

23 年生落羽杉优良家系及优良单株配合选择

江津凡¹, 丁次平^{1*}, 张凌云¹, 胡兴宜²

(1. 湖北省林业科学研究院荆州分院, 湖北荆州 434020; 2. 湖北省林业科学研究院, 湖北武汉 430075)

摘要 通过对江汉平原 23 年生落羽杉 15 个家系子代测定林的胸径、树高和材积进行调查和分析, 结果表明: 不同家系间的胸径、树高和材积差异极显著, 胸径、树高和材积性状家系遗传力均在 44% 以上, 各性状受到中等强度的遗传控制, 其中胸径家系遗传力最大为 53.53%; 利用育种值评分法和性状表现水平分析法从 15 个参试家系中选出 5 个优良家系, 用 2 种方法选出的家系完全一致, 胸径、树高和材积平均遗传增益分别为 2.04%、0.88% 和 4.29%, 平均现实增益分别为 3.81%、2.00% 和 8.54%, 并在优良家系的基础上再选出优良单株 13 株, 其平均胸径、树高和材积分别为 32.35 cm、20.38 m 和 0.806 1 m³。所选出的优良家系和优良单株生长优势明显, 可作为优良遗传材料进行保存和利用。

关键词 落羽杉; 子代测定林; 优良家系; 优良单株; 江汉平原

中图分类号 S722 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)11-0124-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.11.037



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Combination Selection of Excellent Families and Plus Tress of *Taxodium distichum*

JIANG Jin-fan, DING Ci-ping, ZHANG Ling-yun et al (Jingzhou Branch of Hubei Academy of Forestry, Jingzhou, Hubei 434020)

Abstract Progeny test was conducted on diameter at breast height(DBH), tree height, stem volume of 15 families of 23 years old *Taxodium distichum* in Jiangnan Plain. The result showed there were significant differences among families on DBH, tree height and stem volume. The family heritability of DBH, tree height and volume were above 44% and DBH was up to 53.53%, the growth characters were mainly controlled by genetic factors. 5 excellent families were selected according to grading of breeding value and performance level of phenotypic traits, the two methods selected five identical families, their average genetic gains were 2.04%, 0.88% and 4.29%, and the real gains were 3.81%, 2.00% and 8.54%. The average tree height, DBH and volume of 13 excellent plus trees were 32.35 cm, 20.38 m and 0.806 1 m³. The selected excellent families and plus trees had obvious growth advantage and should be preserved as excellent genetic materials.

Key words *Taxodium distichum*; Progeny test forest; Excellent family; Excellent plus trees; Jiangnan Plain

落羽杉原产于北美洲东南部, 20 世纪 20 年代引种至我国, 现以长江中下游地区栽培较多。该树种适应性强, 耐水、耐污染能力强, 且病虫害少, 生长快, 适合作为用材、防护及庭院观赏树种, 也是营建抑螺防病林的优良树种^[1-3]。目前国内利用落羽杉的优良特性, 围绕良种选育和杂交育种开展了系列研究, 并研发了生长特性更加优良的中山杉等优良新品种^[4], 已在各地开展引种造林试验和推广^[5-7]。长期以来, 江汉平原湖区造林绿化以杨树为主, 随着杨树纯林面积过大和胁地效应突显, 出现了林农矛盾日益突出和生态系统功能脆弱等问题, 农民种植杨树积极性逐渐降低, 因此, 增加造林树种选择多样性迫在眉睫。笔者在对江汉平原三台林场 23 年生落羽杉的 15 个半同胞子代家系测定林的胸径、树高和材积性状进行测定分析的基础上, 选出一批优良家系, 以期对江汉平原湖区植树造林提供优良种质资源保障。

1 材料与方

1.1 林地概况 试验林位于荆州市公安县三台林场, 地处长江南岸荆江分洪区, 属亚热带季风气候区, 年平均温度 16.4℃, 全年高于 10℃活动积温 5 214.7℃, 无霜期 271 d。年平均降雨量 1 126 mm, 年平均日照时数 1 877.9 h。参试家系 15 个, 来源于河南鸡公山落羽杉良种基地和本地落羽杉, 试验林采用随机区组设计, 3 次重复, 共 45 个小区, 每个小区

9 株。每年对试验林进行每木检尺, 测量胸径和树高。

1.2 统计分析方

$$\text{单株材积}^{[8]}(V) = 0.005\ 790\ 496\ 050 + 0.000\ 066\ 093\ 210D^2H - 0.000\ 000\ 469\ 210D^3H - 0.000\ 183\ 033\ 917D^2 - 0.000\ 003\ 192\ 879D^2H\lg D$$

遗传力(h^2)、遗传增益(ΔG)、遗传变异系数(G_{cv})按下列公式计算^[9]:

$$h_{\text{家系}}^2 = 1 - 1/F, h_{\text{单株}}^2 = 4\delta_f^2 / (\delta_f^2 + \delta_b^2 + \delta_e^2); \Delta G = (R/X) \times 100\%; G_{cv} = \delta_g / \bar{X}; R = h^2 \times S$$

式中, F 为方差值; $h_{\text{单株}}^2$ 为单株遗传力; δ_f^2 为家系方差; δ_b^2 为家系×区组方差; δ_e^2 为小区内株数的方差; δ_g 为某性状的家系遗传标准差; R 为选择响应; S 为选择差; $\bar{X}$ 为群体平均值。

1.3 选择方

1.3.1 育种值评分法^[10]。首先对子代性状观测值作方差分析, 当 $F>1$ 和家系数 >4 时, 计算育种值。育种值: $Z = \bar{Y} + h^2(Y - \bar{Y})$, 其中, Z 为各家系的育种值; $\bar{Y}$ 为所有家系总体平均值; Y 为各家系的平均值; $h^2 = 1 - 1/F$ 。每个性状排列第一位赋予 15 分, 第二位赋予 14 分, 依次类推, 最后一位赋予 1 分, 然后将每一家系各性状得分值相加进行排序, 并按育种值大小评选优良家系。

1.3.2 性状表现水平分析法。水平分析法的数学模型如下:

$$P_i = [(\bar{x}_i - \bar{x} + 2\delta_p) / 4\delta_p] \times 100$$

式中, P_i 为第 i 个家系的性状得分值; $\bar{x}_i$ 为第 i 个家系的平均值; $\bar{x}$ 为家系所在群体的平均值; δ_p 为标准差。当 $\bar{x}_i \geq \bar{x} + 2\delta_p$

基金项目 国家科技支撑计划课题“生态经济型血防林构建技术研究与示范”(2015BAD07B07)。

作者简介 江津凡(1984—), 男, 湖北鄂州人, 工程师, 硕士, 从事森林培育和森林经营研究。* 通信作者, 高级工程师, 从事林业工程研究。

收稿日期 2019-10-24

时,令 $P_i = 100$; 当 $\bar{x}_i \leq \bar{x} - 2\delta_p$ 时,令 $P_i = 0$ 。以性状水平得分 50 分以上的家系入选。

2 结果与分析

2.1 落羽杉家系性状间的遗传变异 由表 1 可知,不同家系间的胸径、树高和材积差异均达到极显著水平,家系和区组交互效应差异也显著,表明 15 个家系间存在丰富的变异,改良潜力较大,从中选择优良家系完全可行。各性状家系遗传力中等水平,说明在家系水平上各性状受到中等强度的遗传控制,遗传力和生境有一定的联系,其中胸径的家系遗传力最高为 53.53%,表明胸径性状指标受遗传控制相对较强,因此优良家系的选择对以培育大径材为目标的造林具有极

其重要的意义。胸径、树高和材积三者的单株遗传力相差不大,分别为 22.09% 和 20.15% 和 20.36%,都相对较低,说明单株生长表现和环境密切相关。而遗传变异系数是用来衡量遗传力与环境关系的参数,3 个性状中材积的遗传变异系数最大为 24.73%,表明材积性状与外界环境关系极大,所以在优良家系选择过程中应给予材积性状指标较低的权重。由表 1 还可以看出,落羽杉 3 个性状的家系遗传力分别高于其单株遗传力,说明在落羽杉选择育种中应以家系选择为主,再从优良家系中根据遗传力的大小进行单株选择,才能获得理想的遗传增益和育种材料。

表 1 家系生长性状变异分析及遗传参数估计

性状 Character	方差组成 Variance composition			家系遗传力 Family heritability %	单株遗传力 Individual heritability %	遗传变异系数 Coefficient of genetic variation//%
	家系 Family	家系×区组 Family ×Block	机误 Probable error			
胸径 DBH	0.550 087**	0.435 212	8.976 956	53.53	22.09	11.58
树高 Tree height	0.087 312**	0.168 727**	1.477 004	44.04	20.15	7.47
材积 Volume	0.000 925**	0.000 941**	0.016 299	50.20	20.36	24.73

2.2 落羽杉家系综合性状育种值评分 根据不同家系方差估算家系遗传力和各家系不同性状的育种值,并进行综合排序,各家系性状育种值得分见表 2。对落羽杉优良家系选择以 30% 的入选率为标准,选出 5 个优良家系,家系号分别为

9、1、12、15 和 5。同时从表 2 可以看出 9、1 号 2 个家系总得分相对较高,并且在各个性状上的得分也相对较高,表明这 2 个家系表现出较强的生长能力和优良的遗传能力。

表 2 15 个落羽杉家系综合性状育种值分析

家系 Family	胸径 DBH			树高 Tree height			材积 Volume			总计得分 Total score	排序 Sorting
	生长量 Growth cm	育种值 Breeding value	得分 Score	生长量 Growth m	育种值 Breeding value	得分 Score	生长量 Growth m ³	育种值 Breeding value	得分 Score		
9	28.87	28.183	15	19.21	18.798	15	0.622 0	0.587	14	44	1
1	28.82	28.153	14	19.06	18.733	14	0.626 4	0.589	15	43	2
12	28.49	27.979	13	18.60	18.527	10	0.602 9	0.578	13	36	3
15	28.48	27.971	12	18.48	18.477	9	0.581 0	0.567	12	33	4
5	27.50	27.446	9	18.87	18.646	11	0.564 9	0.559	10	30	5
3	28.34	27.896	11	18.43	18.452	7	0.573 7	0.563	11	29	6
2	27.00	27.182	7	18.90	18.663	12	0.552 0	0.552	8	27	7
14	27.77	27.591	10	18.36	18.423	6	0.555 3	0.554	9	25	8
13	26.53	26.929	4	18.94	18.681	13	0.543 7	0.548	7	24	9
8	26.85	27.098	5	18.48	18.477	8	0.540 3	0.546	6	19	10
10	27.28	27.333	8	18.21	18.358	5	0.535 1	0.544	5	18	11
7	26.93	27.141	6	17.87	18.206	3	0.518 6	0.535	4	13	12
11	26.36	26.839	3	17.80	18.175	1	0.505 5	0.529	3	7	13
4	25.53	26.394	1	18.15	18.333	4	0.477 1	0.515	1	6	14
6	26.24	26.772	2	17.81	18.183	2	0.493 9	0.523	2	6	15

表 3 为估算出的 5 个优良家系的现实增益和遗传增益,结果表明,所选出的 5 个家系材积平均遗传增益和平均现实增益均高于胸径和树高,分别为 4.29% 和 8.54%,而树高平均遗传增益和平均现实增益均最小,分别为 0.88% 和 2.00%,材积遗传增益的大小不仅与遗传力大小相关,而且与材积变异系数大小相关,这与表 1 中的材积变异系数最大

相吻合。其中表现较好的是 9 号和 1 号家系,胸径、树高和材积均有较高的遗传增益和现实增益,可见通过开展子代测定林工作可以选出真正的优良家系。表 3 中的遗传增益和现实增益大小与表型选择的高低基本符合,说明通过表型选择的优良家系具有一定的代表性,所选出的优良家系也有较好的增益。

表 3 优良家系各性状的现实增益和遗传增益

Table 3 Practical gain and genetic gain of different characters of excellent families							%
家系 Family	胸径 DBH		树高 Tree height		材积 Volume		
	现实增益 ΔG_r	遗传增益 ΔG	现实增益 ΔG_r	遗传增益 ΔG	现实增益 ΔG_r	遗传增益 ΔG	
9	5.42	2.90	3.99	1.76	12.63	6.34	
1	5.22	2.79	3.19	1.40	13.42	6.74	
12	4.03	2.16	0.67	0.29	9.16	4.60	
15	3.98	2.13	0.04	0.02	5.20	2.61	
5	0.39	0.21	2.12	0.93	2.28	1.15	
均值 Mean	3.81	2.04	2.00	0.88	8.54	4.29	

2.3 落羽杉家系性状表现水平分析 利用子代测定的各性状平均值和性状标准差,估算了落羽杉各家系的性状表现得分,结果见表 4。从表中可以看出,胸径、树高和材积指标上,不同家系间性状水平值差异较大,表现最好的 9 号和 1 号家系各性状水平值均大于 60,表现较差的 6 号和 4 号家系各性

状水平值均在 40 左右。按胸径、树高和材积 3 个性状水平得分同时大于 50 入选,可选出优良家系 9、1、12、15 和 5 号,这与通过育种值方法选出的结果一致,表明以上 5 个家系确实具有较好的优良性状。

表 4 15 个落羽杉家系性状水平值

Table 4 Character level value of 15 <i>Taxodium distichum</i> families						
家系 Family	胸径 DBH		树高 Tree height		材积 Volume	
	生长量 Growth/cm	性状水平值 Character level value	生长量 Growth/m	性状水平值 Character level value	生长量 Growth/m ³	性状水平值 Character level value
9	28.87	61.7	19.21	63.4	0.622 0	62.8
1	28.82	61.3	19.06	60.7	0.626 4	63.6
12	28.49	58.7	18.60	52.2	0.602 9	59.3
15	28.48	58.6	18.48	50.1	0.581 0	55.3
5	27.50	50.9	18.87	57.1	0.564 9	52.3
3	28.34	57.5	18.43	49.1	0.573 7	53.9
14	27.77	53.0	18.36	47.9	0.555 3	50.6
10	27.28	49.2	18.21	45.3	0.535 1	46.9
2	27.00	47.0	18.90	57.8	0.552 0	49.9
7	26.93	46.4	17.87	39.0	0.518 6	43.8
8	26.85	45.7	18.48	50.1	0.540 3	47.8
13	26.53	43.2	18.94	58.5	0.543 7	48.4
11	26.36	41.9	17.80	37.7	0.505 5	41.4
6	26.24	40.9	17.81	38.1	0.493 9	39.3
4	25.53	35.4	18.15	44.2	0.477 1	36.2

2.4 优良家系与单株的配合选择 在落羽杉优良家系选择的基础上,进行家系与单株的配合选择,可以使家系和单株 2 个层次的遗传增益得到增加,起到叠加效应,从而获得更大的遗传改良效果,同时可为多世代改良育种提供基础材料。在独立淘汰水平评选法选出的 9、1、13、16 和 5 号优良家系内,以树高均值加 1 个标准差、胸径均值加 1 个标准差、材积均值加 1 个标准差为标准进行优良单株选择,结果有 13 株入选(表 5)。优良单株平均胸径、树高和材积分别为 32.35 cm、20.38 m 和 0.806 1 m³,分别大于总体均值的 18.13%、10.35%和 45.95%。选出的优良单株对无性繁育利用以及对建立优良种质资源保存库具有重要意义。

3 小结

通过对 15 个落羽杉家系子代测定林的测定和分析,结果表明,不同家系在胸径、树高和材积上均存在显著差异,为进一步选择优良家系提供了基础。该研究对落羽杉优良家系选择以 30%的入选率为标准,选出 5 个优良家系,这与早期 6 年生落羽杉家系选择有差异^[11],表明部分家系在后期生

表 5 落羽杉优良单株选择

Table 5 Excellent single plant selection of <i>Taxodium distichum</i> family			
单株号 Single plant No.	胸径 DBH cm	树高 Tree height m	材积 Volume m ³
1-2	31.20	21.00	0.793 1
1-13	33.00	20.00	0.818 3
1-20	33.30	20.00	0.830 0
1-24	31.70	20.00	0.767 8
5-16	34.20	21.00	0.900 7
5-26	31.80	20.50	0.782 1
9-2	30.90	21.00	0.770 2
9-3	33.90	19.50	0.810 6
12-11	30.90	20.00	0.737 0
12-14	36.90	20.50	1.001 2
12-25	31.20	20.00	0.748 5
12-26	30.60	21.50	0.790 3
15-4	31.00	20.00	0.729 1
优良单株均值 Mean of excellent single plant	32.35	20.38	0.806 1
总体均值 Mean of total	27.39	18.47	0.552 3

万善公园的植物设计不仅有良好的文化环境和视觉效果,而且还有一定的群落规律,包括合理的群落结构,适地生长的树种和良好的种间关系。植物群落在经过长期的交替演变之后,逐渐稳定。垂直结构主要有乔木层、灌木层、草本层和地被层,如万善文化区,该区植物从上到下主要有无患子、鸡爪槭、三色堇、阔叶麦冬等。由于分层明显合理,各层的生长势良好;在历史文化区,这部分是以滨水植物为主,通过岸边的垂柳以及矮小的灌木和地被植物,柔化驳岸边生硬的线条,突出植物的美感;在儿童活动区,利用高大的乔木香樟、银杏与结果实物、开花植物进行搭配,引起儿童的注意。这些植物搭配构成了良好的植物群落结构,提升了公园生态环境。

4.2 优化“高低错落,自然和谐”的林冠线 随着公园原有建筑以及周围建筑物的不断增加,植物的生长态势较差。适当增补一些大规格的苗木,使之与建筑物比例调和,并考虑植物与建筑的搭配效果。建议在其附近片植或者群植高大的乔木、灌木,还可以突出公园的林冠线特征。万善公园中乔木有 40 种,注重选用不同形状的植物如圆球形、柱形、垂枝形等,构成了高低错落的林冠线,打破了植物群体的单调与呆板感。不同层次的植物构成变化适中的林冠线,有一种独特的美感。优美动感的林冠线是一个重要的植物景观,给游人们创造了一种静谧、舒适的空间,使其回归自然^[9]。

4.3 营造“因地制宜,人与天调”的生态境域 公园在树种选择上应该尽量以乡土树种为主,优良的乡土树种对环境的适应良好,生长势旺,有利于造景需要,后期维护较为方便,能创造良好的经济效益和生态效益。有的地方铺装面积过大,游人在游玩的时候无法遮阳,在公共绿地分布不均匀的地方应该尽量减少硬质铺装而采用过渡铺装的方法,在无法种植高大乔木的地方应该增加灌木,或者使用一些攀缘植物作为垂直绿化来增加绿化面积。同时可以在公园四周墙壁、

大门处挖掘出更多的绿量。植物布置同时应该适应周围环境,做到因地制宜、因时造境。在重视陆地植物的同时,还应该增加水生植物的种类和搭配效果,好的水生植物景观可以使人与自然环境和谐相处。

顺应生态文明建设的历史潮流,紧跟社会进步发展的步伐,将“城市双修”理念贯彻于规划设计的始终,促进人与自然、社会与自然的和谐共生,发扬绿色生态设计的理念^[10]。万善公园改造中,尝试用自然生态修复和人本设计手法,真正实现了“绿水青山就是金山银山”的效果,大大提升了城市公园的综合效益,使城市公共空间和场地精神得以高质量开发与利用。

参考文献

- [1] 雷雅玲.“城市双修”背景下的城市公园绿地修复设计:以苏州市桐泾公园改造设计为例[J]. 居舍,2018(21):130-131.
- [2] 黑龙江省人民政府办公厅. 黑龙江省人民政府办公厅关于加强生态修复城市修补工作的实施意见[J]. 黑龙江省人民政府公报,2018(18):13-17.
- [3] 常德市人民政府办公室. 常德市人民政府办公室关于印发《常德市城市双修工作方案(2018—2020 年)》的通知[J]. 常德市人民政府公报,2018(7):5-11.
- [4] 海南省人民政府办公厅. 海南省人民政府办公厅关于印发海南省深化生态环境六大专项整治行动计划(2018—2020 年)的通知[A]. 2018-06-19.
- [5] 秦莉萍. 长江首城绽放美丽之花[N]. 宜宾日报,2019-04-11(001).
- [6] 江悦,李倩楠,柯璞,等. 浅析雨洪管理理论在滨水道路景观中的应用[J]. 建筑与文化,2019(2):158-159.
- [7] 海南省住房和城乡建设厅. 海南省住房和城乡建设厅关于印发《海南省生态修复城市修补工作方案(2018—2020 年)》的通知[A]. 2018-11-16.
- [8] 刘慧民,韩翠香,蓝晓娟. 园林植物景观设计与造景理论基础[J]. 北方园艺,2001(2):45-46.
- [9] 关美,关佳丽,吴慧英,等. 沈阳市公园植物配置现状调查与分析[J]. 南方农机,2016(4):37-38,43.
- [10] 申晓婧,刘宁,庄晓培,等. 基于“城市双修”背景下的三亚绿地使用评价研究:以月川生态绿道和丰兴隆生态公园为例[J]. 绿色科技,2018(5):12-14.

(上接第 126 页)

长表现强劲,逐步显示遗传优势。然后采用育种值评分法和性状水平分析法进行选优,选出的 5 个优良家系完全一致,并且得分排名也一致,表明选出的 5 个家系相对于其他家系,有较好的遗传性状和遗传力,其胸径、树高和材积平均现实增益分别为 3.81%、2.00% 和 8.54%,平均遗传增益分别为 2.04%、0.88% 和 4.29%,其中 9 号和 1 号家系各性状的现实增益和遗传增益均相对较大,表现出较好的遗传能力。在选出 5 个优良家系的基础上又选出了 13 株优良单株,因此,不同种源以及不同单株之间生产力存在差异,在大量育苗推广之前必须进行选优,以产生较高的经济效益和生态效益,故此次选出的优良家系和优良单株对落羽杉采穗圃建设和落羽杉杂交育种具有重大意义。

在调查过程中,林分密度较大可能会对一些树木的生长也有影响,所以应对林分进行间伐。同时,不同种源落羽杉,由于遗传因素原因,物理化学性质也存在差异^[12]。因此,下一步应对现有林分进行抚育并结合落羽杉物理化学性质和生长指标做进一步选择。

参考文献

- [1] 汪贵斌,曹福亮. 落羽杉抗性研究综述[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2002,26(6):78-82.
- [2] 柳学军,曹福亮,汪贵斌,等. 落羽杉优良种源选择[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2006,30(2):47-50.
- [3] 彭镇华,江泽慧. 中国新林种抑柳防病林研究[M]. 北京:中国林业出版社,1995.
- [4] 殷云龙,於朝广. 中山杉:落羽杉属树木杂交选育[M]. 北京:中国林业出版社,2017.
- [5] 陈永辉,伍寿彭,殷云龙,等. 江苏滨海盐碱地中山杉造林推广试验[J]. 江苏林业科技,1996,23(4):18-22.
- [6] 殷云龙,於朝广,华建峰,等. 重庆万州三峡库区消落带中山杉造林试验[J]. 林业科技开发,2014,28(2):110-114.
- [7] 王丽艳,罗坤水,陈新红,等. 江西引种中山杉造林试验研究[J]. 南方林业科学,2018,46(5):24-27,36.
- [8] 欧福云,罗贤坤,龙新毛. 湖南省平原湖区三杉二元立木材积表编制报告[J]. 湖南林业科技,1992,19(1):55-60.
- [9] 王明床. 林木遗传育种学[M]. 北京:中国林业出版社,2001:156-177.
- [10] KUNG F H. Improved estimators for provenance breeding values[J]. Silviculture,1979,28(2/3):114-116.
- [11] 胡绪森,丁次平,张言平,等. 江汉平原湖区落羽杉优良家系早期选择[J]. 安徽农业科学,2012,40(14):8171-8172,8174.
- [12] 汪贵斌,曹福亮,柳学军,等. 不同落羽杉种源木材化学性质的变异[J]. 南京林业大学学报,2009,33(6):15-19.