

# 油松无性系种子园雌雄球花量及球果量变异分析

赵鹏, 樊军锋\*, 刘咏红, 杨音华, 韩剑举, 谢俊峰, 庾西敏, 杨文学

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌712100; 2. 陕西省洛南县古城林场, 陕西洛南726107; 3. 河北省木兰国有林场管理局, 河北围场068450)

**摘要** 对洛南古城油松种子园37个无性系共222个单株的雌雄球花量及2年生球果量进行调查, 并对数据进行处理分析, 研究其遗传变异规律。结果表明, 无性系间雌球花量、雄球花量、2年生球果量、树高及冠幅均存在显著差异。雌雄球花及球果产量在各无性系内分株间存在一定的差异, 雌球花量和结实量越多, 其差异相对小得多。油松单株南北枝条间雌球花量及2年生球果量差异极显著, 雄球花量差异不显著; 有的无性系单株存在“偏雌偏雄现象”; 根据雌球花量、2年生球果量、树高、胸径、冠幅5个数量性状, 采用育种值综合评价法筛选出6个优良无性系: 285#、273#、291#、10#、266#、289#。

**关键词** 油松; 无性系; 雌雄球花量; 球果量; 种子园

中图分类号 S791.254 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)13-03847-03

**Analysis on the Variation of Female-male Flowers and Strobilus Production of Clonal Seed Orchard of *Pinus tabulaeformis* Carr.**

ZHAO Peng et al (College of forestry, Northwest A & F Science and Technology University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract** The strobilus production of female flowers, male flowers and 2-year-old cone of 222 plants from 37 clones of *Pinus tabulaeformis* Carr. in Luonan Gucheng seed orchard was investigated and the genetic variation law was analyzed based on above the data. The result indicated that the difference was remarkable within the clones on strobilus production of female and male flowers, 2-year-old cone, tree height and tree crown size. The same difference existed within the plants among the clones on strobilus production of female and male flowers and cone production. The more the strobilus production of female flowers was, the smaller their difference was. The difference in the north and south branch on one clone on strobilus production of female flowers and the 2-year-old cone was extremely significant, but that on strobilus production of male flowers was not remarkable. The “phenomenon of toward female or male toward” also occurred in the some plants of clones. According to 5 quantity characters of the strobilus production of female flowers, 2-year-old cone production, tree high, tree diameter at chest height, crown size, 6 good clones of No. 285, No. 273, No. 291, No. 10, No. 266, No. 289 were selected by integrated scoring method of breeding value based on ranking (ICR).

**Key words** *Pinus tabulaeformis* Carr.; Clone; Female and male flowers strobilus production; Cone strobilus production; Orchard

油松种子园是生产遗传和播种品质优良油松种子的繁殖基地, 是油松育种系统的重要组成部分<sup>[1]</sup>。掌握种子园无性系开花结实的遗传变异规律, 是种子园建立、经营管理和子代测定不可缺少的环节。油松种子园开花结实受遗传、生理及光照等多种因素影响, 使不同无性系间存在一定差异, 对种子园的产量和遗传组成有很大影响。国内外在种子园管理中十分重视开花习性和无性系间雌雄球花量的研究<sup>[1]</sup>。笔者对油松无性系种子园雌雄球花量及球果数量遗传变异规律进行研究, 综合评选出生长良好、结实稳定的优良无性系, 为油松种子园去劣疏伐、经营管理以及促进种子园质量和产量的提高提供依据。

## 1 材料与试验方法

**1.1 试验材料** 试验材料来自洛南古城油松种子园第V大区中的3、4、5、6小区。于每个小区内随机选择37个无性系, 每个无性系各固定6个分株, 共计222株。

**1.2 种子园概况** 洛南古城油松种子园地处东经110°20′~110°29′、北纬33°52′~34°05′, 海拔900~1000 m, 坡度28°。试验区土壤为褐土, 年平均气温11.1℃, 年均降水量772.3 mm, 无霜期215 d。种子园建于1984年, 采用的326个无性系材料均来自陕西全分布区天然林分中所选的优树, 营建总面积33.3 hm<sup>2</sup>, 分8个大区, 46个小区, 采用完全随机排列设计, 品字型栽植, 株行距5.0 m×5.0 m。

**1.3 统计方法** 2006年4月下旬至5月上旬, 对种子园中37个无性系222株试验样本进行分层统计。以树梢当年生的枝条为第一轮层, 从上至下, 依次类推。每个轮层的枝条

分南北进行, 分别统计雌球花量、雄球花量及2年生球果量(以个数计), 并测量每个分株的树高、胸径和冠幅。对调查数据进行方差分析、相关分析和多性状综合选择。个体育种值(C)采用表型观测值估算, 计算公式如下<sup>[3]</sup>:

$$C = \bar{Y} + H^2(Y - \bar{Y})$$

式中,  $\bar{Y}$ 为性状群体总平均值,  $Y$ 为个体性状表型值,  $H^2$ 为家系遗传力。

## 2 结果与分析

**2.1 生长量的调查分析** 由于方差分析能够将试验的总变异剖分开, 从中找出遗传变异和环境变异, 甚至其交互作用, 对分析试验有重要作用。对37个无性系生长性状包括树高、胸径和冠幅进行方差分析, 结果(表1)表明, 各无性系的胸径尚未达显著水平, 而树高和冠幅在无性系间差异均达0.01水平。其中, 树高最高的无性系296#比最矮的无性系293#高40.7%, 冠幅最大的无性系60#比最小的无性系277#大65.9%。树高和冠幅在无性系间差异显著, 说明这2个性状有进一步遗传改良的潜力。

表1 观测无性系间主要生长量方差分析

类型	变异来源	平方和	自由度	均方	F值
树高	无性系间	92.86	36	2.5795	4.923**
	无性系内	96.94	185	0.524	
胸径	无性系间	683.0052	36	18.97	1.147
	无性系内	3059.0501	185	16.54	
冠幅	无性系间	82.44	36	2.29	2.079**
	无性系内	203.76	185	1.1	

注: \* 为0.05显著水平, \*\* 为0.01显著水平。下同。

**2.2 无性系间雌雄球花量及2年生球果量差异分析** 对各无性系间雌雄球花量和2年生球果量进行方差分析(表2)。

表2表明, 雌球花、雄球花以及2年生球果在无性系间

基金项目 国家林业局研究项目(2003-023-L23)。

作者简介 赵鹏(1980-), 男, 陕西榆林人, 在读硕士, 从事林木遗传育种研究。\* 通讯作者。

收稿日期 2007-02-02

差异均达0.01水平。雄球花量最多的是9#无性系,最少的

表2 各无性系间雌雄球花量和2年生球果量方差分析结果

类型	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值
雌球花量	无性系间	220 383.46	36	6 121.76	2.583**
	无性系内	438 521.5	185	2 370.386 50	
雄球花量	无性系间	1 802 971 672	36	50 082 546.44	3.612 0**
	无性系内	2 565 365 057	185	13 866 838.15	
2年生球果量	无性系间	102 313.6	36	2 842.04	2.182**
	无性系内	240 966.5	185	1 302.52	

表3 各无性系雌雄球花量及2年生球果量的分析

无性系号	雌球花		雄球花		2年生球果		雌雄比
	平均数	变异系数	平均数	变异系数	平均数	变异系数	
	个	%	个	%	个	%	
23#	129.30	37.74	3 952.67	64.19	73.17	32.47	0.03
275#	127.00	92.90	9 934.17	56.15	50.50	85.62	0.01
60#	98.50	58.98	330.83	115.22	37.50	75.76	0.30
269#	99.17	36.88	4 752.17	23.31	76.00	39.09	0.02
10#	111.00	44.87	3 900.83	60.39	91.83	53.42	0.03
302#	82.33	53.74	2 628.67	83.73	63.50	56.52	0.03
303#	73.17	31.62	2 305.5	56.36	45.83	58.81	0.03
291#	170.00	31.66	1 013.33	87.69	88.83	32.27	0.17
296#	129.70	34.25	4 935.17	144.74	86.17	39.16	0.03
293#	89.67	48.50	5 954.67	96.15	67.67	92.10	0.02
273#	146.80	55.04	4 081.17	105.93	83.67	63.53	0.04
294#	96.00	61.51	2 024.33	84.10	42.33	53.34	0.05
287#	111.50	72.68	2 284.00	110.00	103.67	30.29	0.05
285#	149.00	44.33	3 069.50	72.62	101.33	26.14	0.05
267#	85.83	21.93	2 013.67	84.61	54.17	53.17	0.04
26#	81.00	14.10	3 954.50	55.53	45.00	82.35	0.02
277#	96.17	63.35	2 203.50	91.19	81.83	68.96	0.04
9#	118.00	37.24	13 817.00	27.37	79.00	30.35	0.01
32#	87.67	8.37	2 564.67	54.95	49.00	44.99	0.03
281#	63.33	66.11	9 407.17	121.63	31.00	59.86	0.01
297#	111.00	41.59	5 052.67	149.07	83.17	47.35	0.02
304#	127.50	57.60	2 657.83	65.82	45.17	32.85	0.05
289#	142.20	22.17	8 823.67	47.93	56.50	36.51	0.02
282#	106.20	14.54	2 640.67	64.55	36.17	17.26	0.04
301#	109.80	44.55	2 338.67	113.79	59.17	53.13	0.05
53#	57.67	63.83	6 748.83	62.76	39.50	56.15	0.01
276#	127.80	30.03	7 577.33	88.93	100.67	55.01	0.02
286#	129.20	48.89	2 882.00	41.44	45.67	69.64	0.04
48#	113.70	32.21	2 511.33	103.82	78.50	48.97	0.05
25#	119.30	36.99	1 218.67	132.36	75.33	46.70	0.10
283#	104.50	39.19	2 793.83	67.49	69.67	48.45	0.04
300#	81.83	24.99	1 965.83	39.49	47.67	49.89	0.04
266#	112.30	31.34	2 315.00	16.58	96.50	55.48	0.05
61#	20.67	34.44	508.83	205.58	42.33	82.02	0.04
292#	84.50	26.79	1 551.50	166.05	35.00	47.88	0.05
298#	47.83	45.75	2 882.00	27.57	56.83	46.10	0.02
24#	32.33	65.19	3 066.83	108.83	90.67	75.90	0.01
平均	91.17	42.59	3 855.76	83.73	65.15	52.63	0.04

是60#无性系,两者相差近46倍;雌球花量最多的无性系291#,它是雌球花量最少的无性系61#的8.2倍;2年生球果量中最多的无性系287#与最少的无性系281#之间相差3.3倍。从开花结实量的分布看,30%雄花量较多的无性系可提供57%雄球花量;雌球花量较多的11个无性系累积花量可占总花量的45%左右;30%球果量较多的无性系提供的

球果量占45%左右,而2年生球果量较少的40%的无性系仅能提供27%的球果,两极分化十分明显。由于各个无性系的来源不一,遗传基础参差不齐,所以无性系间开花结实量具有显著差异,利用这种差异可进一步开展无性系再选择。

虽然油松是雌雄同株,但有的无性系仍表现出偏雌或偏雄倾向。在种子园所观测研究的37个无性系的222个单株中,个别单株(占整个种子园的5.7%)只有雌球花,而没有雄球花或者雄球花很少,这种现象即为“偏雌现象”。另外,有个别油松无性系单株雄球花量大,而雌球花量很少,这种现象即为“偏雄现象”,如9#无性系单株雄球花量为9 742个,雌球花量仅为3个。虽然个别单株存在偏雌偏雄现象,但从表3的雌雄比可以看出,该种子园的雄花量远远大于雌花量。由于雌雄花量比例并非需要一对一的关系,而种子园需要的雌花量更多,因此,在无性系的再选择时更应注意偏雌无性系的选择。

**2.3 各无性系内雌雄球花量及2年生球果量差异分析** 无性系内不同分株间由于受所处立地、砧木、接穗以及嫁接技术等方面的综合影响,开花结实量也不尽相同。变异系数可以反映无性系内开花结实量的相对变异程度,变异系数大,说明差异越大。表3列出了37个无性系内分株间开花及结实量的变异系数。由表3可知,雌雄球花及球果产量在各无性系内分株间存在一定的差异,不同无性系变异幅度不同。而另外一个现象是,球花量少的无性系大多数分株间变异系数大,而雌球花量和结实量大的无性系变异系数反而相对小,说明该种子园开花结实好的无性系稳定性也好。

**2.4 雌雄球花及2年生球果南北枝条产量分析** 对雌雄球花及2年生球果南北枝条产量进行对比分析和t检验。由表4可知,雌球花和2年生球果在南北方位之间的产量差异显著( $p < 0.01$ ),南边枝条比北边枝条的雌球花量和2年生球果量分别高31.3%和35.5%。这主要是由于南北光照有差异造成的。可见,充足的光照对于油松种子园的结实量提高有重要作用。而雄球花量南北之间无显著差异( $p > 0.05$ ),这说明油松雄球花量与方位无关,可能对光照不敏感。

表4 雌雄球花量和2年生球果量南北差异的t值分析

类型	处理	样本个数	均值	标准差	标准误	t 值	P 值
雌球花	南	37	64.02	19.65	3.23	3.677 1	0.000 5
	北	37	48.76	15.85	2.61		
	差值		15.26	17.85	4.15		
雄球花	南	37	1 829.81	1 209.80	198.89	0.893 6	0.375 7
	北	37	2 239.49	2 512.64	413.08		
	差值		- 409.68	1 971.93	458.46		
2年生球果	南	37	171.76	82.57	13.57	2.648 1	0.009 9
	北	37	232.76	113.21	18.61		
	差值		- 61.00	99.08	23.04		

**2.5 开花结实量与生长量间相关性分析** 相关系数可以反映两性状间变异的相互关联程度。通过对种子园油松无性系开花结实量与生长量作相关分析(表5)可以看出,各性状间存在不同程度的相关性。其中,雌球花量与2年生球果量、树高和冠幅间存在0.05或0.01水平相关;2年生球果量与树高间存在0.05水平相关。这反映了营养生长与生殖生长间的相关性。因此,为了提高种子园种子的产量和品质,

应加强树体管理。表5 还表明,雌球花量与冠幅间的相关性达0.05水平。雄球花量与其他性状间均无显著相关,可能是雄花与其他性状的遗传机制不同,属独立遗传。另外,由于当年生雌花和前年雌花形成的2年生球果在年代上存在隔离,而当年生雌球花量与2年生球果量间存在0.01水平相关,表明该油松种子园结实量具有相对稳定性。

表5 各性状间的相关系数

	雌球花量	雄球花量	2年生球果量	树高	冠幅	胸径
雌球花量	1			0.53**	0.34*	0.26
雄球花量	0.15	1		0.12	0.02	0.07
2年生球果量	0.44**	0.05	1	0.40*	0.2	0.3

## 2.6 优良无性系的评选 作为重建种子园的优良无性系材

表6 油松优良无性系6项指标得分排列

无性系号	雌花		球果		树高		胸径		冠幅		总计得分	序号
	个数	得分	个数	得分	高度 m	得分	粗度 cm	得分	数值 m	得分		
285 #	126.61	36	84.75	36	7.05	33	5.24	26	12.61	34	165	1
273 #	125.27	35	75.18	29	7.05	32	5.33	31	12.62	35	162	2
291 #	139.48	37	77.98	31	7.14	36	5.42	34	12.34	19	157	3
10 #	103.32	21	79.60	33	6.79	29	5.54	36	13.30	37	156	4
266 #	104.12	24	82.13	34	6.98	31	5.40	33	12.59	32	154	5
289 #	122.45	34	60.46	16	6.93	30	5.40	32	12.65	36	148	6
23 #	114.54	32	69.49	22	7.09	35	5.28	28	12.50	30	147	7
286 #	114.48	31	54.60	10	7.07	34	5.29	30	12.47	28	133	8
297 #	103.32	22	74.91	28	6.25	21	5.12	23	12.60	33	127	9
48 #	104.98	25	72.38	25	6.48	26	4.96	19	12.52	31	126	10
296 #	114.79	33	76.53	30	7.28	37	4.75	10	12.33	16	126	11
276 #	113.62	30	84.39	35	6.49	27	5.26	27	12.11	3	122	12
304 #	113.44	29	54.33	9	6.03	16	5.29	29	12.39	26	109	13
269 #	96.07	17	71.03	24	6.47	25	4.84	15	12.38	24	105	14
283 #	99.34	18	67.60	21	6.15	19	4.86	17	12.47	29	104	15
302 #	85.75	9	64.26	19	6.05	17	5.08	22	12.39	25	92	16
294 #	94.13	14	52.79	6	6.13	18	5.43	35	12.33	17	90	17
275	113.13	28	57.21	14	6.25	20	4.83	14	12.31	13	89	18
9 #	107.61	26	72.65	26	5.80	9	4.98	21	12.17	5	87	19
287 #	103.63	23	86.01	37	5.76	8	4.72	7	12.28	11	86	20
60 #	95.66	16	50.17	4	5.76	7	5.88	37	12.34	20	84	21
298 #	64.61	3	60.64	17	6.43	24	5.18	25	12.32	15	84	22
24 #	55.11	2	78.97	32	6.01	15	5.15	24	12.19	8	81	23
267 #	87.90	11	59.20	15	6.31	23	4.78	11	12.32	14	74	24
25 #	108.41	27	70.67	23	5.71	5	4.81	13	12.13	4	72	25
293 #	90.25	13	66.51	20	5.55	1	4.84	16	12.37	22	72	26
281 #	74.11	5	46.65	1	6.61	28	4.79	12	12.36	21	67	27
53 #	70.64	4	51.26	5	5.80	10	4.97	20	12.44	27	66	28
277 #	94.23	15	74.19	27	5.90	13	4.49	1	12.20	9	65	29
303 #	80.14	6	54.69	11	6.31	22	4.73	9	12.28	12	60	30
61 #	47.96	1	52.79	7	5.88	12	4.87	18	12.33	18	56	31
26 #	84.94	7	54.23	8	5.82	11	4.69	5	12.38	23	54	32
301 #	102.59	20	61.91	18	5.68	4	4.63	4	12.19	7	53	33
282 #	100.38	19	49.45	3	5.96	14	4.72	8	12.19	6	50	34
300 #	85.45	8	55.68	12	5.76	6	4.58	2	12.21	10	38	35
32 #	89.02	12	56.40	13	5.58	2	4.60	3	12.08	2	32	36
292 #	87.08	10	48.82	2	5.67	3	4.71	6	11.94	1	22	37

## 3 结论与讨论

(1) 油松种子园无性系间树高、冠幅、雌球花量、雄球花量及2年生球果量存在0.01水平差异,球花和球果组成极不

均衡。油松种子园各无性系生长量平均数相差较大,无性系内的生长量平均数变异系数较无性系间小得多,说明生长性

料,要求生长好、结实优,而且能够稳定遗传。对油松种子园37个无性系的雌球花量、2年生球果量、树高、胸径、冠幅5个数量性状进行方差剖分,估算无性系遗传力,推算各无性系不同性状的育种值,然后按照育种值大小分别排序。每性状育种值排列第1位者赋予37分,第2位赋予36分,依次类推,最后一位赋1分,然后将每一家系各性状得分值相加,按照15%的入选率综合选择优良无性系。表6表明,总计得分排在前6位的无性系分别是285#、273#、291#、10#、266#和289#。这6个优良无性系的雌球花量和2年生球果量分别比37个无性系总平均值高51.97%和32.68%,且其树高、胸径和冠幅的生长量比总平均值都有不同程度的提高。由于这6个无性系是通过结实、生长和育种值综合选出的无性系,因此在丰产性和遗传性等方面具有相对稳定性。

均衡。油松种子园各无性系生长量平均数相差较大,无性系内的生长量平均数变异系数较无性系间小得多,说明生长性

(下转第3876页)

(上接第3849页)

状主要受遗传控制,因此,应结合种子园内各无性系的开花结实状况,淘汰生长不良、开花结实差的无性系,实现对优树无性系的再选择。不同无性系间雌雄球花比不同,其变幅为0.12~1.3247;油松虽是雌雄同株,但有的无性系单株仍表现出“偏雌偏雄现象”。

(2) 同一无性系内不同分株间存在一定差异,但是差异比无性系间小得多。这说明雌球花量和球果量主要受遗传控制,因此,利用雌球花数量进行无性系再选择是有意义的,对开花数量过多或过少的无性系应疏花或修剪,以避免个别无性系形成优势,而引起种子园内遗传基础变窄。

(3) 单株南北枝条间雌球花量和2年生球果量差异达0.01水平,而雄球花量存在差异不显著。油松为喜光树种,南北枝条雌球花量和2年生球果量差异的原因主要是由于南面枝条的光照充足引起的,在整形修剪时应尽量考虑北边枝条的光照,以提高球果产量。

(4) 各性状间存在不同程度的相关性。雌球花量与2年生球果量、树高间在0.01水平上呈正相关,雌球花量与冠幅间在0.05水平上呈正相关;2年生球果量与树高间在0.05水平上呈正相关;树高与胸径、冠幅间在0.01水平上

呈正相关;冠幅与胸径间在0.05水平上呈正相关。雌球花量和球果量与光照的关系极为密切,树冠开阔,光照强,球花多,因此,种子园内应及时去劣疏伐,以免影响树体的光照。此外应加强树体的营养管理,增加球花及球果产量。

(5) 根据雄球花量、雌球花量、2年生球果量、树高、胸径、冠幅6个数量性状,利用育种值综合评分法筛选出了6个优良无性系,分别为285#、273#、291#、10#、266#、289#。

#### 参考文献

- [1] 张华新. 油松种子园生殖系统研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [2] 徐化成. 油松[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [3] 毛盛贤, 黄远璋. 群体遗传及其程序设计[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1991.
- [4] 刘梅, 安守芹, 吕馨, 等. 以球果量、雄花量等数量性状对油松优良无性系的再选择[J]. 内蒙古林业科技, 2001(1): 6-9.
- [5] 刘永红, 杨培华, 樊军锋, 等. 油松优良家系多性状选择方法研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2006, 12(34): 117-119.
- [6] 张华新, 李军, 李国峰, 等. 油松无性系雌雄球花量变异和稳定性评价[J]. 林业科学研究, 1997, 10(2): 154-163.
- [7] 李悦. 油松无性系再选择及去劣疏伐[C]// 沈熙环. 种子园优质高产技术. 北京: 中国林业出版社, 1994.
- [8] 樊军锋, 杨培华, 刘永红, 等. 陕西油松遗传改良研究进展[J]. 西北农林科技大学学报, 2006, 34(1): 45-49.
- [9] MATZERS D. Variation in cone production in a donor seed orchard of black pine[J]. Sil Genet, 1993, 42: 2-3.