

文章编号: 1000-5692(2005)05-0513-05

油松单亲子代苗期生长性状遗传分析

刘永红, 樊军锋, 杨培华, 韩创举

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 对陕西省3个油松 *Pinus tabulaeformis* 种子园和1个优良种源区的优树单亲子代苗期生长性状进行了研究分析。结果表明: 油松林分、家系间具有丰富的遗传变异, 家系方差分量大于林分; 不同种子园和同一种子园的不同家系苗期生长差异均达极显著水平, 生长最好的家系比生长最差的家系苗高生长大1倍以上; 油松家系种子千粒质量之间变异较大, 变异幅度为20.04~65.10 g, 种子千粒质量与地径相关紧密而与苗高相关一般; 油松苗高和地径的遗传力较高, 运用生长量指数, 评选46个优良家系, 可获得苗高和地径16.32%~27.86%和6.39%~23.08%的遗传增益, 增产效果十分显著。表7参12

关键词: 林木育种学; 油松; 苗期; 遗传变异; 家系选择; 子代测定

中图分类号: S791.254 **文献标识码:** A

油松 *Pinus tabulaeformis*, 是我国北方广大地区最主要的造林树种之一。陕西自“六五”以来, 就开展油松育苗和遗传改良研究^[1~3]。为了更进一步探索种子园自由授粉家系和林分家系生长性状的遗传变异规律, 对陕西3个油松初级种子园内自由授粉家系以及在陕西油松优良种源区补充选出的优树进行后代测定。通过对油松家系之间苗期生长性状的比较分析, 初步评选优良种子园和优良家系, 了解方差分量和遗传力等遗传参数, 为制定正确的油松育种方案提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料来源

供试单亲子代种子, 2003年分别采自陕西省陇县八渡林场油松种子园36个家系, 洛南古城林场油松种子园85个家系, 桥山双龙林场油松种子园34个家系和洛南优良种源区的5个天然优良林分中选择的51个优良单株。种子园亲本材料均来自当地选择的优树, 参试种子生产地的自然条件见表1。

1.2 试验地点

育苗试验点设在陕西省扶风县永平村苗圃地, 属暖温带气候, 年平均气温为12.4℃, 1月平均气温-2.1℃, 7月平均气温26.3℃, 极端最高气温42.7℃, 极端最低温-19.5℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 温积4030℃, 年日照2091h。年均降水592mm, 70%集中在夏秋。海拔为730m, 土壤以黄土为主。

1.3 试验方法

2004年3月中旬进行营养袋容器育苗, 采用完全随机排列, 苗床两头设有保护区行, 播种前种子用1.0g·kg⁻¹高锰酸钾消毒20min, 用清水清洁后催芽, 70%露白后播种, 每袋2粒。苗木出土后及时遮荫。苗期注意灌水, 除草, 并适时喷药, 防止病害发生。年底进行生长量调查, 在每个家系中

收稿日期: 2005-02-25; 修回日期: 2005-07-08

基金项目: 国家林业局重点资助项目(2003-023-123)

作者简介: 刘永红, 助理研究员, 从事林木遗传育种研究。E-mail: lyhxy2002@yahoo.com.cn

选取中间一行,连续调查30株,调查时测定苗高和地径。

1.4 分析方法

对观测数据进行方差分析和

多重比较测验以及生长量指数分析等,以估算各生长性状的遗传系数,采用IO·E布雷金综合评价方

法^[4],评选优良家系。生长量指数^[5]: $G_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}$, $N = \bar{x} \pm \frac{2}{3}s$ 。其中: i 为种子园或家系, $i = 1 \sim m$; j 为计算中采用的性状, $j = 1 \sim 2$, a_{ij} 为第 j 个性状中,第 i 个种子园或家系性状值与该性状最大值之比, N 为综合评价界限值, \bar{x} 为平均值, s 为标准差。

遗传参数^[6]:家系遗传力 $h_f^2 = \hat{\sigma}_f^2 / (\hat{\sigma}_f^2 + \hat{\sigma}_c^2/n)$;单株遗传力 $h_i^2 = 4\hat{\sigma}_f^2 / (\hat{\sigma}_f^2 + \hat{\sigma}_c^2)$;遗传增益: $\Delta G = s \cdot h^2/x = i \cdot \hat{\sigma}_p \times h_f^2/x \times 100\%$ 。其中: h_f^2 为家系遗传力, h_i^2 为单株遗传力, $\hat{\sigma}_f^2$ 和 $\hat{\sigma}_c^2$ 为家系方差和机误, n 为家系数, ΔG 为遗传增益, s 为选择差, h^2 为广义遗传力, i 为选择强度, $\hat{\sigma}_p$ 为表型标准差。

2 结果分析

2.1 优良林分、家系间的遗传变异

试验表明(表2),洛南优良种源区5个优良林分间苗高差异达到极显著水平,苗高最大的是林分I,最小的为林分III,两者相差25.6%;林分间地径差异并不显著。林分内家系间,苗高和地径均达到极显著水平。苗高和地径的最大与最小值分别相差149.3%和73.1%。同一林分不同家系间,苗高差异也都达到显著和极显著水平,地径除林分II差异不显著外,其余均达到显著或极显著水平。深入地细致地研究种内不同层次的变异,估算相应的方差分量比例,这关系到林木选择育种方案的决策和拟定^[7]。从林分家系方差分量比例结果(表2)来看,无论是苗高还是地径均为家系方差分量大于林分方差分量,其他研究者也有相似的结论^[8]。所以进行家系选择比林分选择将更有意义。家系内的方差分量中地径占了群体总变异的70.6%,苗高占11.2%。因此家系内个体的差异也是油松选择育种中重要的变异来源,可将家系选择和家系内个体选择结合起来,这样可获得更大的遗传增益。

2.2 种子园自由授粉家系间的遗传变异

对不同种子园自由授粉家系测定(表3)的研究表明,种子园之间无论是苗高还是地径都存在极显著差异,种子园内家系之间差异也极显著。从方差分量来看,家系苗高和地径分量都大于种子园间分量,说明在营造油松种子园时,种子园的地理位置、立地条件固然重要,最重要的还是要选择好建园的材料,因此选择优良家系的亲本无性系,是建立高生产力种子园的重要保证。

表1 油松种子生产地的自然概况

Table 1 Nature survey of seed origin places of *Pinus tabulaeformis*

项目	纬度	经度	海拔/m	年均温/℃	年降水/mm	生长期/d
陇县八渡	34°45'N	106°51'E	1080	10.9	605.0	184
桥山双龙	35°40'N	109°38'E	1050	9.4	563.0	172
洛南古城	34°01'N	110°21'E	950	11.0	795.0	190
优良林分	34°05'N	110°24'E	1120	11.0	795.0	190

表2 油松林分 and 家系层次方差分析

Table 2 Variance analysis of stands and families of *Pinus tabulaeformis*

变异来源	苗高			地径		
	均方	方差分量/%	F值	均方	方差分量/%	F值
林分间	262.76	33.64	7.07**	1.022	2.22	1.547
家系间	37.17	55.10	25.12**	0.660	27.18	2.925**
家系内	1.48	11.26		0.226	70.60	
林I家系间	31.88		21.54**	0.891		3.949**
林II家系间	4.77		3.22*	0.479		2.122
林III家系间	41.43		27.99**	0.524		2.321**
林IV家系间	39.67		26.80**	0.921		4.080**
林V家系间	43.43		29.34**	0.464		2.056*

说明: *表示差异显著(0.05), **表示差异极显著(0.01), 以下类同。

表 3 种子园和家系方差分析

Table 3 Variance analysis of seed orchards and families

变异来源	苗高			地径		
	均方	方差分量/%	F 值	均方	方差分量/%	F 值
种子园间	477.48	10.95	8.43 **	19.315 0	21.40	21.62 **
家系间	56.66	69.70	11.81 **	0.893 6	39.09	3.97 **
机误	4.80	19.35		0.225 2	39.51	

为了进一步了解种子园间的差异,在种子园间进行多重比较,用 D_{15} 进行检验^[9]。表 4 显示,陇县八渡和洛南古城油松种子园的苗高差异显著,其余种子园之间苗高都达到

表 4 不同种子园生长性状均值及多重比较结果

Table 4 The results of multiple comparison and the means of growth traits of different seed orchards

种子园	苗高均值/cm	地径均值/mm	洛南古城	陇县八渡	黄陵双龙
洛南古城	15.32	2.32		0.094	0.343 **
陇县八渡	14.88	2.41	0.440 *		0.436 **
黄陵双龙	13.34	1.98	1.979 **	1.539 **	

说明: 右边左下角为苗高比较结果, 右上三角为地径比较结果。

极显著水平, 苗高最大的是洛南古城种子园 15.32 cm, 最小的是黄陵双龙种子园 13.34 cm, 两者相差 14.83%。洛南古城和陇县八渡种子园间地径差异不显著, 黄陵双龙种子园与其他 2 个种子园地径差异均达到极显著水平。其中最大的是陇县八渡种子园 2.32 mm, 最小的是黄陵双龙种子园 1.98 mm, 相差 22.08%。从参加试验的种子园 155 个家系苗期测定的单点方差分析结果发现(表 5), 种子园内家系苗高和地径方差变异达到极显著水平。洛南古城种子园家系苗高和地径的变异幅度分别为 7.80~20.07 cm 和 0.16~0.31 cm, 陇县八渡种子园家系分别为 9.36~21.60 cm 和 0.17~0.29 cm, 黄陵双龙则为 7.69~19.01 cm 和 0.11~0.25 cm, 变异幅度相当大。

表 5 油松种子园自由授粉家系方差分析

Table 5 Variance analysis of families of *Pinus tabulaeformis*

变异来源		洛南古城		陇县八渡		黄陵双龙	
		均方	F	均方	F	均方	F
苗高	家系	132.01	8.30 **	267.86	16.21 **	160.76	23.48 **
	家系内	15.90		16.52		6.84	
地径	家系	0.817 2	3.56 **	0.859 8	3.79 **	1.123 7	5.29 **
	家系内	0.229 7 **		0.226 9		0.212 2	

2.3 千粒质量分析

2.3.1 千粒质量差异性分析 参加试验的 3 个种子园和 5 个优良林分共 155 个家系种子千粒质量分析表明, 千粒质量平均值为 38.997 g, 变异幅度为 30.532~47.032 g。千粒质量的大小依次为黄陵双龙 > 陇县八渡 > 洛南古城种子园 > 洛南优良林分。千粒质量最大的黄陵双龙种子园种子是千粒质量最小的洛南优良林分种子的 1.54 倍。种子园内家系之间千粒质量的差异也比较显著, 变异幅度为 20.04~65.10 g, 而且随着纬度由北向南的变化, 千粒质量有由大到小的变异趋势。

2.3.2 千粒质量与生长性状的相关分析 用家系种子千粒质量与油松苗期生长性状作相关分析, 表 6 结果表明, 参试优良林分各家系苗高与千粒质量相关显著, 种子园家系苗高与千粒质量均无显著相关。黄陵双龙种子园家系种子千粒质量与地径相关不显著, 其余均达到极显著相关水平。可见油松千粒

表 6 种子千粒质量与生长性状间的相关系数

Table 6 Correlation coefficients to growth traits and 1 000-seed weight

性状	洛南古城	陇县八渡	黄陵双龙	优良林分
苗高	0.201	0.189	-0.056	0.290 *
地径	0.279 **	0.518 **	0.097	0.362 **

质量与地径相关比较紧密, 而与苗高关联较弱。对其他树种的研究结果也表明有类似结论^[10]。因此,

种子千粒质量的大小,并不完全代表生长量大小,不同家系生长性状的大小可能主要决定于它们的遗传特性,简单用千粒质量来判断家系生长量的方法并不完全可靠,千粒质量仅可作为评价优良家系的一个参考指标。

2.4 种子园、林分 and 家系的生长量指数分析

生长量指数是对树木生长一个综合性评价,指数越高生长越好。依据苗高和地径的测试值,按生长量指数模式计算各种子园、林分 and 家系的生长量指数。洛南、陇县和桥山种子园以及优良种源区分别为 1.387, 1.394, 1.190 和 1.363, 陇县八渡种子园种子生长量大,分别比其他种子园或种源生长量指数大 0.006, 0.031 和 0.201; 林分间和林分内家系间生长量指数极差分别为 0.187 和 0.613, 种子园内家系间极差是 0.550。家系之间极差大于种子园间和林分间的极差,说明苗期家系变异丰富,选择潜力更大。

依据苗高和地径 2 个生长性状的平均值,采用 IO^oE 布雷金的形质指标综合评价方法,计算出评价优劣的划分标准。按标准,在苗期生长较优的种子园为洛南、陇县 2 个种子园,206 个家系中优等家系 46 个,其中洛南 12 个,陇县 11 个,桥山 4 个;评选优等林分为 2 个,其中苗期表现较优家系 19 个。无论是种子园还是优良林分,优等家系都可作为进一步遗传改良的良种材料。

2.5 遗传参数的估计

将洛南古城、陇县八渡、黄陵双龙种子园和洛南优良林分的家系优等家系作为入选率,通过方差估算,各性状遗传参数如表 7。

表 7 生长性状遗传参数估算

Table 7 The genetic parameters of growth traits

性状	洛南古城		陇县八渡		黄陵双龙		优良林分	
	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径	苗高	地径
家系遗传力	0.881	0.719	0.938	0.736	0.957	0.811	0.969	0.672
单株遗传力	0.984	0.893	0.992	0.901	0.994	0.933	0.996	0.869
表型变异系数/%	13.74	12.34	20.09	12.16	17.36	16.97	16.56	9.35
遗传变异系数/%	12.90	10.46	19.47	10.43	16.98	15.29	16.31	7.67
遗传增益/%	19.20	14.06	21.64	10.27	27.86	23.08	16.32	6.39

从表 7 的遗传参数分析结果表明,这批参试材料具有丰富的遗传变异,苗高和地径的遗传变异系数分别为 12.90~19.47 和 7.67~15.29,苗高变异最大的是陇县八渡种子园家系,变异最小的是洛南古城种子园家系;地径方面,黄陵双龙种子园变异系数大,而优良林分地径变异系数小。

从遗传力估算结果可知:油松苗高和地径的家系与单株遗传力都很高(> 0.67),呈强度遗传。苗高遗传力大于地径遗传力,有些遗传力接近于 1,也可能是由于试验材料不完全符合 Stonecypher 等(1964)的假设,自由授粉家系可能包括一些全同胞后代,因而引起遗传力估算值偏高。

衡量某一树种改良好坏的客观标准,是对树木性状改良的遗传增益作出有效的认证。遗传增益的大小不仅取决于性状的遗传力和群体表型方差,还和选择强度有关^[11]。从表 7 可知,黄陵双龙种子园苗高和地径的遗传增益最大,遗传增益最小的是优良林分内家系,苗高遗传增益为 16.32%,地径也有 6.39%的遗传增益。可以看出,通过选择优良家系所获得的遗传增益也是相当的可观。

3 结论与讨论

油松优良林分 and 家系间苗期高生长差异都很显著,家系间地径差异也很显著,生长量最大与最小家系苗高和地径分别相差 149.3%和 73.1%。家系方差分量始终大于林分方差分量,而且个体变异也很丰富,是油松主要的变异来源,所以在选择育种中,应重视家系与个体的结合选择。

油松不同种子园之间苗期生长性状差异显著,洛南古城种子园苗高生长量最大,陇县八渡种子园地径生长量最大,而黄陵双龙种子园苗高和地径生长量都小。因黄陵地处陕西北部,当地自然状况较差。降水量、年均温和生长期均小于其他两地。与其他地方选择的优树相比,从当地选择的优树,是经过长期的自然选择的,已与当地的气候条件相适应,虽然在条件较好的地方其生长量小于其他产地

家系生长量, 但其抗寒、耐旱性以及适应性等方面表现会更强一些, 如果在自然条件比较差的地方, 它们的优势也许会更好的表现出来, 所以应通过多年度、多立地和多区域的重复试验, 才能全面正确评定每一种子园亲本及家系好坏。

种子园在种子千粒质量方面也有较大的变异, 千粒质量与地径相关紧密, 而与苗高相关一般。用种子千粒质量评定种子质量优劣方法是有效的, 但并不是最根本的。

油松苗期生长性状具有丰富的遗传变异, 而且呈强度遗传, 不同种子园其子代生长性状差异很大, 通过选择后可获得苗高 16.32%~27.86%和地径 6.39%~23.08%的遗传增益。油松苗期试验时间毕竟尚短, 要全面评价优良家系和优良种子园还需要进行造林对比试验, 作进一步的观察和研究。

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]. 杨凌: 陕西省林业科学研究所, 1994.
- [2] 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.
- [3] 杨培华, 王亚峰, 郭俊荣, 等. 油松优良家系及单选择研究[J]. 西北林学院学报, 1996, 11(1): 70—74.
- [4] 周永学, 樊军锋, 杨培华, 等. 奥地利黑松与油松 1 年生苗生长和生物量对比分析[J]. 浙江林学院学报, 2003, 22(4): 438—441.
- [5] Булдин Ю. Е. Улучшенный математический комплексный экотипов древесных пород [J]. Лес Хоз, 1985, 11: 41—43.
- [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. 57.
- [7] 王明麻. 林木育种学概论[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989. 191—207.
- [8] 秦国峰, 王培蒂, 周志春. 马尾松苗期生长性状的遗传分析[J]. 林业科学, 1989, 25(6): 559—563.
- [9] 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.
- [10] 陈华豪, 丁思统, 蔡贤如, 等. 林业应用数理统计[M]. 大连: 大连海运学院出版社, 1988. 148—153.
- [11] 孙鸿有, 郑勇平, 翁春媚, 等. 杉木种子园种子品质性状变异及遗传参数[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(1): 61—65.
- [12] 李力, 陈孝丑, 曹汉洋, 等. 杉木分组群状多系杂交子代测定林的遗传分析[J]. 江西农业大学学报, 2000, 22(3): 388—393.

Genetic variation of seedling growth traits of open-pollination families of *Pinus tabulaeformis*

LIU Yong-hong, FAN Jun-feng, YANG Pei-hua, HAN Chuang-ju

(College of Forestry, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: The analysis of seedling growth traits from open-pollination families from 3 seed orchards and 1 superior provenance of *Pinus tabulaeformis* was made in Shaanxi Province. The results indicated that stands and families existed abundant genetic variation and the variance components of families were more than those of stands. Families in different seed orchards and different families in same seed orchard had highly significant difference in height and diameter. The height growth of the best family progeny was one time more than the worst one. There were significantly difference among the 1 000-seed weights and the range of variation were 20.04—65.10 g. 1 000-seeds weight were close correlations with diameter but light correlations with seedling height. Through meritability of diameter and height were very high. Through using growth index, there were 46 excellent families be selected primarily and the expected genetic gains of height and diameter were 16.32%—27.86% and 6.39%—23.08% respectively. The selection effect was very striking. [Ch, 7 tab, 12 ref.]

Key words: forest tree breeding; *Pinus tabulaeformis*; seedling period; genetic variation; family selection; progeny test