

马尾松半同胞家系子代林遗传增益分析*

杜林峰¹ 陈 勇¹ 柯尊发¹ 高大雄¹
谢焰锋² 邹 杰² 刘会平² 贾秀红² 张卓文^{2**}

1. 湖北省太子山林场管理局, 京山 431800; 2. 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070

摘要 以湖北省京山县太子山林场管理局马尾松实生种子园子代半同胞家系 16 年生林分为研究对象, 测定了胸径、树高、枝下高、冠幅和材积等生长因子, 结果表明: 不同半同胞家系林木各生长因子间差异均达极显著水平, 说明马尾松林木半同胞家系间存在较为丰富的遗传变异, 具选育潜力。16 年生半同胞家系马尾松林分树高、胸径及材积遗传力分别为 0.843 5, 0.740 5 及 0.750 6。根据性状遗传力的大小, 以树高、胸径和材积作为优良马尾松半同胞家系选择指标。采用 10% 入选率进行选优时, 可选出 9 个优良半同胞家系, 其树高、胸径和材积遗传增益分别可达 13.37%、25.57% 和 51.53%。

关键词 马尾松; 半同胞家系子代林; 遗传力; 遗传增益

中图分类号 S 791.248.05 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2010)06-0772-06

子代林测定是评价亲本材料遗传价值与估算遗传参数的一条有效途径。我国优树选择和大规模的种子园营建工作已得到广泛开展。在此过程中, 及时开展对优树子代林测定工作, 对于评价优树遗传品质的优劣起到积极作用。

马尾松(*Pinus massoniana*)是我国分布最为广泛的用材树种, 林业科技工作者对其开展了生长量、无性繁殖和材质指标方面的相关研究^[1-11], 这些工作对表型选优起到有效的作用。本研究针对湖北省京山县太子山林场管理局马尾松种子园自由授粉子代林, 进行了胸径、树高、枝下高、冠幅和材积的遗传力分析, 为筛选遗传品质优良的家系提供直接的试验依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试马尾松半同胞种子园位于湖北省京山县太子山林场管理局下属仙女林场。东经 112° 48', 北纬 30° 58', 属亚热带季风湿润性气候区。年平均气温 16.4 °C, 1 月为最冷月, 极端最低温度 -19.6 °C; 7 月为最热月, 平均气温为 28.8 °C, 极端最高温度 39.2 °C。初霜期 11 月中旬, 终霜期 3 月中旬, 无霜

期 240 d 左右, 日照时数 1 949.9 h, 年平均降雨量 1 094.6 mm, 降雨主要集中在 4~8 月, 一般夏季多雨, 冬春少雨。海拔为 80~120 m, 主坡向为东南阳坡, 土壤为黄棕壤, 肥力中等。子代林以人工栽植柏木、阔叶树及农作物为隔离带。

测试林分为太子山林场管理局马尾松种子园半同胞家系子代林。1993 年育苗后造林, 共计 102 个半同胞家系, 并以湖北京山县引种的广东优良种源马尾松作为对照(CK)。子代测定林分采用完全随机区组排列, 每小区为同一半同胞家系植株, 共 8 株, 重复 3 次。2009 年测定时, 林分年龄 16 年生。子代测定林的栽培环境及栽培生产措施相同。

1.2 试验方法

对半同胞家系植株胸径、树高、枝下高、冠幅采用常规的方法调查。单株材积按原林业部颁布的标准公式计算^[6,9]。

按各测树因子进行半同胞家系植株生长差异分析^[7]。因各半同胞家系试验小区内, 林木个体因故缺失, 故用“组内不等次”方法进行方差分析^[12]。

参照文献^[13-14]的方法进行表型变异系数(CV)、遗传变异系数(GCV)、家系遗传力、遗传增益计算。

收稿日期: 2010-04-27; 修回日期: 2010-10-14

* 湖北省科技厅科技专项(鄂科 2001-75)和湖北省林业厅科技专项(鄂 2001-43)资助

** 通讯作者. E-mail: zhzwzhang@mail.hzau.edu.cn

杜林峰, 男, 1966 年生, 工程师. 研究方向: 林木育种. E-mail: dlf.2009@QQ.com

2 结果与分析

2.1 马尾松半同胞家系子代林生长特征

马尾松半同胞子代林胸径、树高、单株材积、枝下高、冠幅生长状况如表 1 所示。由表 1 可以看出，林分胸径平均值 15.62 cm，变异幅度 0.68%~36.10%，其中最大值达 22.70 cm，最小值仅 7.85 cm。树高平均值 8.38 m，变异幅度 0~21.61%，其

中最大值达 10.20 m，最小值仅 5.40 m。林分平均单株材积值 0.082 7 m³，变异幅度 2.99%~98.97%，其中最大值达 0.178 5 m³，最小值仅 0.014 8 m³。枝下高平均值 3.51 m，变异幅度 2.89%~74.08%。东西向冠幅平均值 4.27 m，变异幅度 1.49%~62.28%。南北向冠幅平均值 4.05 m，变异幅度 0~36.99%。

表 1 16 年生马尾松半同胞子代林木生长

Table 1 Tree growth of half-Sib progeny trees of 16-years-old *P. massoniana* stand

半同胞家系 Half-sib progeny	胸径 DBH Diameter of breast height			树高 Height			材积 Timber volume			枝下高 Height under branch			冠幅 Crown diameter _{E-W}			冠幅 Crown diameter _{S-N}		
	X/m	SD/m	CV/%	X/m	SD/m	CV/%	X/m	SD/m	CV/%	X/m	SD/m	CV/%	X/m	SD/m	CV/%	X/m	SD/m	CV/%
	1-69A #	14.30	4.16	29.10	7.17	0.38	5.28	0.059 1	0.030 6	51.88	2.13	0.29	13.53	3.80	0.89	23.39	3.60	0.66
5-69 #	14.40	1.71	11.85	6.83	0.35	5.14	0.056 2	0.014 5	25.7 4	1.97	0.35	17.86	4.73	0.57	12.01	5.27	0.21	3.95
8-107 #	14.73	2.50	16.94	7.30	0.82	11.20	0.084 5	0.075 2	89.0 6	2.50	0.49	19.60	4.40	1.03	23.49	4.72	0.71	15.08
11-16 #	17.87	2.83	15.84	7.30	0.10	1.37	0.089 4	0.025 7	28.7 5	3.17	1.65	52.11	5.20	1.21	23.32	4.90	1.56	31.88
14-67 #	16.74	2.03	12.13	7.64	0.40	5.20	0.082 4	0.019 8	24.0 4	3.32	0.75	22.48	4.70	0.36	7.67	5.08	0.24	4.70
17-2 #	16.37	1.40	8.56	8.13	0.25	3.09	0.083 4	0.014 2	17.04	4.83	0.35	7.27	5.17	0.32	6.22	4.93	0.15	3.10
20-6 #	18.20	2.67	14.67	7.48	0.28	3.71	0.093 9	0.022 3	23.71	4.42	0.55	12.54	4.42	0.59	13.33	4.34	0.94	21.65
24-8 #	16.43	1.93	11.73	7.43	0.24	3.18	0.077 1	0.015 7	20.32	3.25	1.27	39.12	5.80	0.37	6.45	5.10	0.65	12.71
26-15 #	14.96	2.51	16.80	7.16	0.23	3.22	0.063 3	0.020 6	32.61	4.22	0.76	17.92	4.94	0.63	12.69	4.32	0.59	13.73
30-31 #	16.00	1.69	10.58	7.68	0.64	8.31	0.075 4	0.011 9	15.80	3.60	0.53	14.70	4.50	0.48	10.77	4.40	0.57	12.86
32-42 #	15.45	2.64	17.11	9.38	0.39	4.21	0.086 9	0.027 9	32.14	4.00	0.12	2.89	5.28	0.67	12.61	4.83	0.64	13.36
36-41 #	15.17	1.50	9.92	8.60	0.30	3.49	0.076 7	0.016 9	21.98	3.17	0.31	9.65	4.57	0.72	15.84	4.23	0.76	17.89
41-30 #	18.85	3.46	18.38	8.95	0.49	5.53	0.120 9	0.046 7	38.60	3.60	0.71	19.64	6.20	0.42	6.84	5.80	0.42	7.31
42-29 #	18.90	3.11	16.46	8.85	0.07	0.80	0.118 7	0.035 0	29.49	2.95	1.34	45.54	5.85	0.92	15.71	5.90	0.00	0.00
47-66 #	22.70	—	—	9.60	—	—	0.178 5	—	—	1.70	—	—	7.20	—	—	6.90	—	—
48-101 #	21.90	—	—	9.80	—	—	0.170 3	—	—	4.30	—	—	7.50	—	—	7.10	—	—
53-102 #	13.55	1.41	10.39	7.98	1.20	14.99	0.058 0	0.015 2	26.20	2.73	1.32	48.44	5.40	0.66	12.28	4.53	0.68	15.03
56-28 #	12.98	1.72	13.21	8.62	0.31	3.61	0.057 9	0.014 3	24.75	3.86	0.52	13.54	3.68	0.37	10.06	3.68	0.34	9.29
58-89 #	12.62	1.68	13.30	8.20	0.33	4.08	0.052 6	0.015 0	28.54	3.47	0.85	24.52	4.10	0.54	13.09	4.23	0.40	9.53
61-33 #	12.44	2.63	21.10	8.04	0.61	7.60	0.051 7	0.021 7	41.96	3.36	1.18	35.25	4.62	0.74	16.01	4.12	0.44	10.77
63-54 #	12.64	3.30	26.11	8.10	0.56	6.93	0.054 7	0.029 1	53.24	3.66	0.78	21.39	3.72	0.62	16.61	3.64	0.34	9.44
66-81 #	11.20	1.94	17.31	7.40	0.85	11.47	0.039 0	0.015 0	38.33	2.98	0.94	31.52	3.41	0.46	13.51	3.21	0.57	17.80
71-83 #	15.83	1.76	11.13	8.10	0.50	6.17	0.078 8	0.019 3	24.44	2.80	0.10	3.57	3.77	0.40	10.73	3.97	0.31	7.70
72-95 #	14.92	1.41	9.47	8.35	0.33	3.92	0.062 0	0.030 5	49.20	2.75	0.87	31.76	4.37	0.74	17.06	4.15	0.62	14.99
75-21 #	12.85	2.58	20.08	8.15	0.17	2.13	0.054 5	0.020 4	37.45	3.35	0.24	7.11	3.83	0.36	9.40	3.60	0.73	20.16
78-58 #	13.78	1.90	13.77	8.30	0.37	4.51	0.062 8	0.018 1	28.84	3.03	0.50	16.37	3.90	0.55	14.14	4.00	0.66	16.51
81-63 #	12.22	2.45	20.03	7.68	0.65	8.41	0.047 6	0.020 2	42.47	3.46	0.32	9.28	4.14	0.90	21.73	3.56	0.65	18.26
84-64 #	14.88	4.12	27.67	8.02	1.26	15.73	0.075 6	0.038 0	50.22	3.20	0.74	23.07	5.06	1.35	26.63	4.66	0.76	16.38
86-20 #	15.68	4.10	26.15	8.24	0.61	7.41	0.083 0	0.041 9	50.45	2.36	0.90	38.21	5.10	0.73	14.34	4.98	1.06	21.32
89-9 #	20.40	0.66	3.21	8.93	0.06	0.65	0.136 7	0.008 2	6.03	4.03	0.78	19.26	6.23	0.31	4.90	5.87	0.21	3.55
92-93 #	19.25	2.05	10.65	8.88	0.17	1.92	0.123 0	0.024 5	19.94	3.68	0.87	23.55	5.53	0.28	4.98	5.08	0.76	15.04
CK #	19.90	1.27	6.40	8.60	0.00	0.00	0.126 0	0.014 9	11.85	3.90	1.56	39.89	4.75	0.07	1.49	5.55	0.78	14.01
95-50 #	19.63	0.35	1.79	8.70	0.10	1.15	0.124 1	0.004 8	3.90	3.20	0.98	30.78	5.53	0.25	4.55	4.57	0.25	5.51
97-24 #	18.20	3.25	17.87	8.90	0.42	4.77	0.112 4	0.041 6	37.03	4.45	1.20	27.01	4.80	0.14	2.95	5.30	0.00	0.00
99-84 #	14.77	1.58	10.71	8.13	0.91	11.16	0.069 8	0.020 3	29.13	2.57	1.33	51.88	4.23	0.55	13.01	3.93	0.49	12.54
101-34 #	19.00	2.51	13.19	8.77	0.12	1.32	0.131 3	0.023 8	18.12	3.65	1.06	29.06	4.55	0.92	20.20	5.00	0.28	5.66
103-5 #	13.75	2.31	16.80	8.25	0.48	5.81	0.062 6	0.022 6	36.14	2.50	0.95	37.95	4.13	0.39	9.57	4.33	0.69	15.95
4-27 #	14.72	1.25	8.50	9.30	0.26	2.84	0.078 0	0.013 3	17.09	3.52	1.12	31.91	2.94	0.38	13.09	2.94	0.19	6.63
7-69 #	17.27	1.10	6.35	9.50	0.20	2.11	0.106 7	0.014 1	13.24	4.10	1.04	25.46	3.50	0.36	10.30	3.37	0.15	4.54
9-19 #	16.67	2.12	12.74	9.13	0.39	4.31	0.097 7	0.029 0	29.65	3.67	1.17	31.93	3.43	0.55	15.92	3.13	0.27	8.72
12-48 #	16.23	5.15	31.76	8.68	0.39	4.45	0.093 4	0.056 4	60.36	4.30	0.95	22.14	3.28	0.87	26.43	2.93	0.74	25.18
15-26 #	17.53	2.42	13.82	8.73	0.34	3.90	0.102 7	0.031 5	30.70	4.95	0.21	4.21	4.13	0.29	6.96	3.95	0.49	12.49
18-13 #	16.70	2.82	16.89	8.65	0.83	9.56	0.094 0	0.034 7	36.93	4.68	1.16	24.85	3.15	0.53	16.70	3.50	0.77	21.88
21-7 #	14.85	0.78	5.24	9.05	0.64	7.03	0.076 6	0.0023	2.99	4.95	0.21	4.29	3.20	0.14	4.42	2.90	0.14	4.88

续表 1 Continued from Table 1

半同胞家系 Half-sib progeny	胸径 DBH Diameter of breast height			树高 Height			材积 Timber volume			枝下高 Height under branch			冠幅 Crown diameter _{E-W}			冠幅 Crown diameter _{S-N}		
	X/m	SD/m	CV/%	X/m	SD/m	CV/%	X/m	SD/m	CV/%	X/m	SD/m	CV/%	X/m	SD/m	CV/%	X/m	SD/m	CV/%
	23-4 #	14.27	0.96	6.74	8.33	0.32	3.86	0.065 9	0.007 7	11.67	4.30	2.16	50.31	3.87	0.25	6.51	3.40	0.35
25-40 #	14.90	2.36	15.87	8.67	0.21	2.40	0.075 4	0.023 2	30.80	4.83	0.64	13.30	4.10	0.20	4.88	3.87	0.45	11.66
29-1 #	14.35	3.06	21.33	8.40	0.64	7.68	0.070 2	0.031 0	44.21	6.02	1.21	20.18	3.30	0.88	26.76	3.13	0.69	21.99
33-82 #	17.28	2.52	14.58	8.64	0.21	2.40	0.098 7	0.026 4	26.76	6.08	0.65	10.68	3.76	0.70	18.58	3.68	0.73	19.91
35-70 #	15.78	1.83	11.60	8.24	0.38	4.59	0.079 5	0.020 1	25.31	6.18	0.61	9.80	4.42	2.75	62.28	3.34	0.91	27.24
38-43 #	17.28	2.10	12.17	8.83	0.71	8.03	0.081 1	0.053 1	65.41	5.05	0.95	18.89	4.10	0.28	6.90	3.43	0.38	11.02
39-49 #	16.62	3.27	19.68	8.47	0.29	3.40	0.091 7	0.035 1	38.32	5.15	0.50	9.73	3.75	0.79	21.12	3.58	0.66	18.29
46-96 #	18.25	2.19	12.01	8.70	0.14	1.63	0.109 2	0.025 8	23.68	3.90	0.99	25.38	5.35	0.64	11.90	4.35	0.21	4.88
49-108 #	21.73	2.73	12.56	8.53	0.15	1.79	0.148 0	0.031 3	21.18	2.57	0.57	22.15	4.33	0.87	20.16	4.27	1.07	25.06
54-23 #	12.82	2.89	22.57	8.18	0.42	5.14	0.055 4	0.021 6	38.98	3.52	0.97	27.65	2.82	0.69	24.64	2.74	0.61	22.20
55-55 #	15.27	3.17	20.73	8.39	0.34	4.10	0.077 9	0.028 6	36.67	3.97	0.68	17.06	3.49	0.63	17.95	3.24	0.64	19.73
57-52 #	11.21	2.36	21.08	7.87	0.46	5.81	0.036 4	0.021 5	58.97	3.70	0.46	12.39	2.70	0.51	19.01	2.47	0.48	19.51
59-46 #	11.25	2.23	19.79	8.00	0.58	7.25	0.042 6	0.017 8	41.77	3.15	0.54	17.01	2.83	0.69	24.32	2.57	0.58	22.54
60-36 #	9.85	2.34	23.72	7.10	0.54	7.63	0.023 8	0.017 9	75.31	2.65	0.40	15.25	2.65	0.68	25.50	2.23	0.50	22.43
62-38 #	13.10	3.34	25.50	8.28	0.59	7.07	0.059 2	0.030 0	50.66	3.05	0.68	22.32	3.18	0.95	30.03	3.25	0.75	23.23
64-50 #	15.06	3.56	23.65	8.24	0.47	5.69	0.076 0	0.034 5	45.40	2.98	0.69	23.27	3.61	0.53	14.75	3.53	0.48	13.54
65-3 #	11.65	2.78	23.83	7.70	0.52	6.71	0.044 0	0.020 0	45.42	2.60	0.36	13.69	2.63	0.78	29.73	2.73	1.01	36.99
67-59 #	13.63	4.92	36.10	8.17	0.61	7.48	0.065 3	0.045 3	69.43	2.77	0.42	15.05	3.10	0.26	8.53	3.13	0.40	12.90
68-75 #	13.87	1.44	10.36	7.03	0.81	11.49	0.054 1	0.016 7	30.82	1.80	0.30	16.67	3.43	0.45	13.13	3.10	0.10	3.23
69-11 #	13.03	3.01	23.07	6.63	1.26	18.97	0.036 1	0.031 6	87.59	1.13	0.42	36.74	3.50	1.06	30.24	3.13	1.08	34.42
70-32 #	7.85	1.34	17.11	5.40	0.71	13.09	0.014 8	0.006 4	43.08	1.50	0.42	28.28	2.50	0.57	22.63	2.00	0.00	0.00
73-100 #	14.25	2.19	15.38	7.20	1.56	21.61	0.059 3	0.039 6	66.82	2.80	0.89	31.74	3.07	0.21	6.79	2.90	0.53	18.25
74-69 #	15.00	0.90	5.98	8.46	0.46	5.46	0.073 7	0.011 5	15.67	3.72	1.24	33.27	3.72	0.22	5.83	3.72	0.39	10.48
76-18 #	12.71	1.94	15.26	7.49	0.77	10.30	0.049 3	0.016 4	33.24	3.11	0.51	16.31	2.87	0.47	16.29	2.77	0.60	21.82
77-80 #	9.72	2.41	24.81	6.74	0.88	13.13	0.028 3	0.014 3	50.57	2.00	1.01	50.37	2.82	0.59	21.04	2.38	0.87	36.56
79-74 #	10.84	2.56	23.61	7.18	0.41	5.78	0.036 0	0.015 2	42.37	2.08	0.99	47.52	2.50	0.31	12.33	2.42	0.29	12.19
80-71 #	11.84	1.94	16.42	7.80	0.64	8.16	0.037 7	0.023 6	62.66	2.64	0.81	30.84	3.10	0.86	27.75	3.08	0.85	27.68
82-106 #	12.63	2.72	21.56	7.73	0.86	11.12	0.052 0	0.024 6	47.37	3.01	0.47	15.73	3.21	0.90	27.97	3.10	0.91	29.39
83-10 #	13.54	4.07	30.03	8.24	0.77	9.35	0.062 4	0.033 8	54.12	3.28	0.87	26.61	3.26	0.43	13.11	3.02	0.29	9.77
85-88 #	13.28	1.32	9.94	7.78	0.90	11.52	0.043 7	0.027 3	62.35	4.15	1.15	27.65	4.30	0.95	22.14	2.83	0.77	27.17
87-35 #	14.10	1.58	11.18	8.70	0.54	6.23	0.068 1	0.017 3	25.46	3.95	1.57	39.68	3.83	1.22	31.97	3.75	0.95	25.25
88-87 #	16.73	2.05	12.25	8.83	0.84	9.49	0.095 5	0.030 0	31.46	3.80	1.35	35.60	4.20	0.61	14.48	4.07	0.45	11.09
90-51 #	20.90	2.89	13.82	9.08	0.24	2.60	0.146 8	0.037 0	25.20	3.43	1.73	50.42	4.58	0.46	10.00	4.60	0.41	8.87
91-98 #	17.90	3.68	20.54	8.85	0.07	0.80	0.108 2	0.041 3	38.19	4.05	1.91	47.14	4.00	0.57	14.14	4.20	0.14	3.37
93-97 #	16.20	2.39	14.76	8.95	0.31	3.44	0.091 0	0.028 0	30.84	5.53	0.96	17.43	3.90	0.62	15.97	3.90	0.54	13.95
94-110 #	15.90	4.30	27.07	8.93	0.17	1.91	0.089 5	0.040 9	45.65	4.35	1.01	23.33	4.13	0.61	14.73	3.55	1.20	33.69
96-111 #	16.80	2.69	16.01	9.08	0.33	3.69	0.099 0	0.034 0	34.35	3.52	1.52	43.20	4.78	0.45	9.51	4.98	0.50	10.02
98-22 #	19.25	1.34	6.98	8.80	0.14	1.61	0.121 1	0.013 8	11.40	3.30	0.85	25.71	4.75	1.06	22.33	4.25	0.64	14.97
100-62 #	14.95	1.20	8.04	8.10	0.28	3.49	0.070 2	0.012 8	18.18	1.75	0.21	12.12	4.35	0.64	14.63	4.05	0.64	15.71
102-94 #	16.40	3.68	22.42	8.40	0.42	5.05	0.059 0	0.058 4	98.97	3.55	1.63	45.81	4.40	0.14	3.21	4.45	0.35	7.95
104-86 #	14.00	1.06	7.60	7.83	0.66	8.44	0.059 8	0.007 6	12.74	2.85	1.51	52.86	3.73	0.36	9.65	3.33	0.29	8.64
CK	17.53	1.53	8.71	7.73	0.57	7.43	0.089 3	0.008 2	9.19	2.93	1.09	37.18	4.28	0.60	14.08	4.30	1.02	23.79
2-69 #	18.07	2.97	16.43	9.27	0.68	7.35	0.087 1	0.066 9	76.84	2.10	0.44	20.76	4.60	0.46	9.96	4.20	0.26	6.30
6-73 #	15.18	2.19	14.44	9.58	0.63	6.57	0.086 4	0.029 9	34.66	3.30	0.42	12.62	5.00	0.38	7.66	4.73	0.41	8.70
10-12 #	18.70	—	—	9.20	—	—	0.119 6	—	—	2.60	—	—	4.70	—	—	5.30	—	—
13-53 #	17.03	2.03	11.91	9.18	0.26	2.87	0.100 8	0.020 7	20.58	2.83	1.22	43.29	4.68	0.59	12.64	4.35	0.39	8.90
16-47 #	15.70	3.08	19.62	9.53	0.29	3.02	0.091 6	0.034 0	37.15	2.98	1.02	34.43	5.48	0.45	8.22	4.53	0.26	5.81
19-57 #	15.64	2.37	15.15	9.10	0.42	4.60	0.086 1	0.022 6	26.23	4.70	1.51	32.20	4.04	0.62	15.42	3.84	0.67	17.43
22-65 #	16.03	2.12	13.24	9.20	0.28	3.00	0.091 0	0.023 1	25.38	3.65	0.34	9.45	4.67	0.68	14.58	4.52	0.77	16.94
27-56 #	13.72	4.48	32.66	8.60	1.36	15.86	0.071 1	0.037 1	52.13	5.00	0.79	15.75	4.86	0.75	15.44	3.98	0.96	24.06
28-90 #	14.72	1.66	11.30	9.34	0.38	4.05	0.078 6	0.017 3	21.97	6.10	1.05	17.15	4.94	0.71	14.43	3.92	0.50	12.81
31-92 #	14.72	4.84	32.89	8.77	1.26	14.35	0.082 2	0.042 9	52.15	5.80	0.80	13.88	4.13	1.55	37.47	3.97	0.92	23.31
34-68 #	18.23	2.63	14.44	9.45	0.24	2.52	0.118 0	0.027 8	23.54	4.85	0.57	11.84	5.50	0.66	11.97	5.00	0.37	7.30
37-77 #	17.28	1.65	9.52	8.96	0.51	5.67	0.101 7	0.022 8	22.41	4.32	0.87	20.14	4.64	0.32	6.92	4.24	0.64	15.16
40-14 #	16.65	3.37	20.22	9.25	0.37	4.00	0.100 2	0.037 2	37.16	3.40	1.01	29.70	4.98	1.12	22.53	4.55	0.77	16.98
43-79 #	20.70	0.14	0.68	10.20	0.71	6.93	0.159 3	0.008 6	5.37	1.85	0.35	19.11	5.45	0.49	9.08	5.80	0.57	9.75
44-17 #	20.70	2.26	10.93	9.40	0.14	1.50	0.148 3	0.032 0	21.60	2.10	1.56	74.08	6.30	0.14	2.24	5.65	0.21	3.75
51-109 #	19.70	4.76	24.15	9.13	0.49	5.40	0.136 5	0.065 0	47.63	3.73	1.12	30.11	5.63	1.24	22.05	5.17	1.54	29.75
最大 Max	7.85	0.14	0.68	5.40	0.00	0.00	0.014 8	0.002 3	2.99	1.13	0.10	2.89	2.50	0.07	1.49	2.00	0.00	0.00
最小 Min	22.70	5.15	36.10	10.20	1.36	21.61	0.178 5	0.092 2	98.97	6.18	2.16	74.08	7.50	2.75	62.28	7.10	1.56	36.99
Mean	15.62	—	—	8.38	—	—	0.082 7	—	—	3.51	—	—	4.27	—	—	4.05	—	—

2.2 马尾松半同胞家系子代林生长差异比较

为了检验马尾松不同半同胞家系子代林胸径、树高、单株材积、枝下高、冠幅等生长差异,对家系间

和家系内各测定因子进行了方差分析。结果表明,马尾松不同半同胞家系子代林木各生长因子的生长差异均达极显著水平(表 2)。

表 2 16 年生马尾松半同胞子代林生长差异¹⁾

Table 2 Analysis of variance for tree growth of half-sib progeny trees of 16-years-old *P. massoniana*

变差来源 Variance origin	自由度 df	胸径 Diameter of breast height			树高 Height			单株材积 Timber volume			枝下高 Height under branch			冠幅 Crown diameter _{E-W}			方差组成 ^[13] Variance component
		平方和 SS		F	平方和 SS		F	平方和 SS		F	平方和 SS		F	平方和 SS		F	
		平方和	SS	F	平方和	SS	F	平方和	SS	F	平方和	SS	F	平方和	SS	F	
家系间 Between family	101	2 725.79	3.85**	222.16	6.39**	0.31	4.01**	458.19	5.50**	328.50	5.94**	305.94	7.11**	$\sigma_{e2} + r\sigma_{f2}$			
家系内 In a family	315	2 205.92		108.44		0.24		259.81		172.58		134.27		σ_{e2}			
总变量 Total	416	4 931.71		330.60		3.11		718.00		501.08		440.21					

1) $F_{0.05(101,315)} = 1.29, F_{0.01(101,315)} = 1.46$

2.3 马尾松半同胞家系子代林木生长因子遗传力分析

林木各生长因子方差分析的组成因素既包括遗传因素也包括环境因素,为了检验马尾松半同胞家系子代林胸径、树高、平均单株材积、枝下高等受遗传因素影响的程度,对其进行了遗传力分析。结果表明,马尾松半同胞家系子代林各林木生长受遗传因素的影响

均较大,且单株材积的 h_f^2 已达强度遗传范围(表 3)。

因枝下高和冠幅这 2 个生长性状与造林密度和年龄有关。林木随着年龄增加,枝下高也会随之增高。林冠受密度及环境条件的影响,如光照、水分、坡向等多个不定因素影响。因为枝下高及冠幅属于非遗传控制,不具有选育特征,所以不对其进行遗传力分析。

表 3 马尾松半同胞子代林生长性状变异分析

Table 3 Analysis of variance for growth traits of half-sib progenies of *P. massoniana*.

生长因子 Growth factor	平均值 Mean	变异幅度 Variation range	F	CV/%	GCV/%	h_f^2
胸径 DBH /cm	15.62	7.85~22.70	3.85**	19.73	10.12	0.740 5
树高 Height/m	8.38	5.40~10.20	6.39**	9.06	5.75	0.843 5
材积 Volume/m ³	0.08	0.02~0.18	4.01**	39.23	20.87	0.750 6

表 3 结果表明,马尾松半同胞家系子代林木各生长因子存在丰富的变异,具有较大的选育潜力。胸径表型变异系数(CV)和遗传变异系数(GCV)分别是 19.73%和 10.12%,树高的 CV 和 GCV 分别是 9.06%和 5.75%,平均单株材积的 CV 和 GCV 分别是 39.23%和 20.87%。

王明庥^[13]认为,用半同胞家系平均值估算的遗传力比用半同胞的单株树估算的遗传力可靠,而且选择也常依家系平均值进行,所以家系遗传力是比较重要的遗传参数。马尾松半同胞家系树高、胸径及材积遗传力分别为 0.843 5、0.740 5 及 0.750 6。方差分析及遗传力分析表明,半同胞家系林木间的胸径、树高、材积遗传差异达极显著水平,这为马尾松优树的选择提供了可靠的依据,可以用子代林木平均胸径、树高和材积性状作指标来进行优良家系选择。

一般研究认为,树高生长不但受遗传基因影响,而且还受立地质量控制。常以立地指数和地位级指数来进行立地质量评定。在同等条件下,树高与胸径生长一般受遗传因素影响比较强,而平均单株材积是其胸径、树高及形数的函数。各生长因子的 CV 和 GCV 都呈现以下顺序:材积>胸径>树高,这与季孔庶等^[9]研究的结果一致。家系林木各生长因子遗传力的大小依次为:树高>材积>胸径,家系内各生长因子的遗传力均已达到强度遗传范围。

2.4 优良马尾松半同胞家系选择

以胸径作为选择指标,有 14 个半同胞家系胸径大于对照的优良广东种源林木,其中 6 个半同胞家系林木生长量大于对照 10%,有 1 个半同胞家系生长量大于对照 20%。

以树高作为评价指标,有 65 个半同胞家系生长量大于对照优良种源林木,其中 22 个半同胞家系林

木生长量大于对照 10%，有 2 个半同胞家系生长量大于对照 20%。

以材积作为评价指标，有 18 个半同胞家系材积生长量大于对照优良种源林木，其中 14 个半同胞家系林木生长量大于对照 10%，有 8 个半同胞家系生长量大于对照 20%，5 个大于 30% (表 4)。

当入选率不同时，用树高、胸径或材积所选择的家

系必然出现差异。综合考虑，入选率宜为 10%。按 10% 入选率所选出的 9 个优良半同胞家系为：95-50 #、51-109 #、89-9 #、43-79 #、44-17 #、90-51 #、49-108 #、48-101 # 和 47-66 #。所选出的这些优良半同胞家系林木其树高、胸径与材积生长均排名在所有半同胞家系前列。不同选择强度下生长量性状的遗传增益结果见表 5。

表 4 马尾松半同胞家系与对照(CK)林木生长差异比较

Table 4 Comparison with CK for stand means of DBH, height and timber volume of *P. massoniana*

性状 Trait	家系平均 Mean of families	优良广东种源平均值 Mean of CK	生长量>对照的家系数 Number of families for increment more than that of CK			
			总数	10%	20%	30%
胸径 DBH/cm	15.62	18.71	14	6	1	0
树高 Height/m	8.38	8.16	65	22	2	0
材积 Timber volume/m ³	0.082 7	0.107 7	18	14	8	5

表 5 树高、胸径和材积不同入选率时的遗传增益

Table 5 Genetic gain of height, DBH and stem volume at different selection ratios

入选率 Selection ratio	入选强度 Selection density	树高遗传增益 Height genetic gain	胸径遗传增益 DBH genetic gain	材积遗传增益 Timber volume genetic gain	%
10	1.75	13.37	25.57	51.53	
20	1.40	10.70	20.46	41.23	
30	1.16	8.86	16.95	34.16	

3 讨论

马尾松半同胞家系子代测定林的胸径、树高、材积和枝下高等生长量性状在家系间存在极显著差异，说明根据表型选择得到的优树所建立的无性系种子园后代分化明显，可以从中选择出生产力高的优良家系。

马尾松人工子代林各家系间的胸径、树高、材积和枝下高存在极显著差异。大部分半同胞家系林木个体表现都超过对照，证明表型选择是有效的。在入选率为 20% 时，选择的优良家系中，可望获得树高、胸径及材积遗传增益分别为 10.70%、20.46% 及 41.23%；在入选率为 10% 时，则分别为 13.37%、25.57% 及 51.53%。

以树高、胸径和材积生长量作为选择指标，按照 10% 的入选率选出的 9 个优良半同胞家系，其生长量由大到小依次为 47-66 #、48-101 #、43-79 #、44-17 #、49-108 #、90-51 #、89-9 #、51-109 # 和 95-50 #。

致谢：本试验外业工作得到华中农业大学园艺林学院康乐、陈红、王秀建、刘张栋、刘金来等同学的大力帮助，在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 全国马尾松种子园课题协作组. 马尾松种子园建立技术论文集 [M]. 北京: 学术书刊出版社, 1990: 155-203; 275-313.
- [2] 周志春, 金国庆, 周世水, 等. 马尾松自由授粉家系生长和材质遗传分析及联合选择[J]. 林业科学研究, 1994, 7(3): 253-257.
- [3] 郑华仁, 蔡天贵, 陈国金, 等. 马尾松优树子代测定及速生优良家系选择的研究[J]. 福建林业科技, 1998, 25(3): 11-16.
- [4] 龙广生, 李午平, 葛宜和, 等. 马尾松半同胞优良家系选择研究[J]. 中南林学院学报, 2002, 22(1): 17-22.
- [5] 王鹏程, 刘宗友, 戴新平, 等. 运用动态规划进行湖北省太子山马尾松纸浆林密度调控[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(4): 382-386.
- [6] 杨模华, 张冬林, 李志辉, 等. 马尾松嫩茎愈伤组织诱导与增殖[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(5): 631-636.
- [7] 周志春. 马尾松实生种子园遗传分析和育种值预测[J]. 林业科学研究, 1999, 12(2): 132-138.

- [8] 徐立安,王章荣,曹汉洋,等.福建省马尾松优树自由授粉子代变异及分析[J].福建林学院学报,1999,19(2):114-117.
- [9] 季孔庶,樊民亮,徐立安.马尾松无性系种子园半同胞子代变异分析和家系选择[J].林业科学,2005,41(6):43-49.
- [10] 王鹏程,庄尔奇,涂炳坤,等.湖北省马尾松人工林削度方程及材种出材率表的研究[J].华中农业大学学报,2001,20(1):67-72.
- [11] 范林元,赖焕林,季孔庶,等.马尾松实生种子园家系遗传值估算与优良家系评选[J].东北林业大学学报,2004,32(4):3-5.
- [12] 邵崇斌.概率论与数理统计[M].北京:中国林业出版社,2004:200-210.
- [13] 王明庶,张培果.林木育种学概论[M].北京:中国林业出版社,1989.
- [14] 杜克兵,许林,沈宝仙,等.黑杨派杨树杂交子代的遗传分析及苗期选择[J].华中农业大学学报,2009,28(5):624-630.

Genetic Gain of Analysis on Half-Sib Progenies Family of *Pinus massoniana*

DU Lin-feng¹ CHEN Yong¹ KE Zun-fa¹ GAO Da-xiong¹

XIE Yan-feng² ZOU Jie² LIU Hui-ping² JIA Xiu-hong² ZHANG Zhuo-wen²

1. Taizishan Forestry Bureau, Hubei Province, Jingshan 431800, China;

2. College of Horticulture and Forestry, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract Using 16-years-old half-sib progenies of *Pinus massoniana* stand from seed orchard of Jingshan County, Hubei Province as materials, growth factors such as diameter at breast height (DBH), tree height, height under branch, crown diameter and timber volume were measured. Results showed that there were significant differences of growth factors measured among different half-sib progenies, indicating that there were abundant genetic variation among half-sib progenies family and potentials for selection. The heritability of height, DBH and timber volume of 16-years-old *Pinus massoniana* stand were 0.843 5, 0.740 5 and 0.750 6, respectively. According to the heritability value, height, timber volume and DBH could be used as selection indexes. Using 10% as selection ratio, 9 superior half-sib progenies families could be selected with genetic gains of height, DBH and timber volume were 13.37%, 25.57% and 51.53%, respectively.

Key words *Pinus massoniana*; half-sib progeny family; heritability; genetic gain

(责任编辑:杨锦莲)