

油松半同胞家系苗期生长性状遗传分析

韩创举,杨培华,刘永红,樊军锋

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨凌 712100)

【摘要】 【目的】通过苗期测定,初步评选出油松优良家系。【方法】采集陕西陇县八渡林场、黄陵双龙林场和洛南古城林场3个油松种子园155个家系的自由授粉种子,采用完全随机区组设计进行容器育苗试验,测定各种子园油松种子的千粒重及1和2年生油松苗的苗高、地径,对测定指标进行相关分析,计算不同种子园油松家系的遗传参数,从中选出优良家系并估算其一般配合力。【结果】3个油松种子园的1和2年生苗高、地径中,除黄陵双龙种子园油松家系1年生苗地径未达显著差异外,其余均达显著差异;3个种子园油松苗的2龄苗高与1龄苗高均极显著相关,2龄地径与2龄苗高显著或极显著相关;各种子园油松家系的苗高遗传变异系数依次为陇县八渡(14.86%)、黄陵双龙(11.93%)和洛南古城(11.73%),地径遗传变异系数依次为陇县八渡(12.49%)、洛南古城(11.95%)和黄陵双龙(10.12%);苗高的家系遗传力和单株遗传力均为陇县八渡(0.481,0.855) > 黄陵双龙(0.270,0.753) > 洛南古城(0.118,0.562),地径的均为陇县八渡(0.185,0.652) > 洛南古城(0.135,0.563) > 黄陵双龙(0.031,0.207);苗高和地径的平均遗传增益分别为17.45%和14.16%,均以陇县八渡的最大;从3个种子园中共选出14个油松优良家系,其苗高和地径的一般配合力变幅分别为2.4~10和0.05~1.23。【结论】从陇县八渡、黄陵双龙和洛南古城3个油松种子园中分别初步选出3、3和8个油松优良家系。

【关键词】 油松;家系;苗期测定;遗传分析

【中图分类号】 S791.254.04

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2008)05-0124-05

Genetic analysis on seedling growth characteristics of half-sib family of *Pinus tabulaeformis*

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

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

Abstract: 【Objective】 The superior families of *Pinus tabulaeformis* were screened by the determination at seedling stage. 【Method】 The open pollinated seeds of 155 *P. tabulaeformis* families from three seed orchards in Shaanxi province; Badu Forestry Centre in Long county, Shuanglong Forestry Centre in Huangling county, and Guchen Forestry Centre in Luonan county. Seedling cultivation was done in container nursery with complete random block design. The data of seed kernel weight, heights of one and two-year-old seedlings, and diameters at butt end were determined respectively, and were analysed for genetic factors of different *P. tabulaeformis* families to screen for superior families. 【Result】 Except for the diameter at butt end of one-year-old seedlings in Shuanglong seed orchard, the heights of seedling and diameter at butt end were significantly different. The heights of one and two-year-old seedling were significantly correlated while the heights and diameters at butt end of two-year-old seedlings were significantly correlated. The genetic variation of seedling height among different *P. tabulaeformis* families were 14.86%, 11.93%

* [收稿日期] 2007-05-22

[基金项目] 国家林业局重点项目(2003-023-L23);西北农林科技大学育种专项(051YZ-035-1)

[作者简介] 韩创举(1968—),男,陕西户县人,工程师,主要从事林木遗传育种研究。

[通讯作者] 樊军锋(1962—),男,陕西扶风人,副研究员,硕士生导师,主要从事林木遗传育种研究。

and 11.73% respectively in Badu seed orchard, Shuanglong seed orchard and Guchen seed orchard respectively, while genetic variation of seedling diameter at butt end were 12.49%, 11.95%, 10.12% respectively in Badu seed orchard, Guchen seed orchard and Shuanglong seed orchard respectively. The family and Single tree heretability of seedling height and average of per plant were Badu seed orchard (0.481, 0.855) > Shuanglong seed orchard (0.270, 0.753) > Guchen seed orchard (0.118, 0.562), while family heretability of seedling diameter at butt end were Badu seed orchard (0.185, 0.652) > Guchen seed orchard (0.135, 0.563) > Shuanglong seed orchard (0.031, 0.207). The average genetic gains of seedling heights and height and diameter at butt end were 17.45% and 14.16% respectively. Totally, 14 superior families of *P. tabulaeformis* were selected from three seed orchards with a general combining ability of seedling heights and height and diameter at butt end at range of 2.4–10 and 0.05–1.23 respectively. 【Conclusion】 The superior *P. tabulaeformis* families were selected as three families in Badu seed orchard, three families in Shuanglong seed orchard and 8 families Guchen seed orchard.

Key words: *Pinus tabulaeformis*; family; determination at seedling stage; genetic analysis

油松(*Pinus tabulaeformis*)不仅是我国特有树种,也是我国北方广大地区最主要的造林树种之一^{〔1-2〕}。陕西油松面积较大,占全国油松总面积的45%^{〔3〕}。20世纪70年代,陕西便开展了油松遗传改良研究,80年代末建成了油松初级种子园^{〔2〕}。1978年,王思恭等^{〔4〕}首次在陕西开展了油松种源试验,通过连续2年苗期测定发现,8省19个油松种源苗高差异显著。2005年,刘永红等^{〔5〕}在油松单亲子代苗期生长性状遗传分析中指出,油松苗高和地径的遗传力较高,并运用生长量指数,评选出了46个优良家系。目前,通过油松苗期测定来评选油松家系的试验研究甚少。本试验对采自陕西3个油松

初级种子园内的自由授粉家系,进行了连续2年的油松苗期测定,通过对油松家系之间苗期生长性状遗传力等遗传参数的比较分析,初步评选出优良家系,以期制定正确的油松育种方案提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

供试油松半同胞家系子代种子,于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(84个家系)和黄陵双龙林场油松种子园(35个家系)。参试种子产地的自然条件见表1。

表 1 参试油松种子产地的自然概况

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

种子园 Seed orchard	纬度(N) Latitude	经度(E) Longitude	海拔/m Altitude	年均温/℃ Annual temperature	年降水量/mm Annual precipitation	生长期/d Growing period
陇县八渡 Badu Long county	34°45′	106°51′	1 080	10.9	605	184
黄陵双龙 Shuanglong Huangling county	35°40′	109°38′	1 050	9.4	563	172
洛南古城 Gucheng Luonan county	34°01′	110°21′	950	11.0	795	190

1.2 试验地点

育苗试验地设在陕西扶风县永平村。该地属温带气候,年平均气温 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℃,极端最低气温-19.5℃,≥10℃温积 4 030℃;年日照 2 091 h;年均降水量 592 mm,且 70%集中在夏、秋两季;海拔高度 730 m。土壤以红油土为主。

1.3 试验方法

2004-03 中旬,在塑料小弓棚内进行容器育苗。试验采用完全随机区组设计,每小区 45 株,重复 3 次,苗床两头设有保护行。播种前各家系子代种子用 10 g/L 高锰酸钾溶液消毒 30 min,用清水冲洗后

催芽,待 70% 种子露白时播种,每袋播 2~3 粒。苗期注意灌水、除草,并适时喷药,防止病害发生,5 月中下旬进行遮荫。2004 和 2005 年底连续 2 年进行生长量调查,在每个家系中选取 1 个小区,连续调查 30 株,测量苗高和地径。

1.4 数据分析方法

试验数据主要采用 DPS 软件进行数理统计分析与相关性分析。

遗传参数分别按下式计算^{〔6〕}: (1) 家系遗传力 $h_f^2 = \sigma_f^2 / (\sigma_f^2 + \sigma_e^2 / n)$; (2) 单株遗传力 $h_i^2 = 4\sigma_f^2 / (\sigma_f^2 + \sigma_e^2)$; (3) 遗传增益 $\Delta G = s \times h^2 / x = i \times \sigma_p^2 \times h_f^2 / x \times 100\%$ 。

式中: h_f^2 为家系遗传力, h_i^2 为单株遗传力, δ_f^2 和 δ_i^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, x 为性状均值, i 为选择强度, δ_p 为表型标准差。

2 结果与分析

2.1 不同种子园油松半同胞家系苗木生长性状的比较

从表 2 可以看出,1 年生苗龄时,来自同一种子园不同家系的油松苗高差异均达极显著水平,其中洛南古城的苗最高,平均为 15.32 cm,变幅在 12.1~17.7 cm,变异系数为 12.09%;陇县八渡的苗高次之,平均为 14.88 cm;黄陵双龙的苗高最低,平均为 13.34 cm。陇县八渡的油松苗地径最大,平均为 2.41 mm,变幅在 1.7~2.9 mm,变异系数为 10.43%;洛南古城次之,平均为 2.32 mm;黄陵双龙最小,平均为 1.98 mm。苗高变异系数由大到小

依次为陇县八渡(19.47%)>黄陵双龙(16.98%)>洛南古城(12.09%);地径变异系数由大到小依次为黄陵双龙(15.20%)>洛南古城(10.64%)>陇县八渡(10.43%)。

由表 2 还可以看出,2 年生时,来自同一种子园的不同油松家系的苗高、地径差异亦均达极显著水平。其中洛南古城的油松苗最高,平均为 27.02 cm,变幅在 21.7~33.3 cm,变异系数为 11.73%;陇县八渡苗高次之,平均为 25.85 cm;黄陵双龙最低,平均为 23.70 cm。洛南古城的油松苗地径最大,平均为 3.66 mm,变幅在 2.8~4.3 mm,变异系数为 11.95%;陇县八渡次之,平均为 3.60 mm;黄陵双龙最小,平均为 2.85 mm。苗高变异系数由大到小依次为陇县八渡(14.86%)>黄陵双龙(11.93%)>洛南古城(11.73%);地径变异系数由大到小依次为陇县八渡(12.49%)>洛南古城(11.95%)>黄陵双龙(10.12%)。

表 2 不同种子园油松半同胞家系生长性状的分析

Table 2 Analysis of growth characteristics on half-sib family in <i>Pinus tabulaeformis</i> from different seed orchards							
项目 Item	种子园 Seed orchard	苗龄/年 Age of seedling	平均值 Average value	变幅 Variable amplitude	变异系数/% Variation coefficient	均方 Mean square	F 值 F value
苗高/cm Seedling height	陇县八渡	1	14.88	9.4~21.6	19.47	266.330 6	16.112 0 * *
	Badu Long county	2	25.85	18.1~35.8	14.86	463.972 8	22.555 0 * *
	洛南古城	1	15.32	12.1~17.7	12.09	132.996 7	8.427 0 * *
	Gucheng Luonan county	2	27.02	21.7~33.3	11.73	370.361 9	5.041 0 * *
	黄陵双龙 Shuanglong	1	13.34	7.7~19.0	16.98	183.397 9	11.459 0 * *
	Huangling county	2	23.70	19.4~30.8	11.93	261.508 5	12.138 0 * *
地径/mm Ground diameter	陇县八渡 Badu Long county	1	2.41	1.7~2.9	10.43	0.859 8	3.790 0 * *
		2	3.60	2.8~4.8	12.49	3.419 4	3.875 0 * *
	洛南古城	1	2.32	1.5~2.4	10.64	0.811 1	3.548 0 * *
	Gucheng Luonan county	2	3.66	2.8~4.3	11.95	7.319 5	5.698 0 * *
	黄陵双龙 Shuanglong	1	1.98	1.1~2.5	15.20	4.111 9	0.140 0
	Huangling county	2	2.85	2.0~4.0	10.12	5.122 9	1.955 0 * *

注:P 代表显著水平;* 表示 $P<0.05$, 差异显著;* * 表示 $P<0.01$, 差异极显著。
Note:P representative significant level;* express $P<0.05$ significant diffrence;* * express $P<0.01$ extremely significant diffrence.

2.2 不同种子园油松半同胞家系苗木性状的相关性分析

从表 3 可以看出,来自不同种子园的油松苗,其 2 龄苗高与 1 龄苗高均密切相关,且均达极显著水平;2 龄地径与 2 龄苗高也存在显著或极显著相关;黄陵双龙的油松苗除上述性状间外,其余性状间相关均不显著;陇县八渡的油松苗除 1 龄地径与 2 龄地径、千粒重与 2 龄地径间相关不显著外,其余性状间均呈显著或极显著相关;洛南古城的油松苗则除千粒重与 2 龄苗高和 2 龄地径间相关不显著外,其余性状间呈显著或极显著相关。

2.3 不同种子园油松半同胞家系遗传参数的估计

遗传测定是林木育种工作的重要环节,没有遗传测定,增益便不可能有较大幅度的提高^[7]。本试验不同种子园油松优良家系各生长性状的遗传参数见表 4。表 4 结果表明,各种子园不同家系具有丰富的遗传变异,苗高和地径的遗传变异系数分别为 11.73~14.86 和 10.12~12.49,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;地径变异最大的是陇县八渡种子园家系,而黄陵双龙种子园各家系的地径变异系数最小。从表型变异角度看,苗高变异从大到小依次为:陇县八渡>洛南古城>黄陵双龙;地径变异从大到小依次为:

黄陵双龙>陇县八渡>洛南古城。

表 3 不同种子园油松半同胞家系苗木性状的相关性分析

Table 3 Analysis of indexes correlation of seedling characters on half-sib family in <i>Pinus tabulaeformis</i> from different seed orchards					
种子园 Seed orchard	类别 Regimentation	2 龄苗高 Seedling height of 2-year	1 龄地径 Ground diameter of 1-year	2 龄地径 Ground diameter of 2-year	千粒重 1000- seed weight
陇县八渡 Badu Long county	1 龄苗高 Seeding height of 1-year	0.83 * *	0.52 * *	0.45 * *	0.44 * *
	2 龄苗高 Seeding height of 2-year		0.59 * *	0.48 * *	0.35 *
	1 龄地径 Ground diameter of 1-year			0.31	0.35 *
	2 龄地径 Ground diameter of 2-year				0.13
洛南古城 Gucheng Luonan county	1 龄苗高 Seeding height of 1-year	0.63 * *	0.26 *	0.28 *	0.32 * *
	2 龄苗高 Seeding height of 2-year		0.35 * *	0.41 * *	0.17
	1 龄地径 Ground diameter of 1-year			0.42 * *	0.24 *
	2 龄地径 Ground diameter of 2-year				0.13
黄陵双龙 Shuanglong Huangling county	1 龄苗高 Seeding height of 1-year	0.79 * *	0.13	0.27	—0.19
	2 龄苗高 Seeding height of 2-year		0.23	0.39 *	—0.16
	1 龄地径 Ground diameter of 1-year			0.09	—0.23
	2 龄地径 Ground diameter of 2-year				0.25

表 4 不同种子园油松半同胞家系的遗传参数

Table 4 Analysis of growth characteristics of on half-sib family in <i>Pinus tabulaeformis</i> from different seed orchards						
类别 Regimentation	陇县八渡 Badu Long county		洛南古城 Gucheng Luonan county		黄陵双龙 Shuanglong Huangling county	
	地径 Ground diameter	苗高 Seeding height	地径 Ground diameter	苗高 Seeding height	地径 Ground diameter	苗高 Seeding height
家系遗传力 Families Heritability	0.185	0.418	0.135	0.118	0.031	0.270
单株遗传力 Single tree heritability	0.652	0.855	0.563	0.526	0.207	0.753
遗传变异系数/% Genetic variation coefficients	12.49	14.86	11.95	11.73	10.12	11.93
表型变异系数/% Phenotypic variation coefficients	13.37	15.21	13.16	13.10	14.49	12.45
遗传增益/% Genetic gain	16.33	20.35	15.19	14.70	9.910	16.00

从遗传力角度来看,无论是苗高还是地径,单株遗传力均大于家系遗传力。苗高家系遗传力和单株遗传力最大的是陇县八渡种子园家系,最小的均是洛南古城种子园家系;地径家系遗传力及单株遗传力最大的均是陇县八渡种子园家系,最小的均是黄陵双龙种子园家系。

衡量某一树种改良的客观标准,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,还与选择强度有关^[8]。从表 4 可知,陇县八渡种子园油松苗高和地径的遗传增益均最大,苗高遗传增益最小的是洛南古城种子园家系,地径遗传增益最小的是

黄陵双龙种子园家系。苗高平均遗传增益为 17.45%,地径为 14.16%。可以看出,通过选择优良家系所获得的遗传增益是相当可观的。

2.4 油松优良家系选择

选择和繁殖优树不仅可获得满意的改良效果,同时也为发展林木育种学奠定了基础^[9]。本试验按照入选率为 20%的标准,对不同油松种子园家系进行了选择,结果(表 5)从陇县八渡油松种子园中选择出 7 个优良家系,从洛南古城油松种子园中选择出 18 个优良家系,从黄陵双龙油松种子园中选择出 7 个优良家系。

表 5 不同种子园油松优良家系的选择结果

Table 5 Result of selection of <i>Pinus tabulaeformis</i> families from different seed orchards		
种子园 Seed orchard	家系号 Families number	
	以苗高为标准 Taking standardized Seedling height	以地径为标准 Taking standardized Ground diameter
陇县八渡 Badu Long county	D13,D17,D25,D31,D38,Ln10, Yn1	D17,D29,D31,D36,H33,Ln10,Yn3
洛南古城 Gucheng Luonan county	034,035,036,047,048,054,059,187,204,220,236,266,273,285,296,303,304,317	001,002,003,026,034,035,047,051,054,055,058,059,216,220,273,293,302,317
黄陵双龙 Shuanglong Huangling county	28,39,41,43,63,91,115	43,53,63,66,91,98,109

从表 5 可以看出,分别以苗高和以地径为标准所选出的优良家系不完全相同。综合考虑苗高和地径 2 个生长性状,则所选出的油松优良家系共有 14 个,其中陇县八渡为 D17、D31 和 Ln10 共 3 个;洛南古城有 034、035、047、054、059、220、273 和 317 共 8 个;黄陵双龙有 43、63 和 91 共 3 个。

2.5 筛选出的油松优良家系的一般配合力分析

一般配合力由基因的加性效应引起,也就是说

表 6 筛选出的油松优良家系的一般配合力分析

Table 6 Analysis of GCA on superior family screening of *Pinus tabulaeformis*

家系号 Family number	苗高 Seeding height	地径 Ground diameter	家系 Family number	苗高 Seeding height	地径 Ground diameter
D17	5.5	0.26	059	6.2	1.23
D31	6.0	0.34	220	2.4	0.57
Ln10	10.0	0.29	273	4.2	0.43
034	5.6	0.70	317	2.4	0.08
035	6.9	0.91	43	4.9	0.41
047	2.5	0.79	63	3.7	0.63
054	5.4	0.05	91	7.1	0.62

3 结论与讨论

通过人工选择取得的改良效果,常用响应和遗传增益表示^[9]。本试验对陕西 3 个不同油松种子园的共 155 个优良家系进行连续 2 年的生长调查,并主要对苗期生长性状进行了遗传分析。其苗高平均遗传增益为 17.45%,地径为 14.16%。通过对家系遗传参数的估计,共选出了 14 个油松优良家系,其苗高和地径一般配合力变幅分别为 2.4~10 和 0.05~1.23。

在油松苗木生长性状分析中,2 年苗龄时不同种子园的油松苗高、地径差异均达极显著。苗高变异系数以陇县八渡的油松苗最大,黄陵双龙次之,洛南古城最小;地径变异系数以陇县八渡的油松苗最大,洛南古城次之,黄陵双龙最小。这说明油松苗期生长性状具有丰富的遗传变异,种子园内的油松家系存在着丰富的选择潜力。遗传变异不仅存在于不同种源间,也存在于同一林分的不同个体间。明确群体间和群体内部的变异模式和变异幅度,是制定育种方案的重要依据^[8]。

总之,要提高油松苗木质量,应从种子园的选优及育苗技术方面深入研究。对苗期生长性状进行遗传测定是油松选育的重要基础,各种选育方法是相互联系的,不能孤立对待。要全面评价油松优良家系和油松优良种子园,还需要对已造油松优良家系子代林作进一步观测。

没有显性和上位基因的作用,基因的作用可以累加起来,能够固定遗传^[9]。因此,对所选出的 14 个优良家系进行了一般配合力估计。由表 6 可以看出,14 个油松半同胞子代苗高一般配合力变幅在 2.4~10,地径一般配合力的变幅在 0.05~1.23。一般配合力高的亲本,产生的子代一般表现较好。在林木良种繁育中,通常选用一般配合力高的无性系建立由许多无性系组成的种子园^[8]。

[参考文献]

[1] 杨培华,王亚峰,郭俊荣,等. 油松优良家系及单株选择研究[J]. 西北林学院学报,1996,11(1):70-74.
Yang P H,Wang Y F,Guo J R,et al. The study on individual selection and fine families of *Pinus tabulaeformis*[J]. Journal of Northwest Forestry University,1996,11(1):70-74. (in Chinese)

[2] 杨培华,郭俊荣,谢 斌,等. 促进油松种子园结实技术研究[J]. 河北林果研究,2002,17(3):207-212.
Yang P H,Guo J R,Xie B,et al. A study on the promoting fructification techniques of seed orchard of *Pinus tabulaeformis*[J]. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 2002,17(3):207-212. (in Chinese)

[3] 樊军锋,杨培华,郭树杰,等. 陕西油松遗传改良研究进展[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(1):45-49.
Fan J F,Yang P H,Guo S J,et al. Research progress of genetics and improvement on *Pinus tabulaeformis* carriere of Shaanxi province [J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forertry:Natural Science Edition,2006, 34(1):45-49. (in Chinese)

[4] 王思恭,王亚峰,稀宏钧,等. 油松产地苗期初报[J]. 陕西林业科技,1982(2):14-25.
Wang S G,Wang Y F,Xi H J,et al. Report of seedlings on the provenance of *Pinus tabulaeformis*[J]. Shaanxi Forestry Science and Technology,1982(2):14-25. (in Chinese)

[5] 刘永红,樊军锋,杨培华,等. 油松单亲子代苗期生长性状遗传分析 [J]. 浙江林学院学报,2005,22(5):513-517.
Liu Y H,Fan J F,Yang P H,et al. Genetic variation of seedling growth traits of open-pollination families of *Pinus tabulaeformis* [J]. Journal of Zhejiang Forestry University,2005,22(5): 513-517. (in Chinese)