

种子园优质高产技术

Seed Orchard Techniques for High Genetic
Quality and Ample Production of Seeds

沈熙环 主编



中国林业出版社

种子园优质高产技术

Seed Orchard Techniques for High Genetic
Quality and Ample Production of Seeds

沈熙环 主编

中国林业出版社

(京)新登字 033 号

种子园优质高产技术

沈熙环 主编

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

艺苑印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月 第 1 次印刷

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:18.25

字数:456 千字 印数:1200 册 定价:20 元

ISBN-7-5038-1342-3

S · 0772

《种子园优质高产技术》编辑委员会

主 编： 沈熙环

编 委：（按姓氏笔划为序）

毛玉琪 王章荣 卢天玲 阮梓材

李 悦 金天喜 钟伟华 胡斯林

黄华全 梁一池 潘本立 魏庆莒

内 容 提 要

本书收录了1993年12月在广东省英德县召开的全国种子园学术研讨会上宣讲的部分论文,及专为研讨会撰写的论文。以种子园种子优质、高产、持续发展为主题,全书共包括综述,提高种子品质和产量的技术,无性系再选择与去劣疏伐和1.5代种子园,开花结实习性与传粉受精,遗传测定和优良家系推广,加速育种世代,阔叶树种种子园,以及组织管理经验等多方面的论文,在附录中还包括了我国种子园技术基本总结。其中,无性系再选择,开花结实习性和加速育种世代,阔叶树种种子园等内容比较新颖。本书反映了我国种子园工作向纵深发展的最新经验,她是《种子园技术》一书的续篇。两书较完整地反映了我国种子园建设的进展。本书对树木育种工作者以及对从事林业科研、教学、生产和管理人员有参考价值。

序

自 60 年代建立第一批种子园以来,我国在种子园建设及相关科研方面已取得了长足的进展。到了 80 年代,林木良种研究列入了国家科技攻关项目,林业生产部门把良种工作放在优先发展的地位。据初步统计,全国已建成母树林、种子园、无性系采穗圃等良种基地 747 处,总面积近 6.7 万 ha,插穗 1.5 亿条。其中营建了涵盖 27 个主要造林树种的种子园 1.3 万 ha,累计年生产良种 80 万 kg,大大提高了造林良种化的水平,有些省、自治区的主要造林已基本实现了良种化。为配合种子园的营建,全国已收集了主要造林树种的优树 4.5 万株,建立了基因库 450ha 以上。这不但为长远的林木遗传改良工作奠定了良好的基础,也为保存大自然赋予我们的遗传多样性作出了贡献。我国林木种子园的发展始终是在林木遗传育种科研工作的有力支持下实现的,在这方面我们看到了科学与生产实践相结合,并转化为生产力的良好范例。特别是近 10 年来,林木良种不仅在理论上有所建树,而且在引种、种源研究、针阔叶树种选育、种子园和无性繁殖等生产应用方面也取得了显著成绩。

中国林学会林木遗传育种分会在林木遗传育种科技领域内,在组织学术交流,引导深化研究,促进应用转化,培养科技人才等方面做了大量工作,发挥了积极作用。这次由中国林学会遗传育种分会与广东省联合主持召开的全国林木种子园研讨会,以其内容的充实、启示的深刻及学风的严谨,再一次成为我国林木种子园发展史上的新里程碑。这本会议论文集的出版,也必将推动我国林木种子园事业,向以高世代改良为方向的、新的发展阶段加速前进。

中国林学会理事长

沈国舫

1994 年 8 月 2 日于北京

前 言

早在1990年12月在贵阳召开的中国林学会林木遗传分会年会上,不少同志提议举办一次种子园专题讨论会。同年年末,分会部分委员在浙江千岛湖林场会晤时确定把种子园列入分会近年学术活动计划。这一计划上报了中国林学会,经学会批准,种子园学术研讨会为1993年度中国林学会的重点学术活动。

种子园学术研讨会在中国林学会的关怀下,在广东省林学会、英德县人民政府、县林业局、韶关市林业局等大力支持下,于12月5~10日由中国林学会林木遗传育种分会与广东省林学会联合主持召开,14省、市、自治区50名代表参加了研讨会。会议主题是:为了种子园的高产、优质和持续发展。围绕主题,总结了种子园经营管理经验,并着重讨论了初级种子园的发展途径和技术。

80年代以来,我国对种子园开展了全方位的研究,内容涉及优树资源、种子园营建技术、提高种子园产量和品质的技术,子代测定和优良家系的推广、性状测定、加速育种世代及高世代育种策略等各个方面,取得了较大的成绩。种子园研究与生产实践密切配合,促进了生产的发展,取得了实效。但是,当前种子园也面临种子产量普遍偏低的问题,同时,全国从南到北都已进入了由初级种子园向改良效果较高的各类种子园转化的关键时刻,决策的正确与否,将对我国的育种事业产生深远的影响。因此,举办一次全国性的专题学术讨论会,总结过去,推广先进,展望世界,把握未来,乃是十分必要的。

讨论会的进程表明,这次学术讨论会是我国种子园事业发展过程中的重要事件。为了扩大本次学术会的影响,会议决定以研讨会上宣讲的部分论文,及专为研讨会撰写的论文为基础,编辑出版专著。本书共包括综述、提高种子产量和品质技术、无性系再选择与去劣疏伐和1.5代种子园、开花结实习性与传粉受精、遗传测定和优良家系推广、加速育种世代、阔叶树种种子园,及组织管理经验等方面的论文。此外,在附录中,还包括了种子园技术要点和建议。本书反映了我国种子园工作向纵深发展的最新经验,其中,无性系再选择、开花结实习性、加速育种世代、阔叶树种种子园等内容比较新颖。本书可以看作是《种子园技术》一书(1992年北京科学技术出版社出版)的续篇,两书较完整地反映了中国种子园研究的进展。

在本书中不同作者对种子园建设和发展中的基本问题的认识是一致的,但也有一些问题,诸如不同树种、在不同条件下应采取的育种途径和方法,看法不尽相同。我们认为,对同一事物有不同的看法并采取不同的解决办法是正常的。集思广益,才能促进我们工作的发展,因此,对不同观点应采取兼收并蓄的态度。本书中存在的缺点和错误,恭请广大读者批评指正。

沈熙环

1994年8月1日

目 录

序
前言

I. 综 述

国外林木遗传改良动向及发展我国工作的考虑	(1)
种子园发展现状与种子产量和质量的提高	(9)
创造条件,向高世代育种发展	(14)

II. 产地、密度、土壤管理与结实

樟子松、长白落叶松种子园优树产地、密度与结实	(25)
樟子松种子园土壤改良与促进结实	(31)
切根对樟子松开花结实的作用	(37)
无性系产地、密度和立地条件与杉木种子园产量	(39)
湿地松种子园水肥渗灌试验	(46)

III. 提高产量和品质的综合措施

提高落叶松种子园产量及遗传品质的技术措施	(49)
杉木优良种源种子园管理技术	(55)
提高杉木种子园产量的八项措施	(65)
火炬松种子园营建技术	(70)

IV. 无性系再选择、去劣疏伐与第一代改良种子园

华山松无性系种子园去劣疏伐	(79)
油松无性系再选择及去劣疏伐	(84)
杉木第一代改良种子园	(93)
杉木种子园高产配置设计	(101)
湿地松第一代改良种子园	(105)
加勒比松第一代改良种子园	(110)
多树种种子园的营建	(114)

V. 开花结实习性与传粉受精

油松种子园花粉密度的动态变化与种子生产	(119)
油松雌雄球花的空间分布特征	(125)
华北落叶松种子园母树整形修剪	(136)
马尾松无性系种实性状的变异和利用	(140)
杉木嫁接植株的着花规律	(146)
杉木种子园无性系结实稳定性分析	(154)
油松无性系异交亲和力和多系授粉中父本贡献的分析	(159)

VI. 遗传测定和优良家系推广

湿地松种子园子代测定与遗传疏伐	(168)
杉木不同交配组合种子品质的遗传分析	(172)
杉木全双列组配幼林生长分析及优良繁殖材料的选择	(180)
樟子松优树子代测定及优良家系选择	(186)

VII. 加速育种世代

油松生长的早期测定	(194)
提早油松苗开花的试验	(200)
华北落叶松生长的早期测定	(209)
杉木家系生长选择的适宜年龄	(217)
选择差法选优及其应用	(225)

VIII. 阔叶树种种子园

提高蓝桉、直干桉种子园的遗传品质	(229)
钻天榆和新疆白榆杂种种子园	(233)
水曲柳种子园的配置和促进结实	(239)
泡桐育种中种子园方式的利用	(243)

IX. 组织管理经验

贵州省主要造林树种良种繁育现状与对策	(248)
广东省林木良种繁育的现状与设想	(253)

X. 附录

研讨会纪要	(257)
种子园技术基本经验(初稿)	(258)
与会人员名单	(263)
英文摘要	(264)

I . 综 述

国外林木遗传改良动向及 发展我国工作的考虑

沈熙环 (北京林业大学)

摘要 根据笔者近年对外国林木遗传育种的考察和阅读有关资料,探讨了国外林木遗传改良的动向,估计了我国在这一领域的进展,根据我国国情,提出了发展我国林木遗传育种工作的考虑。

关键词 林木遗传改良,生物多样性,生物技术,良种繁殖

1. 国外林木遗传改良的动向

由于全球气候的改变、人们环境保护意识的增强,以及综合利用自然资源要求和相应技能的提高,在林木遗传育种的方向上有所变动,对林木资源的重视程度有所加强。林木遗传育种新技术的开拓性研究在经济发达国家很受重视,投入较大,但常规育种不仅是现在,至少在本世纪内仍将发挥主力军的作用。总之,育种工作正稳步发展,技术基础研究也有所提高。

1.1 维护生物多样性和重视育种资源

环境意识的增强,在改善生态环境呼声日益高涨的今天,把保存生物多样性提高到了与人类生存密切相关的高度来考虑。1990年林木群体遗传学国际讨论会^[1]和1991年加拿大林木改良协会召开的第23届年会^[2],主题都是研究和维护生物多样性。前者着重总结和交流了生化标记在研究林木多样性,特别是群体遗传结构、进化生物学和交配体系方面的进展。后一讨论会的主要报告有生物多样性与林业,保存遗传多样性的原理,全球气候改变对生物多样性的潜在作用,气候改变的育种策略与遗传多样性的关系等。

在林业实践中,当前一些国家强调造林树种和种内的遗传多样性。天然林分是自然选择的结果,选择方向是对自然环境的高度适应性,而人工选育是为了经济产量,选种方向不同,选择的结果也不同。据用同功酶等对欧洲云杉和欧洲赤松的分析,天然林分保存的遗传变异水平高,林分内的个体能够适应向南或向北迁移2~3个纬度的气候变化,甚至在树木分布的极限地带,不同林木个体仍保持很高的杂合度。芬兰权威人士为此提出了林木集约栽培与保存遗传资源的两全措施:即使在今后林业高度集约栽培的情况下,芬兰仍将保留一半的林地不加入人为干预,就地保存基因资源^[3]。美国佐治亚州等一些地区,反对单一营造大面积火炬松或湿地松人工用材林的呼声很高,要求恢复自然景观,扩大长叶松和其他乡土树种的林地面积^[4]。在改良繁殖材料的推广上,对种子园要求采用多家系;无性系造林减少了多样性,因而要在造林面积和无性系数数量上有所调节。不少国家正在研究表型选择、种子园、种子加工与贮藏、苗木等现代化生产过程,对树种遗传结构的动态变化,以便采取相应的对策。

育种资源是林木遗传改良的物质基础,因此,60年代以来,育种资源的开发、收集、保存、研究和利用备受各国重视,在主要树种中已经做了很多工作,但对次要树种及尚未开发利用的树种,有待加强。于1988年由世界林联在泰国召开的热带树种育种讨论会上就强调了开拓尚未开发利用树种的基础性研究,以便为进一步选育这类树种创造条件^[5]。当前保存遗传资源的方式基本上仍是两种方式,在原生态系统下不破坏的保存,即就地保存,如自然保护区;在控制环境下的保存,即异地保存,如收集圃地、育种园、种子园和测定林等。对两种保存方式遗传分析的结果表明,异地保存不失为短期树种改良的简便方式,可防止优良基因型的丢失,有利于林分生产率的提高,但为发掘遗传变异以适应未来变化,仍宜采用就地保存^[2]。

1.2 扩大改良树种,强调适应性,选育具有综合(或特定)优良性状的繁殖材料

为了充分利用自然资源,提高生产率,简化经营管理,预防环境变化和防止空气污染,以及美化环境等多种目的,通过扩大遗传改良树种,拓宽选育目标,强调适应性选育等手段,选育适应性和抗病虫害能力强,具有综合性状,或特定性状优良的繁殖材料,是当前育种工作的特点。芬兰、美国等都在扩大改良树种,增加了城市绿化美化树种的选育^[3,4]。

1.2.1 适应性和抗性方面的研究已成为当前世界各国研究的热点。如将于1995年在芬兰召开的欧洲植物育种讨论会的主题就确定为植物适应性育种,林木是其中的主体。将着重讨论植物的气候、土壤和生态适应性,寄主和寄生物间的相互作用,特殊胁迫条件下的适应性,广泛适应性育种,适应性育种中的遗传和生理因子,低或高输入栽培条件下的适应性,贫瘠地区的育种,全球变暖情况下的育种计划,适应性育种中的遗传资源等。

1.2.2 对选育繁殖材料要求具有优异的综合性状,是林木选育中的另一个热点。材性是生长量外最受重视的一个性状。选育生长既快,材质又好,是育种界共同的追求。巴西亚热带地区火炬松生长异常迅速,每公顷年生长量高达50m³以上,但木材比重低,用于造纸出浆率低,因此,该国专家认为,急需采取提高木材比重的遗传和栽培措施^[4]。多数研究结果表明,树木单株间有较大的遗传变异,遗传力中等以上,高和直径生长与密度遗传相关不密切,两类性状可以同时选择改良。能反映材质的指标颇多,其中密度和管胞长度最受重视。密度反映了早材和晚材的比重及其特性,遗传稳定,测定简便,应用最多^[6]。

1.3 积极开拓林木育种新技术

发达国家普遍重视开拓性技术的研究,投入比较大。研究的内容广泛,包括组织培养、细胞

培养、体细胞胚状体发生,遗传标记和种质鉴别,抗性基因的分离和筛选、基因的转移和调控,病虫害的生物防治,生物施肥,木素的酶解,以及植物初级和次级代谢产物的生产等。

1.3.1 组织培养成功的树种不断增加。据最近报道^[7,8,9],可以用侧芽、不定芽以及体细胞胚等方法微繁的植物已超过 1000 种。全世界有数百个实验室以生产规模微繁苗木,其中主要是草本植物。已能成功微繁的阔叶树种有 70 种,针叶树种有 30 种,其中仅桉树就有 25 种。虽然这方面研究取得了不小的成绩,但林业中以生产规模微繁的树种仍只限于桉树、杨树、辐射松等少数树种。

为达到快速大量繁殖的目的,在树种体细胞胚的诱导和不定芽的分化,以及单倍体、多倍体的培养方面也作过不少努力。体细胞胚,或分化的不定芽经特种复合材料,如藻酸盐凝胶包被后即形成所谓的人工种子。从 60 年代末,先后在杨树、桉树、泡桐等阔叶树种,以及云杉、落叶松、冷杉、红杉、黄杉、松属等针叶树种中都曾成功地诱导过体细胞胚的发生,其中部分再生出了小植株。目前,针叶树种还处于只可能从胚和幼龄外植体诱导体细胞胚发生的阶段,由体细胞胚再生小植株的效率还很低,离生产实用的目的还有一段距离。据加拿大近期报道,在云杉和落叶松体细胞胚发生和低温保存方面取得了进展,并计划发展用于生产;落叶松原生质体再生也取得成功^[2]。

1.3.2 在遗传标记方面,70 年代主要利用同工酶—DNA 的间接产物,作了林分遗传结构变异、花粉传播、受精和交配体系、杂种和无性系鉴别等方面的研究。近年来 RFLP(限制性片段长度多态性)和 RAPD(随机扩增多态 DNA)等 DNA 分子标记手段已用于林木遗传学的研究,扩大了研究的广度和深度。美国得克萨斯州立大学已绘制了湿地松基因连锁图,北卡罗来那州大学在绘制基因图方面也取得了显著的成绩。这为松类今后的遗传改良,奠定了分子遗传学基础。但现在应用的各类生化遗传标记方法,各具特点。DNA 标记的优点是:理论上能提供无限的标记数目;不同的组织和发育阶段的标记没有差别;不受环境的影响。RAPD 的测定较 RELP 简捷,且需试样较少(10ng DNA),但它的最大缺点是等位基因呈完全显性。遗传标记方法的选用,应以研究目的和试验材料不同而异^[1]。

1.3.3 基因工程是以广义的组织培养和小植株再生的完善技术为基础,又与目的基因的分离和克隆,遗传转化系统的构建密切相关。只有三者同时具备,转基因才可能取得成功。自 1989 年来已对黑云杉、北美黄杉(花旗松)、刺槐、杨树、桉树等作过基因的转化试验,多数达到了外源 DNA 的瞬时表达,少数取得了转基因植株。当前转化研究还只局限于控制抗病、抗虫、抗除草剂表达的少数基因或主基因上。杨树抗除草剂转基因植株是林木中最早取得成功的基因工程。接着在抗虫转化方面也有成功报道,银白杨×大齿杨的转基因植株,对舞毒蛾和天幕蛾有抗性^[12]。在林木基因的分离方面也有所进展,美国得克萨斯州立大学已经对火炬松成功地分离出了与干旱和臭氧作用有关的基因,并研究了这些基因的表达^[4]。加拿大正对基因转化杨树植株作田间测定;标记基因 b—glucuronidase 在白云杉体细胞胚中再生成功。美国开展了控制木素的基因导入针叶树种的研究,借以降低木素含量,提高木浆产量。一般认为,基因工程虽有所进展,部分成果的应用是可能的,但还不能指望生物技术近期内在林业中达到实用的目的,同时强调,生物技术必须要和常规育种结合才能有效地达到实用的目的。

1.4 常规育种在当前林业生产中发挥重要作用,正持续、稳步发展

常规育种是当前提供优良林木繁殖材料的唯一来源,在林业生产中发挥了重要的作用。在

方法上,各种育种方式相互交叉,充分利用种间和种内各层次的遗传变异,提高育种效率,工作正向纵深发展。

1.4.1 引种是打破树种分布现代格局,丰富当地树种资源的方法,由来已久,在现代林业生产中发挥过重要作用,仍将不失其重要性。目前一方面应继续进行速生、具有特殊经济价值和适应性树种,如桉、松、落叶松、云杉、杨、柳、相思、木麻黄等的引栽试验,另一方面对引种成功,并已在生产中推广的外来树种进一步作全面、深入的研究。瑞典对小干松是一个范例。瑞典引种小干松已有半个多世纪,于1991年还召开了小干松引种和种源研究的国际学术讨论会^[10]。由于对种内地理变异规律认识的提高,当代引种已不再以种为单位,而要考虑种内产地和个体间的变异。

1.4.2 各国对主要造林树种的地理变异规律,都普遍作过研究,已有所了解,现在在组织良种生产和繁殖中都考虑了种内的这种差异,如芬兰就是按种源区来选择、收集优树,建立欧洲云杉、欧洲赤松等的高世代种子园的。各国对次要树种地理变异的研究也正在加强。

1.4.3 杂交育种已有悠久的历史,特别在杨、柳、桉等阔叶树种中培育的种间杂种,在提高木材产量,实现造林品种化,为林业界所瞩目。由于对种内变异认识的提高,并为充分利用杂种优势,在欧美杨等的现代育种程序中,对杂交亲本都作了严格选择和培育^[11]。针叶树种的杂交试验历史也不短,虽然也已推出了对生产有影响的日本—欧洲落叶松杂种、刚松—火炬松杂种等,但由于没有找到大量、简易、经济的繁殖杂种的适当方法,迄今对林业生产的作用还不能与杨树优良无性系的推广相比拟。近年来,由于无性繁殖技术思路上的拓宽,以及对自然杂种优势的再认识,针叶树种种间杂交的热情似有所增加。美国在南方松抗梭锈病育种,澳大利亚在耐水湿地松×加勒比松杂种方面,都有所进展。当然,种间杂交都是在充分利用种内不同层次变异基础上展开的。

1.4.4 50年代后种子园风靡世界,在一些地区和树种中对林业生产已作出了重要贡献。美国东南部地区是种子园建设卓有成就的地区之一。该地湿地松、火炬松的改良始于50年代,建立种子园已有40多年历史,到1991年由种子园提供的种子造林面积已约80万ha。北卡罗来纳协作组36年累计投资7500万美元,但由此增产木材的收益高达15亿美元。种子园本身也在实践中不断地得到了发展,已由初级种子园、去劣疏伐种子园,1.5代和第二代种子园,循序发展到第三代种子园。如佛罗里达州第一代树种改良始于1955年,到1987年结束,历时32年;第二代改良始于1986年,预计18年后完成。北卡罗来纳州协作组正全面、积极地为发展第三代种子园作准备,个别公司已试建了第三代种子园。同时,种子园向多种方向发展,不仅生产木材增益高的种子,也生产具有其他优良性状的种子。美国东南部地区梭锈病是严重的树干病害,每年损失高达4900万美元。经20年持续、不懈的努力,种子园已大量生产抗病家系种子,广泛用于造林,并已证明育种是最有效、最经济的技术措施^[4]。

1.4.5 无性繁殖在阔叶树种中应用普遍,但迄今在针叶树种中应用还仅限于欧洲云杉、落叶松、柳杉、辐射松,以及中国的杉木等少数树种。分析原因主要有:繁殖技术尚不够理想,繁殖系数低,缺乏有效的维持幼龄性的办法;成本高,还不能大规模生产;优良材料尚在测定、选择中。但为建立针叶树种无性系林业的努力是明显的。如美国北卡罗来纳州立大学从1992年开始,新上了火炬松、湿地松扦插繁殖研究项目。由生理、遗传、果树等专业人员联手研究五个方面的问题:生根特性的遗传选择及对生长量增益的作用;侧根发生的基因表达;原株的生理和栽培与生根的作用;生根条件与成活和生长;不同激素处理与根系发育。其主要目标是了解不定根

发生和发育的机理,提供实用的扦插技术,以便充分利用无性系林业的潜力^[6]。其他各国也做类似的工作。在当前林业生产中,针叶树种的营养繁殖主要有两种途径:一种是如阔叶树种那样,培育成无性系后繁殖推广,柳杉和欧洲云杉采用这种方法;另一种是用优良家系的控制授粉子代幼苗繁殖,繁殖圃随植株老化更新,不断推出新的材料,新西兰的辐射松等就是采用的这种方法^[9]。

1.5 重视常规育种有关技术理论的研究

林业发达国家对育种实践中反映出来的宏观问题,往往进一步作微观的分析,以便提出针对性强的解决办法;或从现实预估到可能发生的问题,提前加以研究,尽早提出对策。这类研究既与生产实践密切联系,又不同于生产,高于生产,超前于生产,但它又不属于基础性研究。从下列各个方面可见对这方面研究的重视。

1.5.1 研究营养繁殖的机理,开拓营养繁殖

成熟效应和位置效应是妨碍木本植物营养繁殖的主要原因,是近 10 多年来重新掀起的研究热点。在树木中常用的栽培复壮措施有反复修剪、反复嫁接,以及促进和利用树干基部或根部萌条,但这些措施,特别是对针叶树种并非经常有效。为拓宽营养繁殖的渠道,进行了形态、解剖结构、生理、生化、遗传学等多方面的对比分析,以期了解这些效应的实质。成熟效应一般被认为是个体年龄阶段的改变,在宏观上表现为生长和分枝习性、叶子形态、繁殖能力等方面的改变。各种性状间的年龄改变有时是相关的,但有时却是独立的。现在对表型各种性状的阶段改变或成熟过程提出了几种可能的模式:单一的主转换、平行转换、不同步的平行转换、循序转换等。因此,不能按某种性状的改变与否作为成熟或复壮的指标。树木的自然成熟进程是渐进的,但与此相反,一些组培苗的组织却迅速老化。在对常春藤(*Hedera helix*)花色素苷积累有关的阶段的研究中发现,表现型的分化表现包含决定和分化(专化)两个过程。可见,成熟效应是一个复杂的过程,虽然现在还没有解决,但总是有所进展^[9]。

1.5.2 花粉传播、受精与种子园实践

80 年代以来欧洲、美国、加拿大等有不少科技人员,利用同工酶对主要树种花粉在种子园内外,天然林内的传播和受精,外源花粉对种子园的污染等作过大量的研究,从而就对园址开花、受精、结实的影响,花粉飞散和隔离距离,建园无性系数量和配置,自交和污染率等问题作过分析和估量,并提出了对策和建议^[13]。

1.5.3 生殖生长调控和机理的研究

提早开花,缩短育种世代是林木育种中的重要课题。早在 50 年代就试验用 GA₃ 处理柳杉、柏类有效,70 年代后在针叶树种中施用极性弱的 GA_{4/7},结合控制土壤含水量、增高土壤温度、断根等栽培措施,也表明对促花是有效的。由于过去受分析设备和技术的限制,往往只能作定性的分析,但现在利用 GC-MS 等先进设备,可以更精确地研究处理对树木的生理代谢过程,及物质的转化作用;进一步了解枝条和根系生长间的关系,并重视通过组织学和生化手段对腋生分生组织的研究,以期更有效的达到促花的目的^[14]。

1.5.4 探索优良种子繁殖的新形式

在气候条件不利于开花结实,或为促进开花,早在 70 年代芬兰就已建立了塑料大棚繁殖桦木优树种子,取得了满意的效果。随后在北欧、加拿大、美国分别建有云杉、欧洲赤松、南方松大棚种子园,结合施用激素、制造土壤水分胁迫条件,取得了成绩。这类种子繁殖形式,已经对

种子园的概念有了发展。在新西兰于 70 年代末对辐射松提出过修剪、密植、采取辅助授粉的绿篱式种子园(hedged seed orchard),近期又提出了经营草地种子园(meadow orchard)的设想。其特点有:建园无性系的子代生长要好,无性系本身结实要多;采用矮化砧;密植 2000~10000 株/ha;采取各种措施,定植 2~3 年后进入结实盛期,5 年后更替;授粉、采种等不用梯子,都在地面操作^[9]。这虽然仍是一种尝试,但却有启迪意义。方案的提出,都是建立在调控营养生长和生殖生长理论基础上的。

1.5.5 高世代育种策略和技术的研究

随着林木育种发展,资料的积累,由第一代改良逐步进入到高世代育种阶段,普遍重视种群的遗传改良策略。育种策略制定的主要依据是基因的作用方式和繁殖方式,主要考虑的问题是群体的大小和划分、交配设计、无亲缘优良亲本的选择和利用、增益的评估。其中,既涉及到育种理论,也与数据的分析技术密切相关。国外在开展大量试验的基础上,应用线性模型的理论和方法,对育种群体大小的确定和划分、亲本在不同交配设计下的评价和选择、子代的选择和评价、及对遗传增益影响等作了大量研究,已提出了解决上述问题的方法和原则^[15]。

1.5.6 对选育材料性状的研究正在扩大和深化

对培育的材料过去一般重视生长量的分析,逐渐扩大到材质、适应性和抗性,近年关心到营养代谢特性。如北卡罗来纳州协作组最近分析了 10 年生不同家系针叶中大量营养元素和微量元素的成分和含量,其目的是根据分析数据,正确指导林木施肥。对性状的研究正在深化,以材性为例,加拿大对 15 年生云杉 40 个自由授粉子代林的测定表明,幼龄材密度变动于 0.38~0.44,单株和家系平均遗传力分别为 0.47 和 0.67^[6]。美国北卡罗来纳州立大学协作组对 26 年生火炬松研究了幼龄材与成熟材的过渡年龄,证明两者存在遗传和表型相关。此外,环境因素对材性的影响,及其交互作用方面的研究也很多。如对北美黄杉 6 个亲本半双列杂交子代作了两种栽植密度的试验,3 年生时作破坏取样,分析栽植密度对年轮宽度、木材密度的影响。GCA 与栽植密度效应显著,SCA 大于 GCA,1 年生时几无 GCA 效应,但逐年增加。

2. 中国林木育种取得的进展^[16-20]

80 年代以来,中国林木良种研究列入国家科技攻关,与此同时,林业生产部门把良种工作放在优先发展的地位,也投入了大量人力物力。科研与生产密切配合,林木遗传育种工作十分活跃,使针阔叶树种改良迈上了一个新的台阶。目前全国已建成母树林、种子园、无性系采穗圃等良种基地 747 处,总面积近 100 万亩,年产种子约 50 万 kg,插穗 1.5 亿条,对林业生产已作出了重要贡献,在理论上也有所建树,其中有些领域已达到了林业发达国家的水平。近 10 多年来,中国在引种、种源研究、针阔叶树种选育、种子园和无性繁殖,以及有关基础研究等方面取得如下主要成绩。

(1) 林木引种是树木改良的一个组成部分,选择经济价值高,适应性强的树种是提高林分生产力、加速国土绿化的重要途径。在近 10 多年来,筛选出了加勒比松、马占相思、墨西哥柏、银松、铅笔柏、刚松、班克松等 40 多个外来树种,增加了我国用材、绿化树种,同时丰富了引种理论。

(2) 研究一个树种种内地理变异模式,可以在理论上揭示遗传变异与生态环境、进化的关系,并可以为各造林地区筛选生产力高、稳定性好的种源,为合理的种子调拨提供科学依据。^[20]

年来对杉木、松类、落叶松、榆等约 30 个造林树种作了种源试验,对其中 13 个树种划分了种子区,部分树种还作了种源区的划分,筛选出速生等优良种源上百个,同时提高了中国林木生态遗传的研究水平。

(3) 近 20 多年来,对杉木、落叶松、松、杨、柳、泡桐、榆树等主要针阔叶乡土树种、濒危珍稀树种,以及南方松、刺槐等外来树种,全面开展了优树的选择、收集和保存工作,为主要树种的遗传改良奠定了丰厚的物质基础。部分树种的育种资源技术档案已实现计算机管理。对收集的优树,普遍开展了遗传测定及开花结实习性、生长节律等的观察,有些还作了材性、松脂组分、抗逆性、以及群体遗传结构的研究,积累了种内各层次遗传变量、配合力、各种交配设计效应、交互作用和稳定性等方面的数据。为制定树种遗传改良计划、合理推广良种,积累了资料,并相应提高了我国有关技术的研究水平。

(4) 在子代测定和无性系测定基础上,近 10 年为生产提供了针叶树种优良家系近 2000 个,杉木、落叶松优良无性系近 100 个,材积增产幅度在 10%~15% 以上。在平原农区阔叶树种中,还开展了杂交育种,在美洲黑杨、欧美杨、柳树、泡桐、刺槐等树种中选出了生长快、材质好或抗性强的优良无性系近 100 个。针阔叶树种优良繁殖材料在一些省、自治区已能满足工程造林所需。良种的推广,将显著地提高人工林的生产率。

(5) 在林木良种繁育技术方面,为提高种子园种子产量和品质,对种子园经营管理作了全面、系统研究,已取得了能成倍提高种子产量的成功经验。对杉木、马尾松、油松、落叶松等主要造林树种已积累了无性系再选择,及种子园去劣疏伐和营建第一代改良种子园的经验。杉木第二代种子园,落叶松杂种种子园已在一些地区建成。

我国针阔叶树种的营养繁殖近 10 年来有重大进展。6 年生杉木采穗圃每公顷产插穗高达 400 万条,造林 2000ha。松类嫁接技术也有显著的改进,嫩枝嫁接成活率达 90% 以上,松类利用针叶束嫁接获得成功,可提高接穗利用率 20~40 倍。在较难繁殖的白杨派等阔叶树种中扦插生根率也有显著提高。从而提高了林木繁殖生物学的研究水平,拓宽了有性和无性选育途径密切配合的渠道。

(6) 限制林木育种迅速发展的最大障碍是生殖周期和鉴定周期长,对生长缓慢的北方用材树种尤为突出。据对松、落叶松生长量进程大量数据的分析,有把握在不到 1/3 轮伐年限内决选;如分批淘汰可早在定植 2~3 年后就进行。在部分树种中,还开展了形态、解剖、生理生化指标与生长、材质相关的研究,开阔了思路,积累了资料。提前促花措施在松类中也已开展,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,配合开展了解剖学观察和内源激素的分析,已取得了初步成果。这些研究对育种实践和树木发育理论都是十分重要的。

(7) 现代生物技术在林木遗传育种领域中也得到了发展。我国已有 50 多种树种组织培养成功,杨树、橡胶等花药培养,曾处于国际领先水平,杨树、桉树、榆、山楂等树种已进行了较大规模的组培生产,取得了实用效果。原生质体分离和培养,人工种子的研制,抗性细胞系的筛选,广谱抗虫基因的分离,抗虫转基因欧洲黑杨的培育有了良好的开端^[12]。

3. 发展中国林木遗传育种的若干考虑

(1) 中国造林面积大,林种多,树种多,造林地条件复杂多样,为充分地利用土地资源,发

挥生产潜力,提高经济、社会和生态整体效益,应因地制宜,采取不同的发展策略。树种要多样,育种目标和育种方式要多样,选育并推广改良性状不同、改良程度有别的多样繁殖材料。从总体上考虑,要重视速生、丰产、优质、林特产品树种的选育,当前更应关心适应性的选育,如耐干旱、盐碱、防止空气污染和减少酸沉降等性状的选育,对城市美化树种的选育,也应有所考虑。

(2) 我国林木良种基地建设已初具规模,树种较多,地区分布比较合理,育种资源和技术基础也较好,已经对生产作出了贡献。考虑林业特点和中国良种生产和使用单位分家的现状,国家应对林木良种生产和研究继续给予扶植,以便发挥更大的作用。同时,有关部门要实行鼓励林木育种基地和场圃人员大量生产优质种苗的政策,打通良种推广渠道,提高造林良种的供种率和使用率。林业的生产周期长,从投入到产出,即使在自然条件优越的地区也要一二十年,在北方一般要四五十年,或更长;而以生态效益为主的林业,及在自然条件严酷地区发展的林业,很难指望有丰厚的经济收益,对此各界应有所理解。

(3) 林木常规育种的战略是,综合运用有性和无性选育多种途径,贯彻轮回选择原则,选育和推广遗传增益不断提高的繁殖材料,同时,要充分维护种群的多样性,妥善处理当前利益和长远发展的双重需要,不断选育出能适应各种生态环境、能满足经济和社会多种需求的新品种。为此,要研究缩短育种和鉴定周期的有效技术和方法,提高单位时间的遗传增益,使育种工作稳步向高世代发展。育种资源是树种改良的物质基础,要切实做好已收集资源的保护、研究工作,在此基础上制定各个树种的育种计划。

(4) 进一步提高有性和营养繁殖技术,完善良种繁育体系。提高种子园种子产量和遗传品质的技术和理论,是林木良种繁育研究中的重要内容,应采用先进技术,深入研究开花、传粉、受精、结实等有关的问题,以便制定提高种子产量和品质的有效技术措施。对营养繁殖困难,繁殖系数低的树种,特别是针叶树种,要开拓并完善营养繁殖方法,并完善选育技术和程序。

(5) 科学技术的发展,推动了林木遗传育种的进步。70年代以来,林业发达国家利用现代实验技术,对林木遗传育种领域中的技术基础问题作了大量研究,把宏观观察和微观的研究结合起来,揭示了机理,也有效地指导了育种生产实践。与此同时,生物技术在林木中也有较大的进展。这两个方面正是我们的弱项,为健康地发展我国育种工作,应当加强技术基础的研究。为此,建议在全国范围内建立林木遗传育种的重点实验室,组织精干力量,开展遗传育种基础课题和生物技术研究,探索、开拓林木遗传育种工作。

(6) 发展科学技术和生产力的最关键因素是掌握技术的人。首先,要稳定现有的各级技术队伍,要针对存在问题,切实采取不同的措施,调动他们的工作和科研的积极性;要重视各省、自治区技术骨干的培养,形成各具特色的工作班子,要使年轻技术骨干,肩负起重任;要吸引其他学科的研究人员和出国学子参加到我国林木遗传改良的大军中来,共促林木育种工作的繁荣,使中国的林木遗传育种在整体上达到世界先进水平。

参 考 文 献

- [1] W. T. Adams, S. H. Strauss, D. L. Copes and A. R. Griffin. 1992. Population genetics of forest genetics. Kluwer Academic Publishers
- [2] S. Magnussen, J. Lavereau and T. J. Boyle. 1991. Proceedings of the Twenty-third meeting of the Candian Tree Improvement Association Ottawa
- [3] Foundation for Forest Tree Breeding. 1991. METSANJALOSTUSSAATIO. Helsinki, Finland

- [4] UNDP/FAO: PROJECT CPR/91/155 赴美国、巴西的考察报告. 1993 年资料
- [5] G. L. Gibson, A. R. Griffin, A. C. Matheson. 1989. Breeding tropical trees: Population structure and genetic improvement strategies in clonal and seedling forestry. Oxford Forestry Institute, Oxford
- [6] North Carolina State University Industry Cooperative Tree Improvement Program. 1992. 36th ANNUAL REPORT. College of Forest Resources N. C. State University, Raleigh, North Carolina
- [7] M. R. Ahuja. 1988. Somatic Cell Genetics of Woody Plants. Kluwer Academic Publisher
- [8] J. M. Bonga, P. von Aderkas. 1992. In vitro Culture of Trees. Kluwer Academic Publisher
- [9] AFOCEL. 1992. Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species Symposium, Bordeaux, France. AFOCEL 164, boulevard Haussmann 75008 Paris
- [10] Dag Lindgren (ED). Proceedings of a meeting with IUFRO WP S2. 20. 06 Pinus contorta provenances and breeding and Frank Kempe Symposium. Dept. of For. Gen& Plant Physiology, SUOAS. issn 0348-7954
- [11] 沈熙环. 林木育种学. 中国林业出版社, 1990
- [12] 田颖川等. 抗虫转基因欧洲黑杨的培育. 生物工程学报, 1993, 9(4): 291-297
- [13] Dag, Lindgren. 1991. Pollen contamination in seed orchard. Swedish University of Agriculture Sciences. Umea. ISSN 0348-7954, ISBN 91-576-4547-7
- [14] Pharis, R. P., Webber, J. F. and Ross, S. D. 1987. The promotion of flowering in forest tree by gibberellin A4/7 and cultural treatments: A review of the possible mechanisms. Forest Ecology Management, (19): 65-81
- [15] Fins, L., Friedman, S. T. and Brotschol, J. V. 1992. Handbook of quantitative forest genetics. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht/Boston/London.
- [16] 潘志刚等编著. 外来树种的引种研究. 中国林业出版社, 1991
- [17] 涂忠虞, 黄敏仁. 阔叶树遗传改良. 科学技术文献出版社, 1991
- [18] 游应天等编. 林木育种繁育策略. 四川科学技术出版社, 1992
- [19] 沈熙环主编. 种子园技术. 北京科学技术出版社, 1992
- [20] 涂忠虞, 沈熙环. 中国林木遗传育种进展. 科学技术文献出版社, 1993

种子园发展现状与种子产量和质量提高

王章荣 赖焕林 (南京林业大学)

摘要 本文概述了国外林木种子园的现状。着重分析了影响种子产量与质量的主要因素和非遗传因素, 并对提高种子园种子产量与质量问题作了讨论。

关键词 种子园, 种子产量, 遗传增益, 遗传因素

用材树种生产性种子园始于本世纪 40 年代末, 由瑞典首先营建, 随后世界各国普遍建立。从此, 林木良种开始走上基地化的道路, 造林用种开始进入良种化的时期。国内林木良种研究自从列为国家科技攻关项目以来, 林木种子园的建设也取得显著的发展。