性遗传改良,林木遗传改良实用统计应用软件系统的研制与开发,杉木遗传改良的经济效果等方面进行了系统研究,取得了成果。同时,还对杉木种子园建立技术研究的经济效果、成果的推广和应用前景,“八五”攻关乃至未来10年杉木遗传改良的研究方向等问题进行了讨论。

关键词 杉木 种子园 种子产量 生长—质量改良 抗性改良 区域试验 多世代改良 实用软件包 经济效果

专题组“七五”攻关的最终目标是选出290个速生、丰产、优质、抗性强和遗传稳定性好的家系及亲本,同时为当前生产研究和解决这些优良材料的繁育途径和推广技术。从理论研究和储备的角度,要初步解决多世代改良、多性状和多种用途选择方法和技术,为杉木第二代遗传改良,提供物质和技术基础。围绕这个目标,协作组展开了1.5代种子园建立技术及其效果的研究,种子园种子丰产技术的研究,优良家系与环境交互作用的研究,进行杉木育种区划的研究,第二代改良原理和方法的研究,杉木材性和抗逆性遗传改良原理和方法,杉木遗传改良经济效果分析模型等一系列的研究。现将主要研究进展综述于后。

* 执笔人。本专题由南京林业大学、林科院亚林所主持。参加单位有广东省林科所、广西(区)林科所、贵州省林科所、湖南省林科所、四川省林科所、江西省林科所、福建省林科所、福建省林业厅林木种苗总站、浙江省林科所、中国林科院大岗山实验局、赣州地区林科所、黄山市林科所、咸宁地区林科所、福建省林业厅洋口林场和三明市官庄林场17个单位。

一、“七五”攻关研究进展

(一)种子园种子产量影响因素及促进种子丰产技术措施

1. 种子园种子产量主要影响因素

当前,全国范围内影响杉木良种使用规模的主要制约因素是种子园种子产量不稳定。为解决这一问题,全面系统地分析影响种子园种子产量的主要因素。专题组除对部、省联营的重点杉木种子园按统一方案进行调查分析外,并对林业部1982年设置的10个试点推广种子园和27个代表性种子园作了调查,影响杉木种子园种子产量的主要因素有:

(1)建园无性系亲本间开花结实能力存在明显的遗传差异和地理变异

杉木无性系亲本间存在着开花结实能力的差异^[1]。目前建园无性系中,无论是中心产区还是边缘产区,按种子产量可分为高产类型(约占25%),中间产量类型(约占45%)和低产类型(约占30%)。按子代生长量与其母树的结实能力分也同样有三种类型:树木材积生长量和母树结实能力呈负相关型、不相关型和正相关型。同时,杉木种子园无性系结实能力呈现一定的地理变异模式。来自杉木中心产区的亲本种子产量相对较低,而中心产区稍偏南或偏北起源的亲本结实量较多,呈现“V”形变化趋势。但这种地理变异趋势不是绝对的,如南林和福建选出的第一代种子园亲本洋33号,不仅子代生长迅速,而且结实量也较多。在福建、浙江等地的观察均证实了这一点^[2]。杉木种子园亲本结实能力的这种地理和遗传差异,为生长量和结实能力的联合选择提供了良好的机会。

(2)种子园所在地气象因子

影响产量的气象因子主要有降雨量、日照、晚霜和极端高温等。杉木种子园种子产量的波动同当地当年三月降水量和日照时数密切相关。开花传粉季节降水超过150mm,日照少于100h,将严重妨碍母树的正常开花和传粉。1987年秋对福建省5个主要种子园抽样调查表明,已发育的雌花有90%因未正常授粉导致败育^[1]。杉木开花期的倒春寒常引起雌球花和幼果的冻害。1988年3月12~14日福建沙县平均温度上升到20℃,而3月16日凌晨下降到零下2℃,致使开放的雌花严重冻害。春季突然升温过高对雄球花的小孢子分化有严重影响。正常情况下,小孢子分化需一周且维持在5~10℃为佳。当气温突然上升至25℃以上时,小孢子被迫在1~2天分化完成,同时形成许多染色体畸形分裂的小孢子^[3],直接影响了杉木的授精过程。此外,6月中下旬胚胎发育前期的平均温度过低或过高同样会引起胚胎败育。

(3)种子园的郁闭度和透光度

种子园的郁闭度和透光度,主要通过光照条件和空气湿度及有效的结实层大小对种子产量产生影响。郁闭度大于0.7时,树冠开始交叉,自然整枝严重,不仅使有效的结实层由树高的2/3下降为1/3,而且种子园内的光照强度下降了1/2~16/17,开花高峰期花粉飞散密度下降1/2以下,直接影响杉木的传粉^[4]。

(4) 种子园球果蛀食害虫对种子产量的影响

据南京林业大学和福建省洋口林场连续三年(1988~1990)观察表明,杉木种子园幼果及球果的平均被害率分别为25~30%。直接危害杉木球果的主要害虫有球果麦蛾,螟蛾和杉木扁长蛾等^[5],其中球果麦蛾是危害杉木球果的新种。杉木幼果和球果被害后开始变色、畸形,最终干枯。这些害虫每年发生多代,虫龄不齐,形成世代交替危害,给防治增加了很大困难。以蛀梢为主的杉梢小卷蛾反复危害当年的新梢,且严重危害花芽分化,这尚未引起人们的充分重视。另外,土栖白蚁、双条杉天牛,小蠹虫等危害树体的害虫,对种子产量也有间接影响。

2. 种子园种子丰产技术措施

(1) 提高种子产量的根本措施

选用子代遗传增益高、结实性能好的无性系是提高杉木种子园种子产量的根本措施。南京林业大学和福建省林业厅林木种苗总站、洋口林场、三明市官庄林场,从第一代种子园亲本群体中筛选的双优无性系建立的8亩种子丰产种子园,取得了明显的效果。1988~1990年种子亩产分别为4kg, 6.75kg和11kg。浙江开化县林科所也采用这种方法筛选出7个无性系补充到高产试验区,使7年生亩产达7.38kg,比同年种子园总平均亩产提高69%^[6]。

(2) 高产稳产的环境条件控制措施,包括种子园园址的选择和建园连续面积大小的控制。目前,有几方面问题值得进一步研究:

第一是种子园在全国范围内的合理布局问题。迟健分析杉木种子园园址与种子产量关系后认为,杉木种子园移出中心分布区可能有利于结实^[7]。但这不能排除中心产区在适宜小地形下,双优无性系种子园也能取得种子稳产高产的事实。因此,种子园布局既要考虑气候条件的影响,也要考虑目前行政区划的限制。在现有的行政区划区内,尽可能合理布局,以避开不良气候的影响。

第二是园址具体立地条件的控制。种子园必须选择地形平缓、开阔的阳坡(至少是半阳坡),海拔高度一般以50~300m为适宜。土壤条件应适宜该树种生长,肥力中等。种子园的连续面积控制在6~10ha为好。

第三是采用病虫害综合防治措施,保花保果。采用清除害虫越冬场所、摘除干枯球果、干枯雄花序、虫害果等人工措施。结合药剂防治,如施用呋喃丹颗粒剂(4~6月),0.5~1kg/株,用敌杀死、久效磷树干高压注射等,能收到明显效果。1989年福建洋口林场在综合防治区平均产量提高了20%,1990年春的幼果被害率下降了16%。同年11月调查,健康球果率由原来的30%提高到88%。浙江天台县宝华林场杉木种子园中放养斑头陡盾茧蜂防治天牛效果良好^[8]。

第四条是监测结实母树养分,适时合理施肥。据在浙江余杭、淳安,湖南攸县,福建沙县官庄,广东省小坑林场种子园施肥试验表明,每年每株施N50g, P50g或P50g, K50g,或NPK复合肥,效果均十分明显。施肥时间以球果胚胎发育前期——6月下旬最为关键,其次为次年花芽分化期——8月下旬和当年幼果授精期——4月下旬。

第五是适时疏伐。从1989年开始对每亩初植密度平均为30~37株的12年生(嫁接后)种子园疏伐,首次伐去40~50%,平均每亩保留15~20株。疏伐后连续二年对种子园的各种生态因子和开花特性进行观察。疏伐提高了园内花期的温度,降低了相对湿度,改善了空气的流动程度和光照条件,加强了花粉传播,提高了空气中的花粉密度。疏伐当年秋季,雌、雄

球花的新梢数比对照分别提高 3.3、2.1 和 2.5 倍, 球果产量提高 1.2 倍^[4]。1991 年, 疏伐区 267 亩的种子园平均产量达 2kg, 最早的疏伐区恢复到 3kg。比未疏伐的 1988 年提高了 10 多倍。现有试验表明, 从疏伐到产量的恢复约需三年以上。疏伐后二年内主要是树冠的恢复, 第三年花芽分化增多, 第四年才大量结果。尽管恢复产量需要的时间与重建种子园差不多(四年结果), 但种子产量上升要比重建种子园快得多。在当前用种供需矛盾十分突出的情况下, 疏伐不失为重要的技术措施。目前尚存两个问题需进一步研究, 一是最佳的疏伐时间, 二是疏伐的效果、能维持的年限。

在促进杉木种子园结实方面, 还有激素处理、机械损伤、辅助授粉等措施, 但这些措施均是辅助措施, 远没有无性系选择, 适合的园址, 控制病虫害, 改善种子园的密度来得重要。

(二) 杉木优良家系与环境交互作用的研究

“六五”和“七五”期间, 专题组分两个层次布置试验。第一层次为三批全分布区试验。第一批为 25 个家系, 分布于 9 个省(区); 第二批为 112 个家系, 全国 14 个测定点; 第三批为 128 个家系 11 个地点。第二个层次为区域性有限试验, 共分为 5 个亚区, 每亚区联合测定 100 个家系, 专题组联合测定 500 个家系。第二批全分布区 112 个家系区域试验的主要结果如下:

测定地点间、种子园间、种子园内家系间、种子园与地点、种子园内家系间与地点的交互作用效应均达到极显著水准。说明优良家系在推广之前, 完全有必要进行多点区域性测定。在最适合的立地条件下推广最适合的家系, 才能使优良家系的遗传潜力最大程度地发挥出来。参试 14 个种子园 112 个家系的树高、胸径和材积三个主要经济性状, 均明显地超过当地对照(种子园混系种子), 平均材积遗传增益达 20% 左右。通过稳定性和丰产性分析, 在 14 个种子园中来自广西、湖南、福建和广东北部的大部分家系, 树高生长具有明显的优势。其中 17~19 个为稳定速生的家系, 23 个为速生但交互作用明显的家系^[9]。

(三) 第二代遗传改良研究

在多世代遗传改良理论的指导下, 在“六五”和“七五”期间主要进行了第二代优树的选择研究, 第二代种子园的试建以及二代种子园子代生长表现的测定。按照生长和材性指标, 先后从早期选择试验林、优树自由授粉、种子园自由授粉、控制授粉子代林、种源测定林及当地未经选择过的人工林中选择第二代优树 350 株, 实际收集保存 324 株。从 1987 年起, 分别在华东 5 个地点进行了 4 个年度重复的子代测定, 测定家系 240 多个。据三年生的数据表明, 第二代的平均遗传增益可提高到 30~35%^[10]。

(四) 杉木生长与材性联合遗传改良的研究

在完成第一代遗传改良研究的基础上, 于 1983 年南京林业大学和福建省开展了生长和材性联合遗传改良的研究, 1984~1985 年, 完成了取样方法的研究, 1986 年后对杉木分布区内地理种源、种源内不同交配系统家系间和家系内的生长与材性遗传变异规律进行了研究。并就生长和材性的遗传参数、生长与材性的联合遗传改良效果作出了估计, 选出了生长迅速、材性(比重)较好的种源和家系。结果表明: ①胸高处单个非破坏性生长木芯法, 是杉木生长

与材性联合遗传改良中实用的材性取样方法；②木材比重和管胞长度是杉木材性改良的重要性状，比重与木材强度指标紧密相关 ($r=0.9$)；③生长与材性具不同的地理变异模式，生长性状与纬度成负相关，比重与经度呈负相关，杉木分布区的中部偏东地区似为生长、材质兼优的基因库；④家系间和家系内的个体间均存在明显的遗传变异，生长和材性性状明显受母本一般配合力效应和母本效应的影响，其中母本效应对材性性状的遗传控制为首次发现，比重的单株和家系遗传力分别为0.29和0.5；⑤生长和材性间无明显的相关关系，因而可以同时改良；⑥材性的早期选择年龄约为13年左右，但是在相同的试验和年龄条件下幼龄材也可以满足对比目的；⑦联合遗传改良的选择策略是两阶段的独立标准淘汰法，可以在最大限度地改进生长量的同时，使木材比重保持不变或提高5%左右^[11]。

(五) 杉木抗逆性改良的研究

“七五”期间，选择100个家系在浙江、湖北、陕西和山东进行苗期测定。苗木抗寒性(冻害率)具有较高的遗传力(>0.7)。抗冻能力与早霜前的封顶率和根茎比有较高的遗传相关。抗寒性的差异为产地间大于家系间，抗寒性强的家系多来自湖北、安徽、浙江和四川等北部边缘产区。中心产区个别家系也有较好的抗寒性，但总体上抗寒性与生长量存在着负相关关系。采用南方不抗寒的速生家系与北部抗寒家系的亲本杂交，后代的抗寒性有明显增强的趋势^[12]。专题组还对杉木的抗旱性和抗病性进行了研究。

(六) 林木遗传改良实用统计应用软件系统研制

南京林业大学自行开发研制成功了林木遗传改良实用统计应用软件系统(简称SPQG)，并附有23万余字的用户手册。SPQG系统是一个集数据采集编辑、试验分析、多元统计、遗传分析、育种设计和图形生成等功能于一体的集成软件包。系统由近30个模块组成，按其功能分为五大类。试验设计分析类软件，可用来对各种常见的试验设计进行数据采集和统计分析，尤其是处理不平衡试验数据缺失的能力特别强。能精确而合理地进行方差、协方差及方差分量分析，进而提供可靠的遗传参数估计。多元分析类汇集了当前广泛应用的各种多变量分析软件，如回归分析，因子分析、聚类分析和判别分析等。系统在每一个分析类型之下，又有另一层次的分支。以回归分析为例，又包含多元线性回归、多项式回归(趋势面分析)、非线性回归、多对多重筛选逐步回归等。数量遗传和育种应用类包含诸如相关和通径分析、综合或约束指数选择、品种的遗传稳定性分析、遗传交配设计的配合力分析及估算、育种值的估算、种子园的优化排列设计等软件。数量遗传类软件与试验设计分析类有关软件相结合，可以解决目前数量遗传和育种试验中遇到的绝大部分数据分析问题。种子园优化排列软件，可以对不规则地形和不同设计要求的种子园进行无性系配置和排列。CAD类软件可以形象直观反映试验分析结果，有二维平面和三维立体做图功能。提供的数据和文本编辑软件，不仅能方便地编辑SPQG系统生成的数据文件，且可为其它统计软件包(如SAS、SPSS和BMDP等)共享^[13]。

(七) 杉木遗传改良经济效果模型的研究

1986~1987年间,完成了杉木改良经济效果模型的研究,并在实践中得到了应用^[14]。1988年福建省应用该模型对本省的杉木种子园进行了经济效果的综合评价。结果表明,杉木种子园每投入一个单位的成本,在一个轮伐期内得到的净收益可增加66倍,宏观效益十分显著^[15]。但在现有管理体制下,存在宏观效益和微观效益分离的现象,承担良种研究、生产单位的投入与收益之间存在着倒挂现象,严重影响了良种研究单位和生产单位的积极性。这一研究结果对良种管理部门的决策具有重要的价值。

综上所述可见,“七五”攻关期间专题组将杉木遗传改良的近期效益和长期效益相密切结合。以杉木的优树资源的选择收集和子代遗传测定为基础,选出了820个速生、丰产、优质、抗性强和遗传稳定性好的家系及亲本,研究和解决了这些优良材料的繁育途径和推广技术。提高杉木种子园种子产量为目标的各项研究,直接与全国“八五”期间营造1亿亩速生丰产林相配套。从理论研究和技术贮备的角度,瞄准世界林木多世代改良的先进水平,初步解决了多世代改良、多性状和多种用途选择方法和技术,为我国全面开展杉木第二代遗传改良,提供物质和技术基础。杉木木材材性改良、第二代改良的研究、抗逆性改良和自行研制和开发的“林木遗传改良实用统计软件包”等填补了我国林木遗传改良的空白点,为我国针叶树遗传改良跻身于世界先进水平的行列作出了贡献。

三、杉木遗传改良的研究方向

通过“六五”,“七五”期间组织全国性的科技攻关,杉木遗传改良取得了很大的进步。随着国民经济的发展,对杉木的遗传改良也提出了新的研究方向和研究课题。综合起来,“八五”期间,乃至未来10年内全国杉木遗传改良的主要研究方向,笔者认为有以下几个方面:

(1) 建立以树种为单位的遗传改良体系,从整个树种的遗传改良着手考虑和实施育种策略。

(2) 建立以提高杉木种子园种子产量为中心的种子高产稳产模式。研究的主要策略是在“六五”、“七五”的基础上,综合应用遗传学、生态学、土壤学、生理学和地理学等方面的综合知识和成果,在1~2个有条件的良种基地上,建立杉木种子园种子高产和稳产模式及经营管理方法,然后在全国推广。

(3) 充分利用杉木易于无性繁殖的特点,将杉木每个遗传变异层次(种源、家系和无性系)上的遗传潜力充分发掘并固定下来,应用于生产。同时,要加强杉木在无性繁殖条件下群体遗传结构的变化等理论研究^[16],尤其是要充分了解和认识到无性繁殖是一种繁殖方法而不是一个育种系统^[17]。无性繁殖的效益来源于育种系统中对遗传变异的选择,而不是无性繁殖本身。无性繁殖本身一般情况下不能创造变异,而只能固定变异。它可以固定优良的基因型,也可以固定劣质的基因型。要在杉木遗传改良中正确应用无性繁殖技术的关键,是无性系的选育必须纳入一个完整的育种系统。以此为强大的支柱,为选育出真正优良的无性系,用无性繁殖的方法加以固定和繁殖。

(4) 继续开展并加强生长和材质联合遗传改良的理论研究,定向培育出速生、丰产、优

质的杉木优良无性系新品种。

(5) 加强抗逆性改良机理的研究。抗逆性应广泛包括抗病、抗虫、抗旱(耐瘠薄)、抗寒和耐盐等方面的研究,发展相应的新品种或品系,扩大杉木的栽培区域。

(6) 开拓杉木工业用材林品种选育的新领域。当前虽然杉木仍以建筑用材为主,但从市场预测的趋势看,在未来的10年中将逐渐转向工业用材。因此,应及时适应这一新的变化,开拓新用途、新品种的培育,如开展造纸材料新品种、人造板新品种的定向培育。尤其是杉木造纸材新品种的培育,将具有相当大的潜力^[18]。

(7) 加强杉木群体、数量和生理生化遗传等应用基础理论的研究。尤其是要加强新兴生物技术在杉木新品种选育中的应用,加强杉木遗传多样性保存理论和方法的研究,为杉木的长期遗传改良创造一个遗传基础丰富的基因库。

参 考 文 献

- [1] 施季森等 1988 杉木种子园种子产量影响因素及其对策 中国林学会林木遗传育种专业委员会学术讨论会特邀论文 福建三明市
- [2] 迟健 1991 林木遗传育种学会论文集, 湖南通道
- [3] 蒋恕 1991 杉木生殖生物学研究(I)(待发表)
- [4] 施季森 叶志宏等 1991 杉木种子园疏伐效果的初步研究(待发表)
- [5] 钱范俊等 1990 杉木种子园球果主要害虫研究
- [6] 项龙昌等 1990 浙江林业科技(1)33~36
- [7] 迟健 1987 福建林学院学报, (2): 49~55
- [8] 徐太方 1990 浙江宝华林场杉木种子园稳产优质技术研究(成果鉴定报告)
- [9] 施季森等 1991 杉木112个优良家系区域测定分析(待发表)
- [10] 施季森等 1991 杉木第二代种子园子代测定效果分析(待发表)
- [11] 施季森等 1991 杉木生长和材性联合遗传改良研究成果鉴定报告
- [12] 何贵平 陈益泰等 1990 林业科学研究642~648
- [13] 施季森 叶志宏 1991 林业科技通讯(11): 30~32
- [14] 周勇 1988 南京林业大学学报 (2): 28~37
- [15] 李玉科 1988 林木遗传育种学会 福建三明市
- [16] 施季森等 1991 林木无性繁殖及其在林木遗传改良中的地位——研究进展综述 第六届林木遗传育种学术讨论会论文
- [17] Namkoong G. 1988 Tree Breeding: Principles and Strategies p54 Springer Verlag, New York
- [18] 陆亚明 1991 五个杉木速生无性系品种造纸特性研究 南京林业大学硕士学位研究生论文

兴安、长白落叶松

潘本立 (黑龙江省林科院林业研究所)

高裔林 (吉林省林业科学研究所)

李志 (内蒙古大兴安岭林业管理局甘河林业公司)

摘要 为缩短改良周期和提高改良效果,落叶松改良应以基因资源的收集和研究为基础,生产群体应以第一代改良种子园(1.5代种子园),或加密初级种子园为起点,并适当建立杂种种子园以获得增产能力大的杂种种子。研究了建立各类种子园的方法,选出了供营建第一代改良种子园的优良无性系40个,选出木材增产能力大于10%的优良家系34个,其中19个家系的增产能力大于20%。提出种子园的管理主要是遗传管理,同时对种子和球果的保护也不可轻视。最后提出了落叶松改良程序。

关键词 兴安落叶松 长白落叶松 第一代改良种子园 杂种种子园

长期以来,在落叶松种子生产上存在着两个负向选择,一是采伐时优先采伐优良林分,二是采种时总是先采林缘木、孤立木、低矮树木上的种子,也存在造林用种来源不清、优劣不分现象。为了国家长远利益,迅速解决落叶松用种问题,特别是通过种子园生产改良种子具有长远战略意义。

一、基因资源的收集、研究和利用

攻关以前不仅对基因资源的收集、研究注意不够,而且在加快改良步伐和提高改良效果方面考虑也少。“六五”期间从友好、乌伊岭、中央站、甘河、莫尔道嘎、库都尔、阿尔山等地收集兴安落叶松优树420株,从小北湖、江山娇、穆棱、汪清等地选择长白落叶松优树1400株。

“七五”期间又从龙头、白刀山、辉南选择优树459株,采种446份。营建单亲种子代林331亩,双亲种子代林132亩。建收集区122亩。此外,还做了无性系评定和早期选择工作,以预测通直度和生长能力。对中选的大多数优树和园内无性系还观察了花期,为加密初级种子园、第一代生产性种子园和杂种种子园的建立提供了资料。通过上述研究,选用864个无性系营建了加密园105亩,选出最好的40个无性系营建了第一代种子园75亩,用与日本落

本专题由黑龙江省林科院林业研究所主持,参加单位有:吉林省林业科学研究所、内蒙古甘河林业公司、黑龙江省林口县青山林场、黑龙江省林科院江山娇林场、吉林省汪清林业局、吉林省敦化林业局。

叶松同期开花的 30 个长白落叶松优树无性系, 和 10 个日本落叶松优良无性系建立了杂种种子园 50 亩。

二、种子园营建技术

(一) 园址选择

园址选择是建园的关键。高纬度、高海拔地区的落叶松种子园结实周期长, 尤其是花期屡遭冻害, 致使长期收不到种子。园址选择不当致使母树不能正常生长, 以致罹病、枯死的事例不罕见。本专题从生态学、地理学、地形地貌学、土壤学、生物环境及社会环境等角度做了详尽的分析, 论证了园址选择的重要性^[6]。

(二) 第一代改良种子园(1.5代种子园) 的营建技术

长白落叶松 1.5 代种子园营建技术是在早期选择有效性的基础上提出来的。研究表明, 家系树高均值 6 年生和 12 年生的相关系数已大于 0.8, 多数在 0.9 以上, 而 12 年生已接近 1/2 轮伐期, 故可把早期选择的年龄定为 6 年生。

1. 建园材料的收集和准备

用于营建 1.5 代种子园的优树无性系, 其 6 年生子代树高必须超过对照 10% 以上; 花期居中; 花量中偏上; 无性系干形通直、圆满、力枝同主干的夹角近 90%。

具体工作程序是: 于种子丰年在优良种源的优良林分中选择优树, 以利准确的评定结实能力, 并可采集足够子代测定用的种子。翌年春采接穗, 并嫁接成无性系。采穗同时采回部分花枝水培, 观察开花顺序和计算开花所需积温。同年播种育苗。第三年建立无性系收集区。第四年建立子代测定林。第七年秋末根据 6 年生子代分析数据并参考无性系评价, 确定营建 1.5 代种子园的材料。第八年春从收集区中移植优良无性系定植 1.5 代种子园, 或者早二三年定植大砧木进行现地嫁接。

2. 第一代改良种子园的定植

定植株行距以 $6 \times 6\text{m}$ 或 $7 \times 7\text{m}$ 比较适宜。无性系的配置采用本专题设计的“双向逆行网眼式错位法”, 它既便于掌握、便于经营, 又能保证各无性系间有同等相遇机率^[9]。

(三) 加密初级种子园的营建技术

为了使没有落叶松改良工作基础的单位也能实现以 1.5 代种子园为改良工作的起点, 本专题提出了营建加密初级种子园 (简称加密园) 的建园方案。在这个方案中把 160 株优树作为一个建园材料组, 实施中使用 144 个无性系, 分成 36 个定植组, 按设计定植, 疏伐后保留 36 个优良无性系^[11]。

(四) 杂种种子园的营建技术

为在田间直接生产日本落叶松×长白落叶松的杂种种子，提出了杂种种子园的建立和经营管理方案，并营建了杂种种子园 50 亩。杂种种子园的营建技术包括：

(1) 亲本无性系的选择。选择花期相遇、花量适中、树干通直、生长量大的长白落叶松无性系 30 个和日本落叶松优树 10 个。

(2) 亲本无性系的配置。配置的原则是日本落叶松同长白落叶松各无性系相遇机会要均等。用“双向逆行网眼式错位法”排列，令日本落叶松的 10 个树号为一个无性系组即可实现这个要求。

(3) 花粉管理。杂种种子园中的两个树种花期一致，长白落叶松的株数是日本落叶松的三倍，日本落叶松四周都是长白落叶松，故可以实现自然杂交。为增加杂种比重，在长白落叶松大量撒粉前，用改装的（风口向上）风力灭火机吹拂长白落叶松树冠，借此增加日本落叶松雌花接受长白落叶松花粉的机会。

建立杂种种子园的另一方法是用优良杂种子代作为建园材料，这里首要问题是选择好杂交亲本，以往的研究表明，一般配合力高的亲本杂交，优势也大^[2]。其次，建园材料的选择应以家系选择为前提，在此基础上家系内选择的入选率控制在 1/500 左右。

杂种种子园纯属生产性种子园，以生产改良种子为目的，因此，其遗传基础可以很窄，一般由两个无亲缘关系家系组成（排列方式为棋盘式），也可以由四个无亲缘关系家系组成（排列方式为连顺排列的顺序二错位法）^[9]。

1979 年营建的杂种种子园已于 1986 年第一次结实，三年生子代比长白落叶松种子园后代树高高 20%，比长白落叶松对照高出 40% 以上，差异显著。

三、优良家系的选择

林木改良的目的在于尽早地为生产提供大量良种。种源选择是一条捷径^[6]，但是，要进一步提高改良效果则必须走个体选择道路。7~12 年生的兴安、长白落叶松优树自由授粉子代测定和 9~13 年生的杂种子代测定结果表明，落叶松家系间存在显著差异，1/3 家系与对照差异达显著水平。材积的遗传增益可达 27% 以上，杂种比对照增产 46% 以上，与其亲本相比也可增产 20% 以上^[3]。通过聚类共选出优良家系 34 个，其中有 19 个家系的材积超过家系均值 20% 以上。攻关期间共安排 800 多个家系的子代测定，估计 4~6 年可选出 200 多个优良家系，这将是一笔巨大的财富。

四、种子园的经营管理

经营种子园的目的在于提高种子产量和不断改善种子的遗传品质。包括下列内容：