

文章编号:1001—7380(2022)01—0008—06

浙江楠实生苗种子园母树生长与结实性状评价

刘海燕¹,周生财²,俞金健¹,陈新峰¹,吴小林^{2*}

(1. 浙江农林大学省部共建亚热带森林培育国家重点实验室,浙江 杭州 311300;2. 浙江省庆元县林场,浙江 庆元 323800)

摘要:选择优良家系及单株作为营建浙江楠种子园的亲本以及现有种子园管理依据,可以实现种子园高产稳产,提高种子园遗传品质以及遗传增益。通过对庆元县实验林场营建浙江楠实生苗种子园8年生43个家系的生长性状和结实性状调查,经方差分析、遗传力估算及聚类分析表明,43个家系的各性状在家系间均存在显著或极显著差异,各性状平均变异系数为8.88%—18.48%,家系遗传力0.45—0.73,单株遗传力0.14—0.55。相关分析表明生长性状间均存在极显著正相关;经聚类分析可将群体分为4个类群,其中类群2和类群3中家系具有更优的生长与结实表现,研究结果将为浙江楠实生苗种子园疏伐改造及新一代种子园营建提供科学依据。

关键词:浙江楠;实生苗种子园;母树;遗传变异;遗传力

中图分类号:S722.8⁺3;S792.24

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2022.01.002

Evaluation of growth and seed characters of trees in the *Phoebe chekiangensis* seedling orchard

Liu Haiyan¹, Zhou Shengcai², Yu Jinjian¹, Chen Xinfeng¹, Wu Xiaolin^{2*}

(1. The State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang A & F University, Hangzhou, 311300, China;

2. Qingyuan Experimental Forest Farm of Zhejiang, Qingyuan 323800, China)

Abstract: By selecting the elite provances and single strain of *Phoebe chekiangensis* as parents, the seed orchard could be erected to achieve high and stable yield, improve genetic quality and genetic gain. In this article, the growth and fruiting traits of 43 provances of the aged 8 *P. chekiangensis* in seed orchard, Qingyuan Experimental Forest Farm, were investigated. The results of their variance analysis, heritability estimation and cluster analysis showed a significant differences among these provances. The coefficient of variation of each character ranged from 8.88% to 18.48%. The provance heritability was between 0.45 to 0.73, and individual heritability was between 0.14 to 0.55. Correlation analysis showed a significant positive correlation between growth traits. Through cluster analysis, they could be divided into four groups, in which Group 2 and Group 3 had better growth and seed setting performance.

Key words: *Phoebe chekiangensis*; Seedling orchard; Parent tree; Genetic variation; Heritability

浙江楠(*Phoebe chekiangensis*)主要分布于浙江、安徽、江西和福建等地,其木材纹理优美,材质坚韧伴有清香,耐腐强,是制作家具的上等用材,属高品材“金丝楠”的原植物之一^[1-2]。因人为采伐、气候变化、更新缓慢等因素,浙江楠资源片段化严重,分

布零星,种群数量稀少,被列为国家Ⅱ级保护植物^[3]。

自20世纪60年代在浙江发现浙江楠^[4]后,针对其资源状况、生物多样性、种子萌发及育苗技术和造林技术等开展了大量的研究工作^[5]。在这些工作的基础上,为了保证浙江楠良种种苗的生产,

收稿日期:2021-12-08;修回日期:2021-12-28

基金项目:浙江省农业新品种选育重大科技专项“高档家具用材树种新品种选育”(2021C02070-10)

作者简介:刘海燕(1995-),女,湖南宁乡人,硕士。主要从事林木遗传育种方面研究。

* 通信作者:吴小林(1966-),浙江庆元人,工程师。主要从事森林经营和林木种苗生产及培育技术推广工作。

并为浙江楠遗传改良工作的开展提供平台,浙江省庆元县林场首次建立了浙江楠家系种子园。种子园作为生产遗传品质和播种品质兼优的林木种子的重要良种繁育基地,选择生长好、结实优良的母树是种子园营建优先考虑的问题。长期以来,育种者在白桦 (*Betula platyphylla*)^[6]、水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*)^[7]、木荷 (*Schima superba*)^[8]、马尾松 (*Pinus massoniana*)^[9]、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)^[10]、油松 (*Pinus tabulaeformis*)^[11]、樟子松 (*Pinus sylvestris*)^[12]、红松 (*Pinus koraiensis*)^[13]等种子园中开展生长性状和结实性状的变异研究,筛选出生长优良、结实良好的家系或无性系,为高效营建和管理种子园提供了材料和依据。借鉴其他树种经营种子园的经验,针对种子园母树开展生长性状与结实性状的测定工作,筛选优树,同时配合良好的经营模式,可显著提高种子园产量。

本研究以浙江省庆元县林场浙江楠实生苗种子园家系为研究对象,测定与分析家系间树高、胸径等生长性状与结实量、百粒重等结实性状,经方差分析、相关分析和聚类分析,综合评价生长和结实性状在家系间及家系内的变异及其规律,为浙江楠实生苗种子园去劣疏伐及新一代种子园营建提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验地点为浙江省丽水市庆元县(27°33'N, 118°58'E)庆元实验林场浙江楠实生苗种子园。亚热带季风气候,年平均气温为17.4℃,降水量为1 760—2 350 mm,无霜期247—193 d。

庆元实验林场浙江楠实生苗种子园始建于2014年春,建园材料来自于浙江杭州、宁波、台州、温州、丽水,江西抚州、上饶,安徽黄山,福建三明等地市,共25个种源88个家系的2年生实生容器苗家系,每个家系种植10—60株,按完全随机配置,种植前开垦宽1 m水平带,水平带距4 m,种植株距3 m。挖大穴加施基肥,每年机械割草抚育2次,施复合肥每株0.25 kg。目前长势优良,无严重病虫害。选择种子园内立地条件相对一致、株数30株以上的43个家系进行调查,于2019年11月开展试验。

1.2 种子园母树结实量及生长量调查

于2019年11月,对种子园43个家系进行全株采种调查,测量其树高、胸径、冠幅和树冠厚度,统计每个家系结实植株的数量,并分别按单株采集果实并称量,果实脱皮后称量种子百粒质量。

1.3 数据处理

采用Excel 2010和SPSS 22软件作分析浙江楠43个家系生长性状的平均值、标准差、方差分量、机误、显著性与相关性分析。结实性状相关数据经反正弦化处理后开展方差分析和显著性检验计算。

变异系数 $CV=(SD/MN) \times 100\%$,式中, SD 为标准差, MN 为平均值。

参照乔纳森·W.赖特等^[14]方法估算遗传力,其中家系遗传力(h_F)估算: $h_F=(MS_F-MS_E)/MS_F$,式中 MS_F 为家系方差, MS_E 为家系内方差;

单株遗传力(h_i)估算: $h_i=\frac{4\sigma_F^2}{\sigma_F^2+\sigma_E^2}$,式中, σ_F 为家系间的方差分量, σ_E 为机误。

2 结果与分析

2.1 浙江楠实生苗种子园8年生家系性状的变异

2.1.1 生长性状的变异 表1为浙江楠实生苗种子园8年生43个家系的生长情况。可见,43个家系的平均树高为3.97 m,均值变幅为3.63—5.20 m,变异系数为15.00%。其中,5号家系的平均高最大(5.20 m),14号家系内具有最高的单株(7.10 m),13号家系的平均高最小(3.63 m)。43个家系胸径均值为7.59 cm,单株胸径4.59 cm(14号家系)—13.04 cm(41号家系)。其中,5号家系平均胸径最大(9.53 cm),其次是35号与34号家系,分别高于均值18.45%和13.57%。家系平均冠幅2.67 m,均值变幅为2.31—3.36 m;平均树冠厚度2.9 m,平均变异系数18.48%。5号家系的4个生长性状均值均排名第1,生长优势明显,树高、胸径分别高于均值30.98%和25.56%。

如表3所示,经各性状方差分析知,浙江楠实生苗种子园8年生家系植株的4个生长性状在家系间均具有极显著差异($P<0.01$)。可见,浙江楠家系间、家系内生长性状遗传变异丰富,在进行种子园疏伐改造或营建下一代种子园时筛选速生家系及其优良个体具有较大潜力。

表 1 浙江楠实生苗种子园 8 年生 43 个家系生长性状

家系号	树高			胸径			冠幅			树冠厚度		
	均值 /m	变幅 /m	变异系 数/%	均值 /cm	变幅 /cm	变异系 数/%	均值 /m	变幅 /m	变异系 数/%	均值 /m	变幅 /m	变异系 数/%
1	3.86	2.80—5.55	18.57	7.15	5.10—9.620	18.44	2.53	1.45—3.35	22.97	2.76	1.90—4.00	22.16
2	3.90	3.10—4.95	10.73	6.95	5.02—10.04	16.53	2.54	2.05—3.05	13.08	2.84	2.10—3.60	11.95
3	4.06	3.20—5.10	12.30	7.19	4.93—8.35	13.83	2.68	1.85—3.25	12.29	2.94	1.90—4.00	16.54
4	3.95	3.30—4.70	9.32	7.31	5.27—9.93	14.81	2.68	2.00—3.25	14.66	2.80	2.20—3.50	12.09
5	5.20	3.30—6.50	18.26	9.53	5.89—11.88	14.53	3.36	1.70—4.30	18.79	3.85	2.10—5.20	23.13
6	4.16	3.10—5.70	14.80	8.00	5.06—11.05	18.56	2.83	1.45—3.85	17.88	2.97	2.00—4.30	17.96
7	4.24	3.00—6.00	18.91	8.41	6.2—10.57	13.31	2.97	1.50—4.00	23.21	3.09	2.00—4.80	23.99
8	4.13	3.00—5.20	13.09	7.55	5.33—9.65	12.28	2.83	2.30—3.10	8.55	2.99	2.10—4.00	16.01
9	3.71	2.80—5.00	15.95	6.99	5.25—10.16	17.73	2.71	1.75—3.95	16.74	2.66	1.90—3.90	20.29
10	4.13	3.20—6.40	16.61	7.61	6.04—10.79	16.82	2.67	1.60—3.75	18.07	2.99	2.00—4.90	20.93
11	3.99	3.20—4.60	10.15	7.50	5.33—9.05	14.48	2.67	1.35—3.33	16.50	2.93	2.20—3.70	14.32
12	4.13	3.20—6.00	19.89	8.00	5.88—9.97	18.47	2.79	1.35—3.70	26.94	2.86	2.00—4.90	27.34
13	3.63	2.60—4.90	18.43	8.01	5.84—9.58	12.55	2.69	1.35—3.30	22.52	2.54	1.70—3.60	24.72
14	4.41	2.80—7.10	27.85	7.18	4.59—10.73	24.80	2.50	1.45—3.10	18.56	3.19	1.60—5.40	32.48
15	4.54	3.30—6.50	19.77	7.30	4.62—10.39	22.49	2.75	2.10—3.50	13.06	3.27	2.30—4.90	21.97
16	4.09	3.30—5.50	13.77	7.40	6.55—8.53	7.72	2.87	2.05—3.55	11.47	3.02	2.30—4.00	15.87
17	3.98	3.20—6.30	18.50	6.79	4.56—9.53	17.47	2.52	1.80—3.10	15.25	2.81	2.00—4.90	25.97
18	3.68	3.00—4.50	12.01	6.83	5.01—9.53	16.36	2.47	1.45—3.00	21.06	2.60	2.00—3.40	14.73
19	4.04	3.10—4.80	11.50	7.40	5.91—9.62	15.96	2.73	2.15—3.55	15.12	2.88	2.10—3.70	14.57
20	4.22	3.00—5.30	19.76	7.13	5.75—8.38	15.15	2.78	1.35—4.00	29.46	2.98	2.00—3.90	23.77
21	3.93	2.70—5.10	14.81	7.75	5.90—9.44	15.12	2.59	1.35—3.25	17.66	2.87	1.60—4.00	21.15
22	3.91	3.10—5.10	15.97	8.03	5.75—10.59	17.14	2.58	1.40—3.10	17.90	2.89	2.20—4.00	16.99
23	4.02	3.10—5.60	16.49	8.02	5.10—10.67	19.55	2.72	2.15—3.10	11.45	2.91	2.20—4.40	19.30
24	3.87	3.20—4.50	10.19	7.47	5.01—10.04	18.55	2.51	1.55—3.45	19.86	2.87	2.40—3.60	11.12
25	3.83	2.90—4.80	15.64	7.71	5.09—10.72	19.19	2.71	1.90—3.00	12.37	2.85	2.10—3.80	17.25
26	3.79	2.70—4.80	14.46	7.25	4.91—10.59	20.45	2.48	1.75—3.00	15.56	2.74	2.00—3.50	15.41
27	3.80	3.10—4.60	10.93	7.09	4.78—9.05	15.89	2.50	1.45—3.10	17.20	2.81	2.30—3.60	15.08
28	3.90	3.00—5.00	13.01	7.47	5.45—10.22	19.92	2.59	2.00—3.75	15.95	2.79	2.10—3.70	17.37
29	3.91	3.00—4.70	15.60	7.85	5.19—10.23	15.37	2.66	1.95—3.20	12.03	2.91	1.90—3.60	18.25
30	3.80	2.50—4.8	17.92	7.20	4.88—10.05	23.18	2.56	1.45—3.30	18.51	2.79	1.80—3.70	18.59
31	3.69	3.00—4.50	13.52	6.97	4.64—9.43	22.63	2.57	1.90—3.00	14.74	2.71	1.80—3.50	19.21
32	3.89	3.00—4.70	12.42	7.31	6.33—8.36	8.23	2.58	1.65—3.00	12.56	2.88	2.10—3.60	14.30
33	3.79	2.90—4.60	16.48	8.20	7.40—10.00	9.94	2.31	1.35—3.10	25.55	2.78	2.10—3.70	21.70
34	3.83	3.00—5.20	19.65	8.62	6.68—11.74	21.98	2.53	1.40—3.05	27.35	2.70	1.80—3.80	25.89
35	4.16	3.20—5.00	15.47	8.99	7.29—10.92	13.84	2.73	1.45—3.10	20.17	3.05	2.10—3.70	18.95
36	3.69	2.80—4.50	12.23	7.88	5.42—10.06	15.70	2.43	1.35—3.05	23.33	2.64	1.80—3.30	15.95
37	3.88	3.00—5.00	13.26	7.53	5.04—10.47	20.28	2.61	1.40—3.05	17.52	2.83	1.90—3.60	15.89
38	3.75	2.80—4.60	14.58	8.05	5.02—10.65	19.82	2.62	1.45—4.00	24.00	2.79	1.90—3.70	17.93
41	4.04	3.10—5.50	15.55	7.64	5.02—13.04	26.39	2.75	2.05—4.10	17.20	2.95	2.00—3.90	17.27
42	3.71	3.00—4.30	10.37	7.40	5.19—10.89	20.05	2.66	2.00—3.80	16.74	2.71	2.10—3.30	12.83
45	3.72	2.90—4.50	12.19	7.27	5.74—9.81	16.63	2.58	1.35—3.80	24.14	2.70	1.90—3.30	13.66
48	3.94	3.30—4.50	9.87	7.76	5.88—10.49	16.58	2.69	2.25—3.15	10.16	2.89	2.40—3.60	11.92
51	3.92	2.80—5.00	14.23	7.49	5.77—9.55	14.84	2.74	2.10—3.60	13.06	2.89	1.80—4.00	18.04
平均值	3.97	—	15.00	7.59	—	17.06	2.67	—	17.70	2.90	—	18.48

2.1.2 结实性状的变异 43 个家系的结实性状分析结果显示(见表 2),家系平均单株结实率为 28.14%,其中 15 号和 19 号家系的结实率超过 50%,而 2 号和 30 号家系的结实率低于 10%。43 个家系的平均单株结实量为 26.27 g,其中 38 号家

系的平均单株结实量最大(138.81 g),家系内单株最大结实量达 2 188.6 g,表现出家系间与家系内单株间显著的结实差异;平均家系百粒质量 23.19 g,家系平均变幅 15.71—30.40 g。其中,14 号家系的平均百粒质量和家系内单株百粒质量均最高。38

号和 14 号家系的结实性状在 43 个家系中最为突出,其结实株占比 50%,平均单株结实量高于家系总均值 5 倍以上,14 号家系的百粒质量高于家畜总均值 31.09%。

表 2 浙江楠实生苗种子园 8 年生 43 个家系植株结实性状

家系号	平均单株结实量		结实株比例/%	百粒质量		
	均值 /g	变幅 /g		均值 /g	变幅 /g	变异系数/%
1	15.41	0.0—137.4	22.22	21.92	21.39—22.94	3.16
2	3.62	0.0—51.2	9.09	21.04	19.00—23.08	13.72
3	25.32	0.0—184.2	40.91	19.91	16.04—23.64	14.20
4	12.42	0.0—99.4	22.22	23.26	21.81—24.49	4.75
5	36.27	0.0—584.0	36.36	23.86	20.41—26.91	10.95
6	3.42	0.0—40.0	14.29	19.52	15.90—21.41	16.05
7	15.52	0.0—114.6	34.62	20.22	18.58—22.94	7.20
8	17.54	0.0—104.6	40.00	21.87	19.42—24.77	7.72
9	12.48	0.0—113.6	37.50	19.47	17.45—21.93	7.26
10	14.76	0.0—91.6	25.00	23.45	20.12—25.19	8.56
11	27.08	0.0—266.8	40.00	22.94	20.69—25.19	7.38
12	15.02	0.0—83.7	35.71	20.41	19.00—21.67	5.72
13	9.98	0.0—122.8	15.79	21.26	20.69—22.24	3.98
14	135.77	0.0—1746.2	50.00	30.40	28.15—32.37	4.50
15	133.93	0.0—632.2	58.82	25.41	23.64—27.20	5.03
16	24.30	0.0—125.8	35.00	26.62	25.19—28.15	4.68
17	44.02	0.0—377.5	33.33	25.71	21.39—30.96	16.32
18	6.46	0.0—114.3	10.53	26.32	25.89—26.74	2.27
19	31.04	0.0—153.3	52.63	23.11	21.39—24.49	4.78
20	18.93	0.0—96.8	50.00	16.27	14.35—18.58	11.09
21	5.18	0.0—49.6	17.65	15.71	13.79—17.45	11.69
22	33.90	0.0—509.8	35.00	20.45	18.58—22.00	5.96
23	15.05	0.0—97.8	31.25	17.51	14.78—21.40	17.11
24	24.07	0.0—265.0	26.67	21.40	19.42—24.40	9.97
25	2.85	0.0—22.2	13.33	18.29	18.01—18.58	2.18
26	9.10	0.0—36.4	26.67	20.48	17.45—25.33	16.69
27	43.32	0.0—570.6	29.41	27.85	23.50—38.40	9.27
28	6.91	0.0—50.4	17.65	26.46	25.05—28.15	5.92
29	10.39	0.0—88.6	29.41	26.24	23.50—28.29	7.08
30	1.04	0.0—17.6	5.88	25.75	22.77—28.52	8.30
31	6.09	0.0—47.1	22.22	24.84	23.64—26.04	6.81
32	6.10	0.0—57.8	20.00	20.22	18.58—21.53	7.44
33	4.33	0.0—20.6	25.00	16.39	15.76—17.03	5.46
34	10.48	0.0—43.8	25.00	17.87	14.64—21.11	25.61
35	35.60	0.0—197.4	37.50	23.70	18.30—27.00	19.91
36	17.86	0.0—174.6	23.53	24.96	21.00—27.30	10.97
37	4.00	0.0—59.2	15.00	29.27	28.85—29.98	2.10
38	138.81	0.0—2188.6	50.00	24.63	19.00—31.10	16.58
41	25.89	0.0—224.2	11.76	26.1	24.00—28.20	11.38
42	4.53	0.0—43.6	13.33	24.56	22.94—26.18	9.32
45	8.25	0.0—104.6	12.50	28.08	27.44—28.71	3.19
48	14.93	0.0—109.4	33.33	26.78	25.05—28.29	5.00
51	35.12	0.0—567.8	23.81	27.32	25.89—28.43	3.80
平均值	26.27	—	28.14	23.19	—	8.88

家系结实性状方差分析列于表 3。可见,种子园 43 个家系的百粒质量具有极显著差异 ($P<0.01$)。可见,浙江楠实生苗种子园 8 年生植株家系间以及家系内的结实性状变异丰富,具有筛选优良结实家系及单株的潜力。

表 3 浙江楠实生苗种子园 8 年生 43 个家系各性状方差分析

性状	变异来源	df	均方	F 值	P 值
树高	家系间	42	1.483	3.724	0.000
胸径	家系间	42	5.333	3.085	0.000
冠幅	家系间	42	0.539	2.369	0.000
树冠厚度	家系间	42	0.872	2.766	0.000
百粒质量	家系间	42	63.891	13.557	0.000

2.2 浙江楠实生苗种子园 8 年生家系性状的遗传力

估算浙江楠实生苗种子园 8 年生家系 6 个性状的家系遗传力与单株遗传力(见表 4)。结果显示各性状的家系遗传力 0.30—0.73,单株遗传力 0.10—0.55。其中,树高的家系遗传力和单株遗传力均最大,而百粒质量遗传力最低。生长性状的遗传力高于结实性状,且其家系遗传力均大于 0.5,单株遗传力均大于 0.3,说明开展家系选择或单株选择具有良好遗传基础。结实性状的遗传力低于生长性状,可能与种子园处于早期实生单株母树的结实量受环境影响较大有关。

表 4 浙江楠实生苗种子园 8 年生家系性状遗传力估值

性状	家系遗传力	单株遗传力
树高	0.73	0.55
胸径	0.68	0.43
冠幅	0.58	0.30
树冠厚度	0.64	0.37
百粒质量	0.45	0.14

2.3 浙江楠实生苗种子园 8 年生家系性状的相关性及其聚类分析

2.3.1 家系性状的相关性 浙江楠实生苗种子园 8 年生植株 6 个性状间的相关性见表 5。结果显示,4 个生长性状间存在极显著正相关($P<0.01$),且平均单株结实量与树高、树冠层厚度呈极显著正相关($P<0.01$),但与胸径、冠幅呈不显著正相关关系。可见,在浙江楠生长早期,其早实性(结实株比例)、单株结实量与其生长呈正相关,生长优良的单株能

获得更多的光照与肥力条件,能促使其提早结实且有较高的结实量。单株结实量与百粒质量存在显著正相关关系($P<0.05$),说明浙江楠群体早期结实量高的家系种实大,品质也较好。

表 5 浙江楠实生苗种子园 8 年生家系性状的相关性分析结果

性状	树高	胸径	冠幅	树冠厚度	平均单株结实量	百粒质量
树高	1	0.445 **	0.742 **	0.969 **	0.371 **	0.034
胸径		1	0.498 **	0.470 **	0.010	-0.242
冠幅			1	0.731 **	0.040	-0.041
树冠厚度				1	0.379 **	0.077
平均结实量					1	0.354 *
百粒质量						1

注: * 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关; ** 表示在 0.01(双侧)水平上极显著相关。

2.3.2 家系聚类分析 基于 4 个生长性状和 2 个结实性状对浙江楠实生苗种子园 8 年生 43 个家系进行聚类分析(见图 1),结果显示 43 个浙江楠家系可划分为 4 个类群。类群 1 中包含 4 个家系,类群 4 中包含 21 个家系。由表 6 可知,这 2 个类群内的浙江楠家系的生长性状和结实性状均普遍较小。而类群 2 和类群 3 包含的浙江楠家系生长和结实性状较优,其中类群 2 的 6 个家系具有更优良的生长性状,平均胸径 7.98 cm、平均冠幅 2.7 m;类群 3 的 12 个家系则表现出更好的结实能力,平均单株结实量 108.6 g,是总均值的 4 倍,百粒质量为 26.64 g,高于总均值 14.88%。

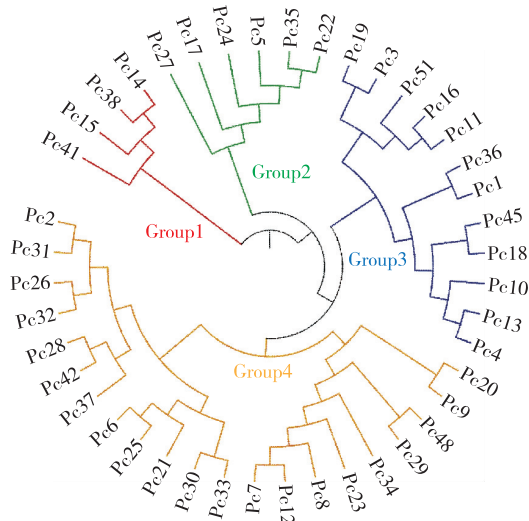


图 1 浙江楠实生苗种子园 8 年生 43 个家系 UPGMA 聚类图

表 6 不同类群的平均生长与结实性状

类群	树高/m	胸径/cm	冠幅/m	树冠厚度/m	平均结实量/g	百粒质量/g
Group 1	3.90±0.177	7.42±0.319	2.65±0.123	2.81±0.159	19.00±9.380	24.10±2.559
Group 2	4.15±0.527	7.98±1.086	2.70±0.334	3.05±0.403	36.20±7.275	23.83±2.722
Group 3	4.19±0.359	7.54±0.390	2.66±0.120	3.05±0.220	108.60±55.177	26.64±2.581
Group 4	3.92±0.167	7.62±0.475	2.65±0.144	2.85±0.110	8.93±5.487	21.34±3.913

注:表内数据为平均值±标准差。

3 讨论与结论

遗传、变异和选择是生物进化和新品种选育的 3 大因素,研究林木的遗传和变异是林木遗传改良的重要基础^[15]。种子园亲本选择的目的是选择生长健壮、遗传品质好、产量高的建园材料,目标性状主要包括生长性状、开花结实性状、种实质量性状^[16]。种子园早期产量低,在一定程度上影响了林木良种进化进程。诸多研究人员研究提出,针对解

决种子园早期结实量低的措施集中于水肥管理,种子园选址和配置,而最重要的是选择优良的建园材料,以实现种子园的高产稳产^[17]。本研究系统调查了庆元浙江楠实生苗种子园的 43 个家系生长性状、结实性状,发现家系间各性状均具有显著或极显著差异,为选择优良家系及单株奠定了基础,可以对种子园母本家系材料进行分析评价及选择,为当代选择以及二代种子园亲本选择提供科学依据。

程琳^[18]认为表型变异系数可以衡量各性状的

选择潜力,当变异系数超过10%时预示着个体间存在较大变异,且性状变异系数越大,个体间变异越大,其遗传多样性也越大。浙江楠实生苗种子园中43个家系的树高、胸径、冠幅的变异系数分别为15.00%、17.06%、17.70%,各性状的变异系数均高于10%,且树高变异系数接近胸径,这与红松半同胞家系的变异分析结果类似^[19]。遗传力是家系选择与单株选择的重要依据,遗传力越高,性状遗传越稳定^[20]。浙江楠实生苗种子园各性状家系遗传力为0.45—0.73、单株遗传力0.14—0.55,均表现出较高的遗传力,表明各性状具有良好的遗传稳定性,有利于优良家系及单株的评价和选择。由各性状间的相关性分析发现,浙江楠各性状间均存在正相关。除平均单株结实量与胸径、冠幅的相关性不显著外,其余都表现为极显著正相关。说明浙江楠早期结实量与生长状况呈正相关关系,选择建园材料时可同时考虑选择生长性状与结实性状优良的家系及个体。杜群超等^[21]在研究日本落叶松种子园时发现其生长性状与结实性状存在显著正相关,并指出选择优良家系时要兼顾生长性状和结实性状。针对实生苗种子园而言,浙江楠生长与结实的一致性可加速其良种化进程,且结实预示着,浙江楠实生苗种子园早期经营过程中可通过合理施肥、控制密度等措施促进树木生长,进而有效地增加种子园早期产量。43个家系的生长及种实性状差异较大,都存在较为丰富的变异,各性状在家系间都存在显著或极显著的差异表明存在较高的遗传多样性,具有选择优良家系及单株的潜力。

聚类分析可通过综合多种表型进行分类,从而评价和筛选优良品种^[22]。本研究基于6个性状可将43个家系分为4个类群,其中类群2家系具有更大的生长优势,类群3家系则具有更高的结实性能。选择该类优良家系,可作为浙江楠种子园疏伐改造与营建高世代种子园的母本材料,加快浙江楠遗传改良进程。

参考文献:

- [1] 吴初平,邹慧丽,袁位高,等.浙江楠适生环境研究[J].浙江林业科技,2013,33(2):1-4.
- [2] 李因刚,柳新红,马俊伟,等.浙江楠种群表型变异[J].植物生态学报,2014,38(12):1315-1324.
- [3] 陆云峰,裴男才,朱亚军,等.浙危植物浙江楠群落结构及叶片性状多样性[J].应用生态学报,2018,29(7):2101-2110.
- [4] 向其柏.桢楠属一新种——浙江楠[J].植物分类学报,1974,12(3):295-297.
- [5] 王松,方芳,范正文,等.浙江楠研究现状及濒危保护建议[J].华东森林经理,2019,33(3):19-24.
- [6] 姜静,杨光,祝泽兵,等.白桦强化种子园优良家系选择[J].东北林业大学学报,2011,39(1):1-4.
- [7] 张骁,王井源,高海燕,等.水曲柳无性系种子园母树生长性状评价[J].北华大学学报(自然科学版),2014,15(4):527-530.
- [8] 黄宇.木荷无性系种子园生长与结实性状的初步研究[J].热带作物学报,2017,38(2):213-217.
- [9] 周增亮,胡冬南,晏雨鸿,等.马尾松第二代种子园不同无性系生长性状和种实性状差异研究[J].河南农业大学学报,2020,54(4):566-574,581.
- [10] 陈苏英,马祥庆,吴鹏飞,等.1.5代杉木种子园不同无性系生长和结实性状的评价[J].热带亚热带植物学报,2014,22(3):281-291.
- [11] 吕志华,王生军,樊程远,等.油松种子园无性系再选择及优良家系的评价[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2004(4):62-66.
- [12] 李嘉琪,韩喜东,马盈慧,等.樟子松无性系生长性状与结实量变异研究[J].植物研究,2020,40(2):217-223.
- [13] 闫平玉,王鹏,杨维满,等.红松种子园结实性状分析及优良无性系选择[J].森林工程,2020,36(6):19-29.
- [14] 乔纳森·W·赖特,郭锡昌,胡承海.森林遗传学[M].北京:中国林业出版社,1981.
- [15] DESPONT M, PERRON M, DEBLOIS J. Rapid assessment of wood traits for large-scale breeding selection in *Picea mariana* [Mill.] B. S. P[J]. Annals of Forest Science, 2017, 74(3):53.
- [16] 古巧云,胡德活,黄光亮,等.南洋楹无性系种子园生长种实评价[J].中南林业科技大学学报,2019,39(4):16-21.
- [17] 王章荣.国外种子园研究热点及对我国营建高世代种子园的启示[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(1):161-166.
- [18] 程琳.杉木半同胞家系生长与材性联合选育研究[D].南宁:广西大学,2016.
- [19] 刘晓婷,李嘉琪,李峪曦,等.红松半同胞家系变异分析及优良家系选择[J].分子植物育种,2020,18(13):4473-4482.
- [20] MANIEE M, KAHRIZI D, MOHANMMADI R. Genetic variability of some morpho-physiological traits in durum wheat (*Triticum durum* var. Durum) [J]. Journal of Applied Sciences, 2009, 9(7):1383-1387.
- [21] 杜超群,赵虎,袁慧,等.日本落叶松种子园母树生长及种实性状评价[J].福建林学院学报,2019,39(1):32-36.
- [22] 吉德娟,张得芳,于倩.柴达木盆地唐古特白刺的表型多样性[J].中南林业科技大学学报,2021,41(10):57-66.