

对美国林木种子生产 的考察报告

北京林学院

一九八二年七月

前 言

1981年11月，我随中国种子经营管理考察小组对美国西北部的俄勒冈州和东南部的佐治亚州——美国两个主要林业基地的林木种子生产情况，作了为期一个月的考察。在俄勒冈州参观了土地管理局所属的科顿（Cotton）花旗松嫁接种子园和子代测定试验温室；在佐治亚州参观了该州林务委员会所属的箭头（Arrowhead）火炬松、湿地松嫁接种子园和实生种子园；克拉夫特（kraft）公司所属苗圃、火炬松种子园；东南试验站梅肯防火实验室的火炬松种源试验和子代测定试验林等。访问期间，听取了有关专家的情况介绍、学术报告，并对我们感到兴趣的问题作了专门讨论。

回国后，我考虑美国林木种子生产经验有值得我们借鉴的地方。为便于国内同行了解，我曾根据考察的印象和记录，并阅读有关文献对美国林木种子生产问题写了考察报告，这次付印前又作了部份修改和补充。由于时间仓促，水平有限，错误和遗漏肯定是有的，希望读者指正。

沈 熙 环

1982年7月于北京

目 录

前 言

一、考察地区林木良种生产、利用和研究的一般情况·····	(1)
二、种子园发展的经济依据·····	(2)
三、种子园规划、种子区划分和种子鉴定·····	(3)
四、种子园规模、产量和园址的选择·····	(4)
五、无性系种子园和实生苗种子园·····	(6)
六、南方松种子园中无性系数、配置、株行距和去劣疏伐·····	(8)
七、种子园的土壤管理·····	(10)
八、南方松种子园中的病虫害及其防治·····	(13)
九、种子园的花粉管理·····	(14)
十、开花结实的清查、监测方法和球果分析·····	(15)
十一、子代测定设计和改良代育种·····	(17)
十二、北卡罗来纳协作组使用的田间设计·····	(22)
十三、子代评选和增益的简单计算方法·····	(23)
十四、火炬松、湿地松地理变异的主要倾向·····	(24)
十五、火炬松、湿地松的选优方法和标准·····	(26)
十六、南方松抗锈病选育·····	(27)

考察地区林木良种生产、 利用和研究的一般情况

在我们访问的西北部林区，由于动手建设种子园较晚，且树种始花期迟，所以，种子园在供应造林种子方面的作用还不大。造林用种子主要依靠从天然林或一般人工林中采集。在我们访问的美国西北部或东南部地区，都没有固定的母树林，造林单位（国有林、内务部土地管理局、州有林以及私有公司等）或种子商，根据采种量，在挑选或指定的采种林分里，选择生长健壮的结实母树，上树采集。采种人员进山前要经过有关技术、安全、政策等方面的短期学习。凡采种破坏母树者要按情节轻重受到不同的惩处。据说，母树保护良好，可以连年在同一林分采种。

据俄勒冈州西部、华盛顿州西部、加利福尼亚州北部以及不列颠哥伦比亚种子园建设方面的资料，该地区最早的种子园建于1957年，但那时为数不多，仅有几个。60年代情况变化不大，然而，到70年代，种子园建设明显加快了。由于对种子生产的需要，种子园在该10年中增加了许多倍。迄至1980年，该地区已有各种种子园82个，面积为703.3公顷。就树种而言，主要是花旗松，占总面积的75%，其它为山白松、糖松、异叶铁杉、红杉、白云杉、小干松等共15个。就繁殖方式而言，大部分为嫁接种子园，但也有用控制授粉种子或优树自由授粉种子建立起来的实生苗种子园。由于选用适当的砧木解决了嫁接不亲和问题，用嫁接方法建立花旗松种子园，似乎也已不成问题。

种子园建设工作，在这一地区预估将有一个大的发展。至1985年种子园面积将增加到1024公顷，即在未来的5年中，种子园的面积将增加45%。

美国东南部地区是开展树木良种研究工作较早的地区，它可追溯到本世纪20年代，工作包括种源、杂交、家系选择以及有关的子代测定等。在1951年，召开了第一届南方林木改良学术会议。这是美国历史上第一个地区性的树木改良学术会议。

1956年，由北卡罗来纳州立大学林业资源学校应11个纸浆和制纸工业公司的请求，发起并组成了北卡罗来纳树木改良协作组。这是该地区树木改良工作发展中的一个重要里程碑。到1981年该协作组成员包括24个工业公司，3个州林务局，以及州林学院等共36个单位。这种协作使参加的各个单位都能得到好处。北卡罗来纳协作组南界不越佛罗里达州，西界不过得克萨斯州。它包括从密西西比州到俄亥俄州、肯塔基州、马里兰州以及东南部各州等共13个州。

在1951年等一届南方林木改良学术会议上，曾报道美国南方每年造林2亿株以上，到1978年，该地区每年造林近9亿株，其中40%的苗木（约为20万公顷）是经过遗传改良的。据粗略估计，仅1978年营造的林分，到2000年时就能增加木材产量约2亿立方英尺（566万立方米）。在美国、南方各州人工造林占有重要位置。如1973年全美造林1540万公顷以上，其中58%在南方各州；1974年栽植96,300万株，70%在这一地区。

协作组成员在1968年由种子园共生产苗木2400万株，到1980年生产了2亿株苗，增长了8.3倍。该协作组共选出优树7600株，现有子代测定林1600公顷以上。

协作组成员还开展了大量研究，如施肥、灌溉、中耕、植草、病虫害防治、种子采收等种子园经营管理措施，以及自交、种源试验、竞争效应、材质变异、选择方法、子代测定、

数量遗传等方面的研究。

二、种子园发展的经济依据

美国东南部地区在发展南方松种子园的初期，只指望得到5%的木材增益，但子代测定结果超过了预期的指标。在第15届南方林木改良学术会议（1979年）上，对湿地松、火炬松进行第一代选育各性状所能得到的增益，估计如表1。据最近报道，南方松抗性选育的效果也十分显著。

表 1 湿地松、火炬松第一代选育的改良效果估计

性 状		相对增益 (%)	性 状	相对增益 (%)
材 积	初级种子园	10—20	木材比重	10
	经去劣疏伐的		通直度	50
	初级种子园	15—25	抗梭状瘤锈病	35
	第一代无性系种子园	20—30	含油树脂产量	100

从经济上考虑，种子园建设也是合理的。在美国东南部建立一个20公顷的火炬松种子园的费用如表2：

表 2 火炬松种子园的支出

支 出 项 目	未扣税 (美元)	扣税后 (美元)
整地、嫁接、定植	13,150	6,575
施肥、除草、喷药、管理等		
1—5年	7,650	3,825
6—10年	12,850	6,425
11年后	16,950	8,475
地价 (20公顷)	5,950	5,950
优树选择费用 (按30个无性系计)	9,360	4,680

按上述建园开支计算，20公顷规模的种子园每公顷年产种子（公斤）如表3所示，则其扣税后的生产成本如下：

表 3 火炬松种子园的生产成本核算

年产量 (公斤/公顷)	22.4	33.6	44.8	56.0
成本、按利息				
0.08	44.64	29.76	22.31	17.86
0.10	53.13	35.41	26.27	21.25

由普通林分中采收种子的费用，因地区和加工条件而异，一般未扣税前每公斤约为44.1美元，而扣税后为22.05。可见种子园生产的种子费用比一般林分的高出不多，变动于+31.08至-4.19美元间。如每公斤种子能育苗19800—15200棵，每公顷植苗1200—2000株，则每公斤种子可栽植8—16公顷林地。可见每公顷造林地增加的种子费用很少。

从遗传增益和种子生产费用，以及种子园经营管理等方面考虑，种子园作为良种基地的发展方向是有依据的。

美国同行对通过选择—种子园—子代测定再选择的途径能够获得增益这点，没有任何怀疑。在美国南方，第一个世代的选择工作已经完成。现在，改良工作的重点已经转入第二个世代的选育，即改良代育种工作了。第二代种子园和特种目的种子园正在发展，不久也将投入生产。对50年代建立起来的第一代种子园，如我们参观过的佐治亚州林业委员会的火炬松、湿地松种子园，由60年代初期便开始结实，迄今结实已有十七、八年，结实最盛期已过。但看来在相当长时间内，这类种子园仍将被利用。

三、种子园规划、种子区划分和种子鉴定

在造林实践中，早已发现，由同一树种自然分布区范围内不同地区来的种苗，特别是分布广的树种，性状表现不同。在没有经过试验，确认外地种源优于当地种源前，使用当地种苗造林最为安全。因此，一些国家或地区，常根据自然条件，并考虑天然或人为界线，把整个分布区划分成不同的种子区。在美国，加利福尼亚州，大湖区，亚利桑那州和新墨西哥州，华盛顿州和俄勒冈州、大平原地区等已划分了种子区。这种划分往往只反映现有的经验，并用以指导当前生产，但它不一定有严格的种源试验为依据。随着经验的积累，种子区的划分常会重新修订和变更。

在美国，种子区的大小和划分标准，常因地理、气候等的复杂程度而异。以华盛顿州和俄勒冈州为例。种子区以三级编码系统表示。第一级以大的自然地理区作为单位，共划分10个大区，0—1由太平洋沿岸到沿海山脉山脊，2—5由沿海山脉山脊到喀斯喀特山脊；6—9，喀斯喀特山脉以东地区。第二级常示南北纬度，第三级指海拔；以500英尺（152米）为区划单位，如0—500英尺，编码为05；501—1000英尺，为10；1001—1500英尺，为15；依此类推。

划分种子区，对林木种子的生产与使用有一个规范，种子园的营建和种源区的划分在原则上是一致的。即种子园的繁殖材料由哪个地区来，生产种子也应供应到那个地区去。当繁殖材料到外区建园时，也遵循这原则。这是在种子园规划时应考虑的。在同一地区范围内，不同单位对种子园的繁殖材料可以进行交换，相互利用。

种子鉴定是与种子区划分、种子园建立相关的另一个重要问题。所谓种子鉴定是对种子来源和遗传品质的验明。自50年代以来，美国部分州组织了林木种子的鉴定机构，拟定了林木种子鉴定规则。种子鉴定在美国是非立法性的，自愿执行。现在美国南方13个州中已有9个州制定了各自的鉴定规则。各州的规则在细节上不尽相同，但原则是一致的。如林木种子可鉴别为三类，即：种源已知的，由种子园生产的和由已经过子代鉴定的种子园生产的种子三类。经鉴定的不同类别种子，售价差别很大。如按美国林木种子中心的价目表，由初级种子园

生产的南方松种子每千粒为15美元,而经子代鉴定的松脂高产的湿地松种子,每百粒为40美元(包括运费在内)。这种区别对待的政策,有利于调动生产遗传品质优良的种子的积极性,同时对消费者来说,种子费用的额外支出能由将来更大的收益来补偿,所以也乐于接受。

四、种子园规模、产量和园址的选择

决定种子园大小的因素主要有:需种量、种子园单位面积产量以及经营管理条件。在美国,国有林、州有林所生产的种子只供应自己造林需要,不出售;私有公司也主要是供自己需要。供应量容易确定。

在种子园产量方面,影响因素比较多,有树木本身的,也有与种子园园址的立地条件,配置距离以及经营管理措施等有关。

从经营管理上考虑,南方松生产性种子园的面积规定应在4公顷以上;如小于这一规模的,应与当地邻近种子园合并经营。据以同样的考虑,一个种子园的供应面积不宜小于8万公顷。实际上,种子园面积一般为20公顷,有的已达60公顷,仍继续扩大的。美国俄勒冈州和华盛顿州西部,加利福尼亚州北部和加拿大不列颠哥伦比亚省的花旗松等种子园,平均面积为8.7公顷。

据Belcher对10个州中29个湿地松种子园和26个火炬松种子园3年(1971—1973)产量的统计分析,火炬松平均树龄为10.9年时,每一植株平均可产种子1万粒;湿地松13.1龄时平均可产种子8千粒。如10龄时每公顷有植株100株计,又火炬松种子千粒重按25克计,则该时每公顷估计可产种子25公斤,合每亩3.3斤。

火炬松、湿地松种子产量在不同州中变动很大,见表4。

表4 各州火炬松、湿地松种子园3年产量的平均值

州名	火炬松			湿地松		
	树龄	球果产量 个/株	种子数/球果	树龄	球果产量 个/株	种子数/球果
亚拉巴马	9.4	104.3	60.5	13.3	112.6	79.0
佛罗里达	12.6	666.4	100.3	13.5	154.8	68.4
佐治亚	9.1	196.5	51.4	13.2	146.6	64.8
路易斯安那	11.1	113.5	79.4	9.7	155.0	61.1
密西西比	11.4	113.1	86.7	13.7	171.7	83.4
北卡罗来纳	12.4	166.3	92.1	12.8	155.9	80.7
南卡罗来纳	10.3	188.4	74.6	12.6	277.9	66.0
田纳西	—	—	50.2	—	—	—
弗吉尼亚	10.6	15.9	80.5	—	—	—
得克萨斯	14.9	296.1	48.6	12.7	173.8	52.5

如上表中佛罗里达州火炬松单株结种数为弗吉尼亚州的40多倍。这么大的差异虽可能与统计取样有关,但很难说与园址没有比较大的关系。

据Jett的报道,由相同无性系组成的几个种子园,只因设置地点不同,产量差别很大。现将他的材料列于表中。由于一些种子园的树龄不完全相同,所以对产量不能直接加以对比。表5材料也说明,产量随着树龄而增加,到14—15龄时已进入盛产期;同时,结实大小年现象也相当明显。

表5 设置在沿海平原不同地区的火炬松种子园产量比较

种子园地点	面积	1978年	种 子 产 量 (公斤/公顷)										平均
	(公顷)	时树龄	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976①	1977	1978		
南卡罗来纳州和佐治亚州交界地段	2.0	18	62.9	90.8	23.8	46.8	46.1	76.3	3.0	29.1	111.9	54.4	
	2.4	16	22.4	52.4	16.1	32.7	34.3	26.7	4.5	154.9	82.3	47.3	
南卡罗来纳州中部②	8.4	15	1.6	0	1.9	3.3	3.4	8.6	6.7	21.8	12.1	6.6	
南卡罗来纳州沿海	4.4	19	19.1	25.0	22.8	23.6	10.7	65.1	11.0	134.2	46.6	39.8	
	10.4	19	17.9	28.1	35.2	24.6	9.7	66.7	5.6	110.5	18.2	35.1	

注:①1975年遭冰雹和冻害,所以1976年减产。

②该地经常遭受冰雹和晚霜。

设置在不同地区的火炬松种子园平均产种量可相差达8倍以上。在适宜条件下,每公顷可产种子54.4公斤(合7.3斤/亩),而在经常遭受自然灾害的地区,只有6.6公斤(合9两/亩)。因此,选择出来的优树,不一定要在选择地区内设置种子园。从结实考虑,可以把种子园建立在有利于结实地区内。前几年,美国曾有人建议把种子园建立到南非去,在该地10龄火炬松种子园每公顷年产种子可达110公斤。

我们在佐治亚州参观了克拉夫特公司火炬松种子园。该园面积为64公顷,是在1965年嫁接的。1969年开始结果。1979年,该园共采到种子2270公斤,合每公顷产种子35.5公斤(4.7斤/亩)。这是该地区种子园的一般产种水平。

早年建立的花旗松、西特加云杉种子园也已结实,如于1960年在俄勒冈州 Sweethome 建立的50公顷花旗松嫁接种子园,1966年开始少量结种,最高年份共产种子181公斤,8年内共产种子431公斤,平均每公顷年产种子2.57公斤。在华盛顿州的另一花旗松种子园中,1958年建立的一个无性系区组,由1962年至1979年不连续的7年内,最高年产量每公顷为21.1公斤,平均为8.34公斤;于1966年营建的实生苗种子园5.3公顷,在1971和1976年分别采到52.6和113.3公斤,合每公顷9.9和21.4公斤。

当种子园设置的大区确定后,在具体地点选择上,土壤结构是主要考虑的因素之一。对南方松,沙壤和粉沙壤被认为是最理想的结构,通气、排水、侵蚀的问题少,种子产量也高。土层应厚30至45厘米以上。沙土看来不利于结实。见表6

表6 由基本上相同的无性系在不同土壤上建立的两个火炬松种子园产量比较

土壤类别	面积	1978年时 树龄	产 量 公 斤/公 顷				
			1974	1975	1976	1977 [*]	1978
细壤沙土	21	12	0	0	7.7	—	3.0
壤粘土	21	15	11.4	134.8	48.6	—	57.0

• 该年因种子蟥象危害，未采收。

上表中两个种子园虽然相差3年，产量不能直接比较，但仍可以明显看出，建立在沙土上的那个种子园，产量没有达到一般水平。

火炬松种子园土壤的pH值，应在5.5至6.0范围内，如pH值小于5.1或大于6.5应采取措施调节。

五、无性系种子园和实生苗种子园

在我们访问过的两个州中，不论是火炬松、湿地松种子园，还是花旗松种子园，多数是嫁接种子园。同时，对遗传增益的估算，也多是根据无性系种子园进行的。但是，即使在火炬松中，我们确实也看到了实生苗种子园。我们不完全了解建园的历史背景，从现象看，两种繁殖方式的种子园，应用比较随便，没有严格的界限。事实上，这两类种子园确各有其长处和弱点，不能统一规定，各应根据具体情况采取适宜的建园方式。

实生苗种子园的优点：

(1) 能把子代测定和种子生产结合起来，特别是当所需性状能在幼龄时即表现出来，并可加以评断的；以及开始结实树龄较早的树种。

(2) 能把两个周期（两个世代）的选择工作在一次试验中完成。

(3) 这对难以无性繁殖和存在嫁接不亲和现象的树种特别适用。

(4) 建立种子园过程简单，特别是使用自由授粉种子时更是如此。

缺点：

(1) 评定子代和生产种子所需要的最适条件不同，往往难于同时满足。此外，为促进种子生产所作的栽培管理措施并非子代测定所需。

(2) 有近亲繁殖的危险，特别当用自由授粉种子建立起来的实生苗种子园更是如此。

(3) 每个植株的遗传型不同，所产种子性状复杂。

无性系种子园的优点

(1) 种子园中每株母树的基因型可以通过子代测定了解，并可以只保留优良的基因型。

(2) 开花结实比较早。

(3) 近亲繁殖可以比较有效地加以控制。

(4) 优良的基因型可多次繁殖, 大量结实, 提高增益。

(5) 种子园园址可选择交通方便, 生产力高的地区。

缺点:

(1) 一次试验中只能作一个周期的选择。

(2) 某些树种无性繁殖困难, 且存在嫁接不亲和问题。

(3) 子代测定需另行试验。

花旗松通过有性繁殖的改良计划一例

由于花旗松存在过嫁接不亲和问题, 由1966年提出了不通过嫁接的花旗松改良发展计划。据1979年报道, 该计划已在720万公顷的花旗松林区中应用。这个计划的特点是兼顾育种和种子生产两个方面的需要, 使两者密切衔接。同时, 为缩短育种世代, 不同世代的育种工作套叠, 预期在60年时间内将能完成3个世代的选育。兹将花旗松改良发展计划进程列表如下:

阶段 I —— 由优树采集种子

年 份	育 种 工 作	种 子 生 产 工 作
0	选择300株优树, 采收自由授粉种子, 作子代测定。	由该300株优树上采集种子。
第3年春	定植, 作子代测定, 包括9个立地, 在每一立地, 各家系栽种12个植株。	由选择优树育成的苗木供造林用。
第5、10、15、20年冬	对9个立地的子代进行测定。	根据测量结果, 对由母树上采收的种子作遗传型的三级评定。

阶段 I —— 由第2代实生种子园采集种子

第5年春	对300株优树, 作单交, 共150个杂交组合。	无
第8年	无	用单交取得的全同胞营建第2代实生苗种子园。
第11—13年冬	逐步淘汰第2代种子园各家系中生长最差的2/3个体。	无

第14年冬	淘汰种子园中1/2家系。	无
第22年秋	最后选留种子园中最优的3/16家系。	开始由第2代种子园采收种子。

阶段Ⅱ——子代间杂交建立种子园

第23年春	在子代试验中性状表现最优异的树木间作杂交，供营建第3代种子园用。	无
第24年	对上年取得杂种作田间测定。	建立第3代全同胞种子园。
第24—60年	测定，并按第2代选择原则去劣淘汰。	随着测定开展，第3代种子投入生产。

这一发展计划，已执行了14年，进展顺利，对最终结果，当然目前尚难加以论断。不过，方法多样些，路子宽一点，总会比呆板、划一的做法好些。

六、南方松种子园中无性系数量、配置、株行距和去劣疏伐

在确定无性系数量和配置时，主要考虑两点：（1）便于去劣疏伐，以提高种子园的遗传品质；（2）尽量减小种子园内自交的可能性。为达到上述目标，在美国东南部地区主要通过以下措施：

- （1）初植密度不能过小，如每公顷至少栽植333株；
- （2）种子园的每一区组中应有30至40个无性系；
- （3）同一无性系的不同嫁接植株间至少应保持27米以上；
- （4）各无性系应保持相同的频率，以避免间伐后产生林窗或过分密集；
- （5）避免固定的无性系搭配。

如按5.4米株行距配置，则每公顷为331株；如按4.6×6米配置，则每公顷为358株。近来，对改良代种子园的配置，提出了按4.6×4.6米距离配置的新图式（见图1），这时每公顷仍为358株。按这一配置图式既能满足最初栽植密度和经营方面的需要，又能提供树冠发育的较大空间，所以，这一配置方式已在北卡罗来纳州的协作组中推广。

据用同位素示踪法对松树花粉传播距离的研究,同一无性系的不同嫁接植株至少应相隔27米,才能有效地降低自交率。在一个种子园区组中如包括30—40个无性系,又按 4.6×4.6 米改进方法配置,则能够满足上述要求。

美国东南部第一代种子园中多采用固定无性系配置方式。经去劣疏伐后,这种固定搭配方式的缺陷就暴露出来了:如果优良的无性系长在一起,处理方法有:一是忍痛伐除部分优良无性系,使留下植株的树冠舒展;二是呈丛状保留优树,但由于树冠不得伸展,致使球果产量逐年下降。相反,如品质低劣的无性系分布在一起,全部伐去它们,会使种子园中出现空地;如部分保留它们,又将影响生产种子的遗传品质。因此,对改良代种子园的建立他们主张采用非固定无性系的搭配设计,如松散的顺序排列。

种子园的疏伐既能提高种子的产量,又能提高种子的遗传品质。在美国东南部,有试验表明火炬松林通过疏伐因树冠能得到充分光照,到第4年球果增产达4倍。此类情况,在北卡罗来纳协作组中并不鲜见。疏伐既能增加树冠光照,也能改善土壤营养条件。

根据对火炬松种子园的经验,他们对去劣疏伐提出如下意见:

(1) 对种子园去劣疏伐时应把子代测定和球果产量两方面的资料结合起来考虑。两个因素的评定都可分为三级;

(2) 在种子园中每3至4行为一带,逐株按子代测定、球果产量资料以及健壮情况评定,决定去留。

对第一代种子园,平均去劣疏伐4次。每次约伐除30—40%的植株,最终每公顷保留50—70株,由8至10个无性系组成。最终保留的株数约为最初定栽株数的20至30%;最终保留的无性系约为最初的25—35%。

北卡罗来纳协作组在去劣疏伐中,对南方松种子园无性系植株的评分标准如表7(注意!评分愈高,品质愈低)。

表7 去劣疏伐时各无性系植株的评分标准

子代测分	球 果 产 量 评 分		
	好	中	差
+	1.2	1.2	2.0
	1.1	1.3	2.1
	1.2	1.4	2.2
中	2.3	2.4	2.5
	2.8	3.0	3.3
	3.5	3.8	4.0
差	4.5	4.5	5.0
	5.0	5.0	5.0
	5.0	5.0	5.0

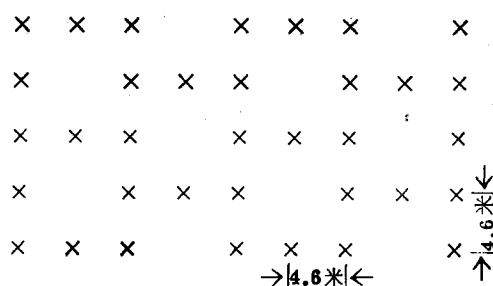


图1 按 4.6×4.6 米配置的新图式,

图中×为栽植点

在上表中可见，子代遗传品质的评分高于球果产量的评分。如当子代表现属中等时，球果产量的权重最大。当子代遗传品质差时，球果产量的大小对评分基本没有作用。当植株评得5分时，应无条件地伐除。一个无性系的评分愈高，则被伐去的可能性愈大。

七、种子园的土壤管理

为促进开花结实，在土壤管理方面，南方松种子园中主要采取如下措施：施肥、灌溉、中耕、除草。在这一方面，美国科技人员做过许多试验，对这些经营措施能增加种子产量的看法是一致的，但对取得这一效应的原因，技术细节以及经济上的合理性等，认识还不完全一致。

下面列举一个施肥、灌溉以及两者结合对球果产量影响的试验例子。供试火炬松种子园位于南卡罗来纳州，于1964年嫁接。施肥过程是，春季和7月各施用 NH_4No_3 约350公斤/公顷，每年11月施用完全肥料500公斤/公顷。每年每公顷土地实际增加氮素约300公斤。灌溉是根据埋在土深30和60厘米深处的水分张力计自动调节的，使土壤水分经常保持在0.5—0.1大气压间。

表 8 施肥和灌溉对火炬松种子园球果产量的影响 (产量：球果数/株)

年 份	对 照	灌 溉	施 肥	施肥 + 灌溉	$\bar{X}$
1971	45	81	60	102	72
1972	72	99	134	145	112
1973	70	88	88	100	86
1974	55	98	117	144	104
$\bar{X}$	61	92	100	123	

可见仅灌溉平均每年每株可多产球果31个；仅施肥可增产39个、施肥和灌溉结合，可增产62个，即增产达一倍。

施肥试验进一步确定，施肥能促进植株生长，但增加球果产量的效应则与无性系、树木大小、施肥种类和数量等有关。

据M.S.Greewood在北卡罗来纳州11年生火炬松种子园中的试验，发现不同无性系对施肥的反应差别很大，这种差别已达1%显著水平。(见图2)。在另一些试验中，也都发现类似的现象。

图2示10个火炬松无性系对施用硝酸铵(224公斤氮/公顷)后的开花量反应。0线为对照的雌球花相对量；打斜线柱示1976年花量；空白柱为1977年花量。

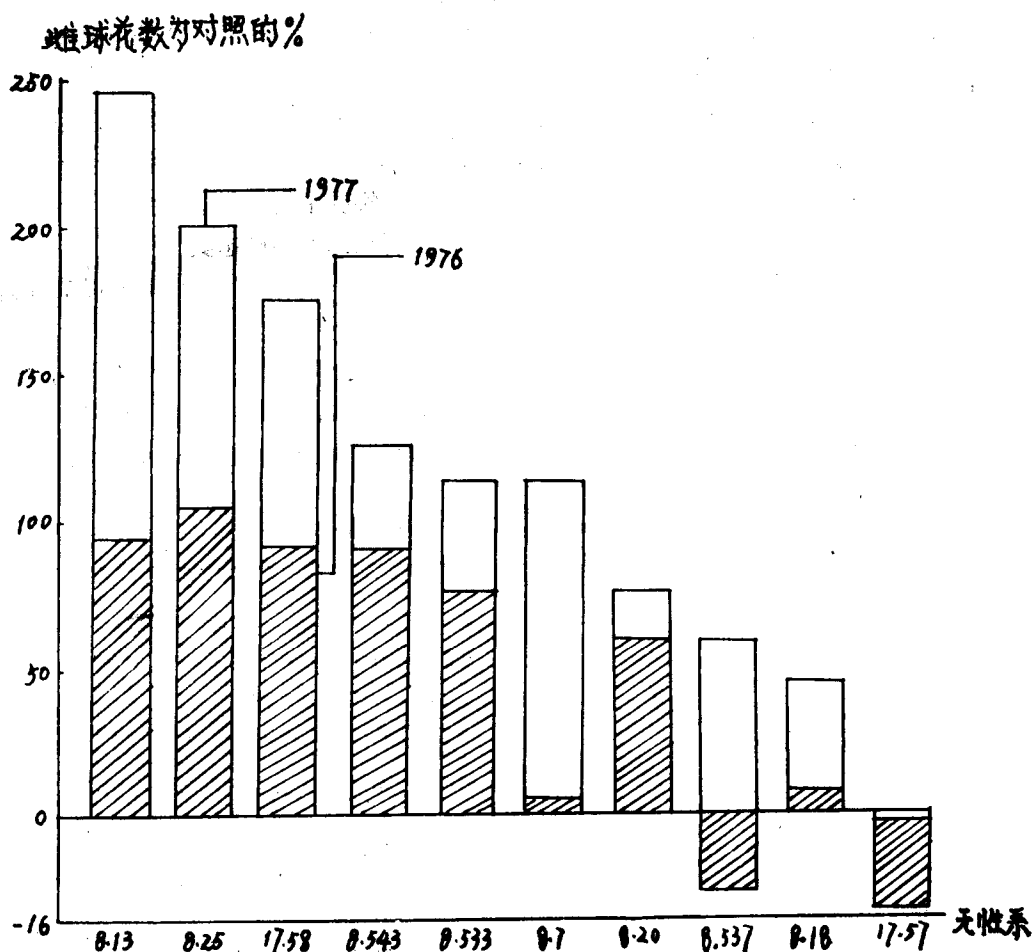


图2 火炬松不同无性系对施用硝酸铵后开花量的反应

在路易斯安那等州的火炬松种子园中,都观察到植株大小与肥效的关系很大。凡胸径小于9厘米的植株,结果量小,施肥对这类植株球果产量的影响不大;胸径大于9厘米的植株结果量大,施肥反应也显著(见表9)。

表9 粗度不同植株对施肥的反应(球果平均数/株)

胸径小于9 cm 株数占总株数 54%	1974	1975
	处理小区	1.54
	对照	1.27
胸径大于9 cm 株数占总株数 46%	30.1	28.6
	处理小区	12.2
	对照	

种子园的立地条件不同,植株的遗传和生长状况又不相同,所以很难规定统一的施肥标准和措施。但是,有一点是共同的,即在初级种子园中每年只能从一部份植株上采收种子。只对施肥反应潜力大的一部份植株施肥,这从经济上考虑或许是合理的措施。

J. T. may归纳东南部地区五个州林业局种子园施肥效应的研究后指出,氮素施用量以每公顷224至364公斤,磷以97至158公斤为最适宜;磷素每公顷高于195公斤,钾高于373公斤会导致减产;氮84公斤,磷37公斤,不起作用。氮、磷、钾要平衡,如这三要素不是限制因素,氮是促进开花的最有效因素。但在一些试验中,发现铵态氮和硝态氮的作用不一致。磷、钾是促进结实的因素,但磷、钾用量过多,反会起抑制作用。施用氮肥时间以7月底、8月初为最好。

据J. C. O'longhlin报道,得克萨斯州的种子园中已按装有滴灌。滴灌的优点是,节省水源,能使土壤保持比喷灌更均衡的水分状态,便于其他操作,同时,滴灌设计简单,护维费用低。滴灌也都用水分张力计控制。滴灌面积与滴口距离和土质有关(见表10)。

表10

滴灌口距离、土质与灌溉面积关系

滴灌口相互距离 (米)	土 质		
	粗	中	细
1.5	53	80	100
3.0	26	40	53
4.6	18	26	36
6.1	18	20	27

近年来,不少单位利用滴灌系统使用内吸合成杀虫剂,其优点有(1)不需机具和劳动;(2)勿需考虑土壤缺水妨碍根系吸收农药;(3)可以避免一次性使用大量农药会危及人类和野生动物,而低剂量定期使用农药恰好符合防治树木的需要;(4)可避免早春用药而到生长季时药效减退的问题;(5)可节省施药量,减少支出等。但用这一方法施药,各植株受药量差别显著。

至1979年,在美国东南部有约80公顷南方松种子园安装了滴灌装置。在我们参观的美国农业部东南部果树和坚果实验室所属美国山核桃园中,都铺设了这种装置。

有人认为,施肥和灌溉的作用是综合的,它能改善砧木的营养状况,从而提高嫁接苗的成活率和生长,使植株的树冠面积迅速扩大,也就能增加球果产量。施肥、灌溉的经济效益尚需进一步研究。

土壤中耕能疏松土壤、改善土壤中水分和通气状况,增加对降水的吸收。但直到不久前,种子园中才进行中耕。在南方松种子园中,常通行各类机器,使土壤变得坚实,影响树木生长。土壤中耕,实际上也是对根系进行修剪,改变水分供应状况,进而也会影响到结实。

Gregory在中耕对火炬松开花影响的试验中确定,中耕深38厘米可以增加每株树木的雌花产量约2倍;中耕深18厘米,可增加雌球花产量1.5倍(见表11)。中耕必须在夏季适当时间进行。由下表可见中耕的增产效应。

表11

中耕对2个火炬松种子园中各6个无性系

2年内雌球花数量的影响(雌球花/株)

中 耕 处 理	中耕时间1973年 1 月		中耕时间1973年 8 月	
	1974	1975	1974	1975
对 照	13.4	19.7	14.4	43.8
浅耕(18厘米)	11.9	24.0	23.8	50.2
深耕(38厘米)	11.1	23.4	30.0	48.3

南方松种子园中一般中耕深度为18至30厘米,距树两边各约2.1米。每隔2年中耕一次,相接两次的中耕方向应成直角,犁刀务必安装在中耕器前,要切断根系,而不使根系撕裂或拉出地面。

栽种草皮对防止侵蚀,提高车辆、机器的通行能力以及减轻土壤坚实化等等都是有利的。国外有栽种草皮的习惯,在我们参观的种子园中,都有草被复盖。

为美化环境,操作管理方便等等原因,草皮要经常管理。但割草等操作,也需要增加支出。目前,他们正在研究减少修剪草皮次数,而又不影响种子园树木生长和结实的方法。

八、南方种子园中的病虫害及其防治

据J.B.jett报道,火炬松等南方松种子园中最常见的病害是松栎瘤锈病(*Cronurtium quercum* f.sp.fusiforme)和镰刀菌病害(*Fusarium moniliforme*)。根白腐病在种子园中目前还不多见,但认为这一病害的潜在危险性大。在我们参观的种子园中流脂病香橼也是一种普遍的疾病。

松栎瘤锈病分布广,它可削弱树木生长势,减少产量,最终甚至可使罹病植株死亡。所以,这是严重的病害。种子园中植株感染这一病害的主要途径有三,即:(1)植株嫁接时受感染;(2)通过伤口的愈伤组织侵入;(3)由幼龄针叶直接侵入。因此,在种子园中嫁接、整枝、机械采种等等操作如不谨慎,都可能引起这类病害的发生。

松栎瘤锈病孢子是在春季散布,而这时正值嫁接时间,敏感的嫁接植株易罹病。修枝等操作,应避开这个时期。树干上的锈病瘤可用机械方法切除。如病瘤已超过1/2干周,效果往往不佳。凡感染的枝条,应立即加以剪除。

镰刀菌病害还不能控制,但迄今在美国南方松种子园中,除少数敏感的无性系外,由这一病菌引起的枯萎,都能在1—2年内恢复,所以它还不构成严重的威胁。

在种子园中引起根白腐病的主要操作有二,即疏伐和中耕。简易和有效的防治办法是在夏季疏伐或深耕,因该时菌孢子最少。彻底的办法是把伐倒木连同根移出园外,但对大树却难于做到这点,普遍采用的办法是在新鲜伐桩上撒硼砂粉等化学药剂。

树干流脂病是由*Fusarium lateritium* f.pini引起的一种病害。据W.R.Phelps等

在佛罗里达州湿地松人工林和种子园中的调查,这种病害在近23年(1953—1976)间显著地大了。在调查的25个湿地松种子园中,有22个发现这种病害。在平坦地、沙地、湿地和肥沃的立地上,发病率最高。

流脂病症状容易识别。树干上的溃疡下陷,分泌大量树脂。溃疡下的木质部饱含树脂,变色,呈浅至深褐色。湿地松树干患这病后,溃疡上方的主、侧枝会因其它病害侵袭萎垂或死亡。顶、侧枝上的溃疡,通常不下陷,只分泌树脂。树皮下的木质部也变色。罹病植株,生长衰弱,纸浆材损失可达1.4至6.8科德/英亩(约合8.9—43.4立方米/公顷),但对球果产量的影响未见报道。

火炬松、湿地松种子园中花、球果和种子害虫较多,在各个发育阶段为害。如不加以防治,总的产量损失可达95%。访问中得到的印象是,他们十分重视害虫的研究和防治。

湿地松雌花害虫有蓟马(*Gnaphothrips fuscus*)。如危害严重,可使雌花死亡;如不严重,则雌花可活下来,球果变形,成熟时尚可获得部分种子。据在湿地松种子园中的调查,受这一害虫危害的雌花可达31%—45%。

松梢螟类(*Dioryctria* spp.),据1969—1970年对佐治亚州火炬松的调查,遭松梢螟危害的2年生球果可达60.9%—75.7%。据1956年至1958年连续三年在佛罗里达州对10株湿地松的调查,球果年平均受害率分别是44%、12%、和22%。可见这是危害严重的一类害虫。

种子蜡象害虫有果鳞蜡象(*Tetyra bipunctata*)和叶足缘蜡象(*Leptoglossus Corculus*),受果鳞蜡象危害而使一年生小球果损失一半的情况并不少见。此外,小蠹蛾(*Laspesyesia*)、蚜虫、红蜘蛛、介壳虫、尺蠖(*Nepytia semiclusaria*)等也有发生。

目前,对害虫主要采取化学防治。有两种农药效果较好。谷硫磷(*Guthion*)已用于控制各种南方松种子园中的球果螟。由于这种农药对哺乳动物毒性较大,且需在生长季中喷洒4次以上才能奏效,到1970年发现了代用药呋喃丹(*Furada*)。呋喃丹是颗粒内吸剂,能控制种子害虫,如果鳞蜡象、叶足缘蜡象,球果螟,球果钻心虫,以及球果小蠹(*Conophthorus* spp.)等,它毒杀松梢螟的效果不好,因此,当这一害虫大量发生时仍用谷硫磷。

九、种子园的花粉管理

根据对南方松种子园经营的经验,要提高种子园产量和种子遗传品质,应满足以下条件:(1)种子园必须与外界花粉源隔离;(2)各无性系植株开放的雌球花和雄球花数量应大体相等;(3)撒粉时期与雌球花受粉期应相遇;(4)各无性系间应杂交可配;(5)自花授粉率应降到最低限度;(6)种子园中应有足够的花粉量。

事实上,初级种子园是很难满足上述所有条件的。可能采取的措施包括:(1)增加花粉隔离带的距离;(2)增加种子园的面积;(3)只利用花期相当一致的无性系建园;(4)采取增加花粉量的经营措施;(5)严格选择园址,最理想的情况是把种子园设置在该树种自然分布区之外,或花期不相遇的地区;(6)调节种子园的小区环境条件,使种子园花期与周围的不遇;(7)采用辅助花粉。