

陕西油松遗传改良研究进展*

樊军锋¹, 杨培华¹, 郭树杰², 刘永红¹

(1 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100;

2 陕西省林业厅 种苗站, 陕西 西安 710082)

[摘要] 文章全面回顾了 20 世纪 70 年代以来, 陕西油松在地理变异与种源试验、优良林分选择与母树林建立、优树选择与种子园建立等方面的研究历史及成就, 指出了陕西在油松遗传改良研究方面存在的主要问题, 并针对存在的问题提出了今后研究的重点。

[关键词] 油松; 遗传改良; 良种基地; 陕西省

[中图分类号] S722.3⁺9

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)01-0045-06

油松生长快、材质好、耐干旱、耐瘠薄, 天然分布于我国北方 14 个省(区), 是我国北方地区最主要的针叶造林树种。陕西油松天然林面积约占全国油松天然林总面积的 45%, 是我国油松天然林面积最大、遗传资源最丰富的省份。目前, 陕西油松人工林造林面积已占全省人工林总面积的 15.4%, 占针叶树人工林面积的 80%^[1]。由此可见, 油松在陕西林业生产中占有非常重要的地位。

陕西油松遗传改良及良种基地建设始于 20 世纪 70 年代初, 在油松地理变异与种源试验、优良林分选择与母树林建立、优树选择与种子园建立等方面开展了大量卓有成效的研究工作, 经过 30 多年的努力, 取得了丰硕的科研成果, 摸清了油松种源地理变异规律, 为陕西秦巴山区、关山林区、黄土高原地区选出了适宜造林的种源、林分、家系及单株; 提出了油松优良林分的选择标准和方法, 制订了油松种子园建立和经营管理技术规范; 选出油松优树 737 株, 建立无性系种子园 138.61 hm², 实生种子园 21.4 hm², 子代测定林 58.03 hm², 优树收集区 15.3 hm², 母树林 302.4 hm², 生产示范林 206.67 hm², 并于 1994 年率先在全国建立了油松第二代无性系种子园^[1-5]。以上工作, 丰富和发展了我国油松遗传改良理论和良种基地建设生产实践, 促进了陕西及全国油松良种基地建设及造林良种化事业的发展, 也为后续研究工作奠定了良好的基础。为进一步提高陕西油松遗传改良研究水平, 开展多世代轮回选择, 建立高世代种子园, 生产遗传品质更好的优质种子,

本文全面回顾了陕西油松过去 30 多年的遗传改良及良种基地建设的研究进展, 并针对当前油松遗传改良研究及良种基地建设中存在的主要问题, 提出了解决对策。

1 油松遗传改良

油松为异花授粉植物, 分布范围广, 不同种源、林分、个体间遗传变异大^[6], 且无性繁殖困难, 故油松遗传改良及良种选育与大多数针叶树一样, 主要走种子园道路, 即在了解油松地理变异及种源试验的基础上, 选择优良种源区的优良林分改建母树林, 或选择优良林分内的优树建立初级种子园。同时对建园优树进行子代测定, 根据测定结果, 去劣疏伐, 改建初级种子园, 或选择优良家系中优良单株建立高世代种子园, 并通过轮回选择及多世代育种, 不断提高遗传增益^[7]。现就地理变异与种源试验、优良林分选择与母树林建立、优树选择与种子园建立 3 方面的研究进展分述如下。

1.1 地理变异与种源试验研究

地理变异是指在一个树种分布区的不同区域, 由于地理-气候条件的差异所造成的不同地理种群之间的遗传及形态差异。了解一个树种的地理变异特点, 有利于正确地开展种源选择工作和制定正确的遗传改良方案。种源试验是将属于同一树种但地理来源不同的种子或其他繁殖材料放在同样条件下进行的比较试验。通过种源试验可以揭示该树种的地理变异规律, 为不同地区选出最佳造林种源及造

* [收稿日期] 2005-05-08

[基金项目] 国家林业局重点研究项目(2003-023L-23)

[作者简介] 樊军锋(1963-), 男, 陕西扶风人, 副研究员, 博士, 主要从事林木遗传育种研究。

林用种。在种源试验中,为加快改良速度,常将种源选择与林分、家系多层次选择结合进行。

1.1.1 地理变异研究 我国系统的油松地理变异研究始于 20 世纪 70 年代末^[6],陕西油松地理变异研究开始时间比全国滞后约 3~4 年。1983~1986 年,原西北林学院硕士研究生廉志刚^[8]开展了“油松主要分布区地理变异研究”,调查了陕、晋、冀、甘等 4 省的 33 个油松天然林,对其针叶、球果、种子长等 8 个性状的变异情况进行了研究。结果表明,8 个性状在油松产地、林分、单株间均达到了显著或极显著差异,其中产地、林分、单株间变异分别占总变异的 23.7%,18.5% 和 41.8%。1982~1986 年,原西北林学院硕士刘和平^[9]开展了“油松萜烯组分地理变异的初步研究”,对 12 个产地、36 个林分、288 个单株的油松针叶萜烯化合物的组成及其相对含量进行了研究。结果表明,油松天然分布区不同产地间针叶萜烯组分相对含量存在显著差异,大多数化合物相对含量呈非连续的地理变异;油松针叶萜烯组分相对含量在产地间的变异大于产地内林分间的变异。1989~1992 年,原西北林学院硕士研究生郭军战^[10]开展了油松天然林群体同工酶遗传变异的研究,对陕西秦岭南坡和渭北高原 2 个采种区 4 个产地 12 个林分的油松大配子体谷氨酸草酰乙酸转氨酶(GOT)、苹果酸脱氢酶(MDH)、谷氨酸脱氢酶(GDH)和碱性磷酸酶(AIP)等 4 个酶系统的 10 个同工酶位点的变异进行了研究。结果表明,油松天然林群体同工酶变异水平不同位点间差异很大,平均变异水平较低,各产地群体处于不同的平衡状态;油松天然群体间有一定程度的分化,但大部分变异仍存在于群体内,群体间仅占 8% 左右;群体的遗传距离与地理距离间无明显关系。

1.1.2 种源试验 陕西是全国最早开展油松种源试验的省份之一。1978 年,原陕西省林科所王思恭等^[11]首次在陕西开展了油松种源试验,通过在黄陵、陇县和蓝田 3 个育苗点对 8 省 19 个种源的种苗进行连续 2 年的苗期测定,初步发现 19 个油松种源间苗高差异极显著,而种源×地点互作不显著;对以上 3 个育苗点而言,秦岭南坡及东部地区的种源较好,而山西、青海、甘肃、宁夏的种源表现较差。1979 年,王思恭等参加了中国林科院林业所组织的全国油松种源协作研究,同年从陕西林业生产实际出发,开展了油松种源、林分、家系遗传变异及配合选择研究。通过对 4 批全分布区及 8 批局部分布区的共 12 个省 54 个种源、55 个林分、675 个家系 17 年的多点

育苗、造林试验,揭示了油松种源、林分、家系三水平遗传变异大,其种源间材积有 86% 的差异,种内呈现种源>林分>家系的变异格局;种源、林分 7 个性状的生产力呈现由西南向东北方向递减的地理变异规律。通过多地点、多年度重复试验和多性状综合评定,选出了适宜在秦岭林区和渭北旱塬推广的优良种源 14 个,优良林分 16 个,优良家系 155 个,优良单株 638 个,其树高、胸径、材积遗传增益分别达 8%~28%,11%~13% 和 40%~51%;其中遗传稳定的种源 5 个、林分 4 个、家系 56 个。通过早-晚相关分析得出,油松最佳早期选择年龄为 5~7 年。该项研究成果对陕西油松种子区划、种子调拨和制定长远遗传改良策略提供了科学依据,所选出的优良家系和优良单株为进一步开展油松高世代育种研究奠定了良好基础^[11]。1992~1995 年,原西北林学院硕士研究生白凡^[12]开展了油松种源、优良林分遗传变异稳定性和适应性的研究,对陕、晋、冀、甘 4 省的 11 个油松种源、44 个优良林分 6 年生自由授粉子代在该 4 省 5 个试验点的生长表现,进行了遗传×环境交互作用分析。结果表明,种源间、优良林分间在稳定性上存在显著差异。并根据稳定性参数,将参试种源和优良林分划分为高产稳定、高产非稳定、低产稳定和低产非稳定 4 个类型;对种源、优良林分适宜种植的地点和各试验点适宜种植的种源和林分,进行了适宜性分析,确定了各种源、各林分的最适宜种植地点。1997 年,郭军战等^[13]运用巢式固定效应模型,分析了陕西太白、洛南、铜川和韩城等 4 个产地、12 个林分、120 个单亲本及其子代的 13 个表型性状,在种源-林分-家系三个水平上的遗传差异。结果表明,遗传差异在三者中以家系间最大,种源间次之,林分间最小;而遗传力估值以种源间最大,家系间次之,林分间最小。

1.2 优良林分选择与母树林建立的研究

优良林分指在同等立地条件下,与其他同龄林分相比,在速生、优质、抗性等方面居于前列,并且通过自然稀疏或疏伐,优良木可占绝对优势,能完全排除劣等木和大部分中等木的林分。

母树林指优良天然林或种源清楚的优良人工林,通过留优去劣疏伐,或用优良种苗以造林方法营建的、用以生产遗传品质较好的林木种子的林分。母树林建立的关键技术是从众多的群体中选择出优良林分。

陕西油松优良林分选择及母树林建立研究开始时间较早。1965~1968 年,原陕西省林科所侯有刚

等^[14]开展了油松优良林分、优良母树的选择及结实机理和母树林经营技术研究。该研究对油松优良林分、优良母树的选择标准作了一定的探讨,并开展了不同疏伐强度、不同整地方式及施肥方式对母树生长发育、结实的影响。1983年,原陕西省林科所郝宏均^[15]研究指出,在改建 10~15 年生油松人工林作为母树林时,疏伐后每公顷保留 525~675 株较为合适;新建人工母树林时,初植密度应为每公顷 2505 株,10 年生时开始疏伐,每次疏伐强度为 50%,经过 2 次疏伐,最终每公顷保留 630 株较为合适。以上所有前期研究均注重母树林经营管理技术研究,而对用作改建母树林的优良林分的选择标准,研究很少。1981年,林业部颁布了“林木选择育种技术要领”,规定了林分中优良母树株数大于 20%,且疏伐后优良母树能占绝大多数的林分可作为优良林分。该要领在生产实践中虽容易操作,但过于笼统、粗放,且多适用于人工林。为进一步细化和量化不同立地条件下油松天然优良林分判定标准,从 1983 年起,张懿藻等主持承担了国家“六五”、“七五”攻关课题——“油松天然优良林分选择、改良和促进结实技术研究”,通过对陕、晋、冀、甘等 4 省 31 县 63 个林场、316 个林分、581 块标准地的调查分析,并根据调查地点自然地理条件等的相似性,参考有关林业区划,将调查地区油松天然林划分为冀北山地、燕山山地东部、黄土高原、晋南关中区、秦岭南坡区、白龙江流域、祁连山东部山地和哈思山 8 个自然地理区(即采种区),并运用数量化理论 I,对其中 6 个自然区分别建立了油松天然林分平均单株材积预测方程,根据林分平均单株材积实测值与预测值来计算林分优势比,然后以林分优势比大小及林分质量指标来判断是否为优良林分,其详细方法见文献[16]。1987年,张懿藻^[17]系统总结了我国优良林分和母树林研究工作的历史、现状与存在问题,并对其进行了展望。1994~1997年,原西北林学院硕士研究生刘毅^[18]开展了油松天然优良林分疏伐改建为母树林的研究,通过对陕西铜川焦坪林场优良林分不同密度疏伐后连续 6 年的统计分析,认为每公顷保留 375 株、525 株的疏伐强度,其种子产量分别大于对照 2 倍和 1.7 倍,且种子播种品质和遗传品质大大提高。1997年,郭军战等^[19]开展了油松天然优良林分遗传参数的估算和再选择研究,通过对油松天然优良林分 8 年生子代测定材料遗传参数的估算,结合子代树高、地径、冠幅、当年高和轮枝数等 5 个性状的综合选择指数,对油松天然优良林分再次作出

评价和选择,最终以 50% 的入选率选出 20 个遗传品质较好的优良林分,为今后母树林的经营管理和提高母树林的遗传增益提供了可靠依据。

1.3 优树选择与种子园建立技术研究

优树是指相同立地条件下同一林分中,生长量、材性、干形、适应性、抗逆性等方面远远超过同种、同龄树木的单株。种子园是指由优树无性系或家系营建的、以生产优质种子为目的的特种林。种子园有无性系种子园和实生种子园之分。

1.3.1 无性系种子园 陕西省优树选择及油松无性系种子园营建研究,最早可追溯到 1973 年张良龙、侯有刚等开展的“林木种子园的研究”课题,该课题历时 6 年,1978 年结束。在此期间,主要开展了油松优良单株选择研究、油松嫁接试验及油松无性系种子园建立技术研究^[14]。1979 年,张良龙^[20]系统总结了多年的油松嫁接研究结果,提出了一套行之有效的油松嫁接技术。同年,林木种子园研究及良种选育研究内容被列入陕西省科委科技攻关课题,随后在 1983 年,该研究内容又被纳入国家“六五”、“七五”攻关课题计划,配合同年启动的“省部联合营建油松种子园”项目,截止 1990 年,原陕西省林科所薛崇伯、王亚峰等先后完成了“油松自然变异观察与形态类型划分”^[21]、“油松种子园无性系生长习性的研究”^[22]、“油松无性系开花习性的研究”^[23]、“油松种子园无性系结实习性的研究”^[24]、“油松无性系种子园花量调查研究报告”^[25]、“油松无性系种子园花粉密度与飞散规律的研究”^[26]、“油松无性系种子园人工辅助授粉试验报告”^[27]、“油松半同胞子代测定试验报告”^[28]、“油松无性系种子园效益初步研究”^[29]及“油松无性系种子园地膜覆盖与中耕试验”^[30]等研究论文,提交了《油松无性系种子园营建技术细则》及油松无性系种子园建立与经营管理技术研究报告^[2],并在陇县八渡、洛南古城、桥山双龙林场等地用新技术建立无性系种子园 78.8 hm²。

1991~1995 年,原陕西省林科所王亚峰等^[3]在前期研究的基础上,开展了“油松第二代无性系种子园建立技术研究”,先后完成了“油松生长早期选择研究”^[31]、“油松优良家系及优良单株选择研究”^[32]、“油松双列杂交试验配合力分析”^[33]、“油松半同胞子代及亲本木材管胞形态特征的比较”^[34]、“油松半同胞子代及亲本木材构造与物理力学性质的研究”^[35]等研究论文,撰写了“油松第二代无性系种子园建立技术研究报告”,并根据子代林测定结果,筛选出 36 个优良家系及 263 个优良无性系,在陇县建

立了 20 13 hm² 全国最早的油松第二代无性系种子园。

1993~1998 年,原陕西省林科所郭俊荣等^[41]开展了“油松育种资源选择及促进结实技术研究”,先后完成了“油松种子园去劣疏伐及效果分析”^[36]、“油松种子园无性系球果与种子性状变异的初步研究”^[37]、“油松种子园球果产量近期预测方法的研究”^[38]、“油松优树选择方法的研究”^[39]等研究论文,撰写了“油松育种资源分析及促进结实技术研究报告”,并在陇县八渡林场育种资源库收集优良家系及优良个体 299 个;建立了优树计算机管理系统,收集管理油松优树 737 个,提出了去劣疏伐、截顶修剪、土壤施肥、辅助授粉及病虫害防治等促进结实的技术措施。

1.3.2 实生种子园建立研究 1991 年,王思恭等利用在陕西秦岭林区进行的全国油松种源试验结果,从优良种源区优良林分中的优良单株上采集种子,在陕西宁东林业局旬阳林场及蓝田县终南林场营建了 13 多 hm² 陕西最早的油松实生种子园,随后又陆续于 1993 和 1996 年,分别在宁西林业局蔡子坪林场及周至县厚畛子林场营建了 6 67 hm² 和 13 33 hm² 实生种子园^[1],同时开展了实生种子园建立及经营管理技术研究。

1.4 相关基础研究

1980 年,邱明光等^[40]提出了用油松根尖做材料观察染色体的最佳取样时间为上午 10:30 和下午 4:30;最佳预处理方法为冷冻 3 d 或用 1% 秋水仙碱处理 1 h。同年,邱明光等^[41]报道,油松染色体数目 2n=24 并不是绝对恒定的,也有多于或少于 24 条的现象;油松染色体属不对称染色体组型,即染色体形

态差异不大,而大小差异较悬殊,最长染色体与最短染色体的比值超过 1。1988 年,张懿藻等^[42]对油松、马尾松、华山松、白皮松、樟子松等 5 种松树染色体组型进行了分析,结果表明,5 种松树染色体数均为 2n=24;5 种松树染色体相对长度差值的大小随树种的不同而不同,油松相对长度差值最大,白皮松最小。

2 良种基地建设

油松遗传改良研究的最终目的是建立良种基地,大量生产遗传品质得到一定程度提高和改良的优质种子,以服务于生产建设。陕西良种基地建设工作是随着陕西油松遗传改良研究的开展而逐步开展起来的,起步于 20 世纪 70 年代,而其快速发展则得益于 1984~1995 年陕西省林业厅与林业部联合营建陇县八渡林场、洛南县古城林场、桥山双龙林场 3 个油松良种基地建设项目的顺利实施。在林业部专项资金大力支持下,经过一期工程(1984~1990)和二期工程(1991~1995)的重点建设,以上 3 个油松良种基地的建设规模得到了空前提高。同期,在部省联合营建项目的带动下,眉县营头林场、宁东林业局等单位也相继建园,截止 1996 年,陕西省已在陇县八渡林场、洛南县古城林场、桥山双龙林场、眉县营头林场和宁东林业局等地共建立无性系种子园 138 61 hm²(其中一代种子园 118 41 hm²,二代种子园 20 2 hm²),实生种子园 21 4 hm²,子代测定林 58 03 hm²,优树收集区 15 3 hm²,母树林 302 06 hm²,生产示范林 206 67 hm²。其良种基地建设时间早、规模大、良种遗传改良程度高,总体研究水平全国先进。各良种基地建设面积详见表 1。

表 1 陕西省油松良种基地建设面积分布

地点 Sites	种子园 Seed orchard	母树林 Parent- stand	子代林 Progeny test	优树收集区 Plus tree	示范林 Extension
陇县八渡林场油松良种基地 Badu forestry fam, Long county	53 63	74 63	25 00	5 3	66 67
洛南县古城林场油松良种基地 Gucheng forestry fam, Luonan county	33 33	103 33	16 67	4 7	70
桥山林业局双龙林场油松良种基地 Shuanglong forestry fam, Qiaoshan forestry bureau	35 25	84 13	16 36	5 3	70
眉县营头林场三合庄油松种子园 Yingtou forestry fam, Mei county	3 3				
宁东林业局旬阳坝林场 Xunyangba forestry fam, Ningdong forestry bureau	8 06(实生)	13 3			
蓝田县终南林场 Zhongnan forestry fam, Lantian county	6 67(实生)				

续表 1 Continued Table 1

地点 Sites	种子园 Seed orchard	母树林 Parent- stand	子代林 Progeny test	优树收集区 Plus tree	示范林 Extension
宁西林业局蔡子坪林场 Caiziping forestry fam., Ningxi forestry bureau	6 67(实生)	26 67			
周至县厚珍子林场 Houzhenzi forestry fam., Zhouzhi county	13 1				
合计 Total	160 01	302 06	58 03	15 3	206 67

3 问题与对策

在回顾陕西油松遗传改良及良种基地建设研究成就的同时不难看出, 与不断深入发展的针叶树遗传改良理论及生产单位对油松良种的迫切需求相比, 陕西油松遗传改良及良种基地建设仍存在不少问题, 主要表现为: 缺乏中长期育种计划和高世代遗传改良理论指导; 育种研究多停留在初级种子园建设上, 对多世代轮回选择育种及高世代遗传改良工作重视不够, 遗传改良程度有限; 现有优树及建园材料子代测定工作薄弱, 种子园的升级换代慢; 对母树林及实生种子园建园重视不足, 良种基地规模及生产能力有限, 良种缺口较大; 现有种子园经营管理粗放, 林木生长差, 结实少, 单位产量低等。针对上述问题, 参照杉木、马尾松等其他针叶树遗传改良及良种基地建设成功经验, 特提出以下对策。

(1) 以多世代轮回选择理论为指导, 制订陕西油松中长期多世代遗传改良育种计划, 并用之指导和管理陕西油松科研与生产活动, 长期坚持, 使陕西油松遗传改良工作能沿着这个计划路线前进, 获得最大的遗传增益。

(2) 加强油松遗传改良基础理论研究, 深入了解油松遗传学与生物学特性, 逐步掌握油松生长、开花、结实等重要性状的遗传规律, 借此推动油松遗传改良工作向更高层次发展; 同时, 总结过去几十年油

松科研与生产实践的经验, 归纳形成一些有规律性的结论, 并用于指导和修正遗传改良研究计划和良种基地建设工作方案。

(3) 在过去工作的基础上, 加强对现有种子园、林分、母树林中各种育种材料及优树的子代测定工作, 补建或新建各类子代测定林, 为后继高世代种子园的建立创造条件; 同时抓紧对原有子代林的调查, 选择优良家系中的优良单株, 新建二代种子园, 不断提高种子园的种子遗传品质。

(4) 根据实生种子园所具有的投资少、遗传基因丰富、抗逆性强、遗传稳定性好的优点, 及陕西实生种子园建园时间晚、规模小的现状, 建议重视和加强实生种子园研究和建立工作, 以便生产出更多遗传稳定性较好的种子, 提高造林林分的抗逆性及稳定性。

(5) 为了解决种子园从选优到提供生产用种至少需要 20 年以上时间, 周期太长, 难以满足目前林业生产对良种大量需求的现状, 建议重视和加强优良林分选择及母树林研究, 改建或营建更多的母树林, 缩短生产周期, 加快生产遗传品质有一定程度改良的较优种子, 以缓解生产中对良种的迫切需求。

(6) 巩固和完善过去几十年油松良种基地建设成果, 加强对现有种子园的经营管理及促进结实技术研究, 提高种子园林木的整体生长水平与结实能力, 充分发挥种子园良种生产潜力及生产能力。

[参考文献]

- [1] 王思恭, 陈东升, 李呈祥, 等. 油松种源、林分、家系遗传变异和配合选择研究报告[R]. 陕西杨凌: 陕西省林业科学研究所, 1994
- [2] 薛崇伯, 王亚峰, 刘存林, 等. 油松无性系种子园建立和经营管理技术研究报告[R]. 陕西杨凌: 陕西省林业科学研究所, 1990
- [3] 王亚峰, 郭俊荣, 杨培华, 等. 油松第二代无性系种子园建立技术研究报告[R]. 陕西杨凌: 陕西省林业科学研究所, 1995
- [4] 郭俊荣, 杨培华, 谢 斌, 等. 油松育种资源选择及促进结实技术研究报告[R]. 陕西杨凌: 陕西省林业科学研究所, 1998
- [5] 何发理, 袁国成, 郭俊荣. 陕西省油松良种基地生产能力分析[J]. 陕西林业科技, 1992(3): 1-4
- [6] 徐化成. 油松地理变异和种源选择[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 21-36
- [7] 沈熙环. 林木育种学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1988: 171-183
- [8] 廉志刚. 油松主要分布区地理变异研究[D]. 陕西杨凌: 西北林学院, 1986
- [9] 刘和平. 油松萜烯组分地理变异的初步研究[D]. 陕西杨凌: 西北林学院, 1986
- [10] 郭军战. 油松天然林群体同工酶遗传变异的研究[D]. 陕西杨凌: 西北林学院, 1992
- [11] 王思恭, 王亚峰, 郝宏钧, 等. 油松产地苗期变异研究初报[J]. 陕西林业科技, 1982(2): 14-25

- [12] 白凡. 油松种源、优良林分遗传变异稳定性和适应性的研究[D]. 陕西杨凌: 西北林学院, 1995.
- [13] 郭军战, 李周岐, 毕春侠. 油松表型性状三水平遗传变异分析[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(1): 13-16.
- [14] 侯有刚, 张良龙, 郝宏钧, 等. 油松优良林分、优良母树的选择、结实规律及母树经营技术[G]//陕西省林业科学研究所成果论文汇编 陕西杨凌: 天则出版社, 1988: 181.
- [15] 郝宏钧. 油松母树林经营技术试验简报[J]. 陕西林业科技, 1983(1): 61-63.
- [16] 张懿藻, 富裕华, 刘康烈, 等. 选择油松天然优良林分的标准和方法[C]//全国林木遗传育种第五次学术报告会论文汇编 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990: 78-81.
- [17] 张懿藻. 我国母树林研究工作的进展[C]//全国林木遗传育种第五次学术报告会论文汇编 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990: 75-77.
- [18] 刘毅. 油松天然优良林分疏伐改建为母树林的研究[D]. 陕西杨凌: 西北林学院, 1997.
- [19] 郭军战, 张懿藻, 毕春侠. 油松天然优良林分遗传参数的估算和再选择[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(3): 58-62.
- [20] 张良龙. 油松嫁接技术[J]. 林业科技通讯, 1979(10): 10-11.
- [21] 薛崇伯, 王亚峰, 毋宇佳, 等. 油松自然变异观察与形态类型划分[J]. 陕西林业科技, 1985(3): 1-4.
- [22] 薛崇伯, 王亚峰, 郭俊荣, 等. 油松种子园无性系生长习性的研究[J]. 陕西林业科技, 1991(2): 40-44.
- [23] 王亚峰, 薛崇伯, 郭俊荣, 等. 油松无性系开花习性的研究[J]. 陕西林业科技, 1991(3): 1-5.
- [24] 王亚峰, 薛崇伯, 谢斌, 等. 油松种子园无性系结实习性的研究[J]. 陕西林业科技, 1991(4): 1-6.
- [25] 薛崇伯, 王亚峰, 杨培华, 等. 油松无性系种子园花量调查研究报告[J]. 陕西林业科技, 1989(2): 1-6.
- [26] 王亚峰, 薛崇伯, 杨培华, 等. 油松无性系种子园花粉密度与飞散规律的研究[J]. 陕西林业科技, 1989(3): 1-6.
- [27] 薛崇伯, 王亚峰, 杨培华, 等. 油松无性系种子园人工辅助授粉试验报告[J]. 陕西林业科技, 1989(4): 1-4.
- [28] 王亚峰, 薛崇伯, 杨培华, 等. 油松半同胞子代测定试验报告[J]. 陕西林业科技, 1990(1): 1-8.
- [29] 杨培华, 王亚峰, 郭俊荣, 等. 油松无性系种子园效益初步研究[J]. 陕西林业科技, 1990(4): 7-11.
- [30] 王德敏, 郭俊荣, 王亚峰, 等. 油松无性系种子园地膜覆盖与中耕试验[J]. 中国农业气象, 1993, 14(3): 27-30.
- [31] 杨培华, 王亚峰, 郭俊荣, 等. 油松生长早期选择研究[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(1): 17-22.
- [32] 杨培华, 王亚峰, 郭俊荣, 等. 油松优良家系及优良单株选择研究[J]. 西北林学院学报, 1996, 11(1): 70-74.
- [33] 郭俊荣, 杨培华, 谢斌, 等. 油松双列杂交试验配合力分析[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(4): 13-18.
- [34] 赵荣军, 郭俊荣, 杨培华, 等. 油松半同胞子代及亲本木材管胞形态特征的比较[J]. 西北林学院学报, 1999, 14(1): 6-9.
- [35] 赵荣军, 杨培华, 郭俊荣, 等. 油松半同胞子代及亲本木材构造与物理力学性质的研究[J]. 西北林学院学报, 2000, 15(2): 24-28.
- [36] 郭俊荣, 杨培华, 谢斌, 等. 油松种子园去劣疏伐及效果分析[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2003, 31(6): 33-35.
- [37] 谢斌, 郭俊荣, 杨培华, 等. 油松种子园无性系球果与种子性状变异的初步研究[J]. 陕西林业科技, 1997(1): 6-9.
- [38] 谢斌, 郭俊荣, 杨培华, 等. 油松种子园球果产量近期预测方法的研究[J]. 西北植物学报, 1999, 19(2): 344-348.
- [39] 杨培华, 郭俊荣, 谢斌, 等. 油松优树选择方法的研究[J]. 西北植物学报, 2000, 20(5): 720-726.
- [40] 邱明光, 朱庆麟, 张懿藻, 等. 油松染色体压片技术[J]. 陕西林业科技, 1980(6): 6-9.
- [41] 邱明光, 张懿藻, 翁俊华, 等. 油松核型分析初报[J]. 陕西林业科技, 1980(6): 1-5.
- [42] 张懿藻, 吴妙峰. 油松等五种松树染色体组型分析[J]. 山西林业科技, 1988(1): 2-5.

Research progress of genetics and improvement on *Pinus tabulaeformis* carriers of Shaanxi province

FAN Jun-feng¹, YANG Pei-hua¹, GUO Shu-ji², LIU Yong-hong¹

(1 College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Seeds and Seedlings Station, Shaanxi Forestry Bureau, Xi'an, Shaanxi 710082, China)

Abstract: The historical research achievements of geographic variation and seed provenance trial, selection of elite seed stand and establishment of parent-stand, selection of plus tree and establishment of seed orchard etc on *Pinus tabulaeformis* carriers of Shaanxi province since 1970s were reviewed the major problems in genetics and improvement research work on *Pinus tabulaeformis* carriers were pointed out, and the key work for future research was specified.

Key words: Shaanxi province; *Pinus tabulaeformis* Carriers; genetics and improvement; superior seed production base