

文章编号: 1001— 411X (2002) 03— 0017— 04

秃杉种源—家系遗传变异研究

王明怀¹, 陈建新¹, 殷祚云¹, 梁胜耀², 黄越茂², 沈维强²

(1 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 2 怀集大坑山林场, 广东 怀集 526456)

摘要: 4 年生秃杉种源—家系试验表明, 秃杉种源间、种源内家系生长性状差异显著. 在遗传方差中, 种源所占比例大于家系遗传方差, 秃杉选择应优先选择种源, 在此基础上选择家系. 用主成分遗传指数得分值综合树高、胸径、材积性状评价种源, 优良种源有贵州格、贵州交、贵州昂、云南龙陵、贵州丹, 单株材积遗传增益为 26.33%, 实际增益为 30.75%. 秃杉种源没有明显的地理变异规律.

关键词: 秃杉; 种源; 家系; 遗传; 变异
中图分类号: S722.33 **文献标识码:** A

秃杉(*Taiwania flousiana* Gaussen)属杉科台湾杉属, 常绿乔木, 树体高大, 我国列为一级珍稀濒危保护植物. 天然分布湖北西南部利川、贵州东南部雷公山区和云南横断山脉西部怒山、高黎贡山、怒江和澜沧江流域. 地理分布为 24°31′~30°08′N, 97°~109°06′E, 呈分散或小块状分布于沟谷地带. 在福建鹫峰山脉中南段屏南、古田两县也有自然分布. 秃杉垂直分布为海拔 800~2 500 m^[1].

广东自 1981 年引种栽培秃杉, 研究表明, 秃杉有较强的适应性, 能适应广东丘陵地区的气候与土壤. 广东 1990 年引种造林, 6 年生幼林平均高 6.23 m, 平均胸径 3.13 m. 江苏、浙江秃杉 5 年生时, 平均树高、胸径分别达 3.12 m 和 3.5 cm^[2]. 自然分布跨亚热带、

暖温带 2 个气候带^[1], 分布区内生境复杂多变, 为了解秃杉遗传变异特点, 引种适生种源, 于 1993 年开展秃杉种源—家系联合试验.

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验秃杉种源、家系为来自云南、湖北及贵州的 8 个种源、36 个家系(表 1), 贵州、云南混合种源各 1 个, 杉木、柳杉为对照. 采样点在三省按县进行采样, 采样林分是天然林或种源清楚的人工林, 树龄在 40~50 年以上, 组成和结构一致, 无严重病虫害. 采样母树是林分中平均木以上林木.

1.2 试验方法和概况

表 1 秃杉种源地名与编号

Tab. 1 Sites and numbers of provenances of *Taiwania flousiana* Gaussen

编号 no.	地名 site	经度 longitude	纬度 latitude	海拔 altitude/m	年均温 A. M. T./℃	年均降水 A. M. P./mm
滕冲 Tengchong	云南滕冲	98°01′	25°10′	1 700	14.7	1 439.4
龙陵 Longling	云南龙陵	98°12′	24°20′	1 540	16.8	1 467
昌宁 Changning	云南昌宁	99°30′	24°50′		17.2	962
利川 Lichuan	湖北利川	108°50′	30°20′	810~1 345	12.8	1 300.9
昂 1~10 Ang1~10	贵州剑河县白道乡昂英村	108°35′	26°30′	760~1 050	14.3	1 400
格 1~10 Ge1~10	贵州雷山县方祥乡格头村	108°12′	26°20′	1 056~1 290	14.3	1 400
丹 1~8 Dan1~8	贵州榕江县平阳乡小丹江村	108°20′	25°55′	830~950	14.3	1 400
交 1~4 Jiao1~4	贵州台江县交密乡交包村	108°18′	26°35′	820~850	14.3	1 400

造林试验点设在广东怀集国营大坑山林场. 大坑山试验点位于 112°11′E、23°47′N, 年均温 20℃, 年均降水 1 753.4 mm, 极端低温 2℃, 海拔 298 m, 土壤为山地黄棕壤, 土层厚 1.03 m. 1992 年春季育苗, 1993 年 2 月造林. 造林设计采用完全随机区组设计,

4 株小区, 8 个区组. 1995、1996、1997 年年底调查树高、胸径. 单株材积估值、遗传力见文献[3], 遗传相关系数、表型相关系数、遗传变异系数计算见文献[4], 种源遗传增益计算见文献[5, 6]. 用主成分遗传指数指标^[3]评价种源.

收稿日期: 2001—09—18 作者简介: 王明怀(1972—), 男, 助理研究员, 硕士.

基金项目: 广东省科委科学基金项目(920383); 1996 广东省(重点)科技项目

2 结果与分析

2.1 生长性状方差分析

1997 年度观测资料方差分析结果, 种源间、种源内家系间生长性状差异显著(表 2), 因此进行种源、家系选择有效. 试验林种源平均树高、胸径、单株材积为 4.87 m、7.16 cm、0.013 3 m³, 种源树高、胸径、单株材积变幅 3.41 ~ 5.44 m、4.23 ~ 8.67 cm、3.89×10⁻³ ~ 21.43×10⁻³ m³(表 3). 贵州昂、贵州格、贵州

丹、贵州交各种源内家系生长性状差异显著, 各种源内家系单株材积变异系数 38.69%~43.97%(表 4).

在遗传方差中(种源方差+家系方差), 种源方差分量所占比例最大(表 2), 树高、胸径、单株材积分别占 72.3%、83.9%、76.3%. 结果显示秃杉生长性状遗传变异中, 种源效应是最明显的, 其变异分量最大, 因此, 秃杉选择应着重于群体, 充分利用种源变异选择优良种源, 在此基础上选择优良家系, 有助于提高选择效率.

表 2 生长量方差分析
Tab. 2 Variance analysis of growth

变异来源 source of variation	DF	树高 height		胸径 D B H		单株材积 single volume	
		方差分量	F	方差分量	F	方差分量	F
		variance		variance		variance	
		component		component		component/×10 ⁻⁴	
区组 block	7		30.34**		51.80**		62.25**
种源 provenance	11	0.125 1	30.09**	0.796 4	42.93**	0.097 7	31.45**
家系/种源 family/provenance	28	0.048 0	4.76**	0.152 8	4.48**	0.030 4	4.78**
区组×种源 block×provenance	77	0.005 0	1.59**		1.39*	0.004 7	1.75**
区组×家系/种源 block×family/provenance	196	0.055 8	1.47**	0.448 8	1.92**	0.080 0	1.92**
误差 error	845	0.429 0		1.767 0		0.314 6	

表 3 种源多重比较及种源评价¹⁾
Tab. 3 Multiple comparison of provenances and evaluation

种源 provenance	树高 height/ m	胸径 D B H/ cm	单株材积 single volume /×10 ⁻² m ³	主成分 遗传指数 数值 I
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	5.437 a	8.669 a	2.14 a	18.41
格 1~10 Gel~10	5.024 bc	7.522 b	1.45 b	15.71
交 1~4 Jiao1~4	4.969 bc	7.549 b	1.47 b	15.68
昂 1~10 Ang1~10	4.935 bc	7.456 b	1.39 b	15.42
龙陵 Longling	5.244 ab	6.911 b	1.30 b	15.39
丹 1~8 Dan1~8	4.868 c	7.193 b	1.32 b	15.01
贵州混合 Guizhou	4.914 c	7.044 b	1.24 b	14.84
滕冲 Tengchong	4.755 c	6.174 c	0.94 c	13.47
利川 Lichuan	4.377 d	5.176 d	0.64 d	11.64
柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i>	3.914 e	4.935 d	0.59 d	10.65
云南混合 Yunnan	3.855 e	4.771 de	0.47 d	10.22
昌宁 Changning	3.412 f	4.228 e	0.39 d	9.00
均值 mean	4.87	7.16	1.33	

1) 同列数据后字母相同的表示无显著差异

表 4 种源内家系单株材积变异

种源 provenance	均值 mean/ m ³	变幅 variation scope	变异系数 CV/ %
贵州昂 Guizhou Ang	0.013 9	1.08 ~ 1.74	38.69
贵州格 Guizhou Ge	0.014 5	1.11 ~ 1.80	39.27
贵州丹 Guizhou Dan	0.013 2	1.00 ~ 1.49	43.97
贵州交 Guizhou Jiao	0.014 7	1.05 ~ 1.87	40.92

2.2 优良种源选择

用 1997 年调查的树高、胸径、单株材积, 通过主成分遗传指数方法综合 3 个性状评价种源. 计算性

状间遗传相关系数构成遗传相关系数矩阵, 通过主成分分析求出矩阵特征根 λ_i 和特征向量 l_{ij} 列于表 5. 各特征根的大小代表综合指标遗传方差的大小, 各特征根累积百分率分别代表各有关综合指标对总遗传方差贡献的百分率, 特征向量表示各性状对综合指标的贡献大小. 由表 5 可知, 第一特征根最大, 占遗传方差的 98.6%, 以 95% 为阈值选择主成分, 因而只选择第一主成分. λ_1 对应的特征向量:

$$L_1 = (0.574\ 0, 0.579\ 6, 0.578\ 4)$$

来源 树高 胸径 单株材积

对种源均值进行标准化变换, 以消除不同性状

度量单位不同产生的量纲的影响. 代入主成分遗传指数方程: $I=0.574\ 0\ H'+0.579\ 6\ D'+0.578\ 4\ V'$, H' 、 D' 、 V' 表示标准化变换种源均值. 计算各种源主成分遗传指数值(表 3).

表 5 特征值及特征向量
Tab. 5 Eigenvalues and eigenvectors

特征根 λ_i	特征向量 L_{ij}			累积贡献率 cumulative contribution rate
	树高 height	胸径 D B H	单株材积 single volume	
2. 959	0. 574 0	0. 579 6	0. 578 4	0. 986 4
0. 038	0. 814 1	− 0. 327 9	− 0. 479 3	0. 998 9
0. 003	0. 088 1	− 0. 746 0	0. 660 1	1. 000 0

由主成分遗传指数值可看出, 杉木生长表现最优, 以入选率 0.5 标准选择 5 个秃杉优良种源(不包括杉木、柳杉), 有贵州格、贵州交、贵州昂、云南龙陵、贵州丹种源(主成分遗传指数值 15.71~15.01), 以种源均值为(不包括杉木、柳杉)对照, 秃杉优良种源单株材积遗传增益为 26.33%, 实际增益为 30.75%, 较差种源有云南腾冲、湖北利川、云南昌宁种源(13.47~9.00).

2.3 种源生长年一年相关分析

以单株观测值计算 1995、1996、1997 年 3 个年度树高、胸径、单株材积相关系数, 结果见表 6, 各性状各年度相关极显著, 表型相关系数 0.857~0.976, 遗

传相关系数 0.896~0.993.

2.4 性状遗传力和遗传变异系数

各年度秃杉种源、家系遗传力见表 7, 遗传力值为 0.565~0.909. 种源遗传力大于家系遗传力, 与种源遗传方差大于家系遗传方差规律一致. 随年龄增加种源遗传力增大, 而家系遗传力减少, 其种源遗传力随年龄变化规律与杉木有关报道一致^[4]. 因此, 秃杉种源生长—环境效应在幼龄时期逐步减少, 而家系环境效应相反更加明显.

表 6 年一年遗传相关系数和表型相关系数¹⁾
Tab. 6 Genetic and phenotypic correlation coefficients
for each year

年龄 age	树高 height			胸径 D B H			单株材积 single volume		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
2		0. 941	0. 857		0. 948	0. 897		0. 960	0. 885
3	0. 973		0. 925	0. 968		0. 976	0. 993		0. 953
4	0. 896	0. 971		0. 924	0. 990		0. 926	0. 974	

1) 上三角为表型相关系数, 下三角为遗传相关系数.

各年度种源遗传变异系数见表 7, 遗传变异系数值为 7.09%~27.34%, 性状遗传变异系数出现单株材积>胸径>树高的规律, 随年龄的变化不明显, 也说明与种源幼龄时期具较高的遗传力一致, 也表明秃杉幼龄具有较高的群体遗传稳定性, 种源优劣分化较为稳定.

表 7 性状遗传力估测值
Tab. 7 Heritabilities of height, diameter and volume growth (1995~1997)

性状 character	1995			1996			1997		
	树高 height	胸径 D B H	材积 volume	树高 height	胸径 D B H	材积 volume	树高 height	胸径 D B H	材积 volume
种源 provenance	0. 776	0. 820	0. 748	0. 769	0. 875	0. 807	0. 840	0. 909	0. 856
家系 family	0. 724	0. 699	0. 714	0. 692	0. 604	0. 642	0. 687	0. 565	0. 591
种源遗传变异系数 provenance CVg/ %	7. 09	13. 87	27. 34	7. 38	12. 47	24. 36	7. 26	12. 47	23. 68

2.5 种源地理变异

在计算生长性状与纬度相关时, 为消除海拔对纬度的影响, 反映纬度的真实性, 采用了 Kataring Lindgren(1984)等效纬度的概念, 其公式见参考文献[7].

用秃杉种源平均树高、胸径、单株材积、主成分遗传指数值与地理因子经度、等效纬度、海拔进行相关分析, 结果(表 8)表明, 所有相关系数不显著, 因此生长性状与地理因子不存在显著相关, 秃杉种源没有明显的变异规律. 但从主成分遗传指数值可知, 种源表现呈块状变化(表 5), 贵州各种源生长表现较好, 云南除龙陵种源外各种源、湖北各种源都较差,

表 8 种源与地理因子相关系数¹⁾

Tab. 8 Correlation coefficients between provenances and geography factors

地理因子 geography factor	树高 height	胸径 D B H	单株材积 single volume	主成分 遗传指 数值 I
经度 longitude	0. 246	0. 437	0. 410	0. 366
等效纬度 equivalent latitude	0. 194	− 0. 180	− 0. 218	− 0. 052
海拔 altitude	0. 254	− 0. 077	− 0. 085	0. 046

1) 相关系数都不显著.

3 结论与讨论

(1)秃杉种源间、种源内家系间生长性状差异显著. 秃杉生长性状遗传方差中, 种源所占比重远大于

家系遗传方差, 秃杉选择应着重于群体, 充分利用种源变异选择优良种源, 在此基础上选择优良家系, 有助于提高选择效率.

(2) 秃杉优良种源有贵州格、贵州交、贵州昂、云南龙陵、贵州丹种源, 单株材积遗传增益为 26.33%, 实际增益为 30.75%, 较差种源有云南腾冲、湖北利川、云南昌宁种源. 杉木、秃杉、柳杉比较, 杉木指数值最大, 表现最优, 这与秃杉生物学特性有关, 有关研究表明^[8,9], 秃杉栽植头 2 年内幼苗生长缓慢, 树高、胸径 3~24 年为速生期, 材积生长头 10 年内生长缓慢, 以后随年龄增大而增大. 秃杉人工林一般 10 年后生长明显超过杉木, 有很长的潜在生长能力. 因此, 秃杉生长情况与杉木比较还有待观测.

(3) 秃杉 2、3、4 年时单株年一年生长相关系数显著. 有关秃杉早晚相关及早期选择研究鲜见报道. 据有关杉木、湿地松研究报道^[4,10], 确定杉木在造林后 4~8 年为早期选择年龄, 湿地松选择可在 3 年初选, 7~8 年复选. 秃杉是否具有类似早晚相关有待进一步观测分析.

(4) 秃杉 2~4 年生幼林性状遗传力值为 0.565~0.909, 种源遗传力大于家系遗传力. 秃杉种源环境效应在幼龄时期逐步减少, 而家系环境效应相反更加明显. 种源各年度性状遗传变异系数值为 7.09%~27.34%, 随年龄的变化不明显, 也表明秃杉幼龄具有较高的群体遗传稳定性, 种源优劣分化较为稳定.

(5) 秃杉生长性状与地理因子相关不显著, 因此秃杉种源没有明显的变异规律, 这与秃杉分布区域及自

然分布区生境有关. 有关秃杉调查研究表明^[1,8], 秃杉分布区域狭窄, 数量稀少, 多呈零星块状分布, 分布区地形复杂, 因此也印证秃杉没有明显的随经、纬、海拔变异规律. 从主成分遗传指数值可知, 种源表现呈现块状变化差异, 贵州各种源生长表现较好, 云南除龙陵种源外各种源、湖北各种源都较差.

致谢: 怀集大坑山林场梁仕威、肇庆国有林业总场伍伯良参加试验工作, 在此表示感谢!

参考文献:

[1] 王挺良. 秃杉[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995. 4—8.
[2] 全国秃杉种源试验协作组. 秃杉种源苗期变异与选择的研究[J]. 林业科技通讯, 1996(6): 9—13.
[3] 王明怀, 陈建新, 谭建伟, 等. 杉木种源—林分—家系遗传变异研究[J]. 广东林业科技, 1996 12(1): 1—6.
[4] 全国杉木种源试验协作组. 杉木种源早期选择研究[J]. 林业科学研究, 1994 7(专刊): 93—100.
[5] 全国杉木种源试验协作组. 杉木种源丰产性评价[J]. 林业科学研究, 1994 7(专刊): 26—37.
[6] 王明麻. 林木育种学概论[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989. 70—74.
[7] 杨传平, 刘桂丰, 夏德安, 等. 长白落叶松地理变异规律的研究[A]. 涂忠虞. 中国林木遗传育种进展[C]. 北京: 科学技术文献出版社, 1993. 33—44.
[8] 李风华, 于曙明. 秃杉在我国的自然分布与生长[J]. 亚热带林业科技, 1987, 15(3): 215—221.
[9] 李晓储, 黄利斌, 周玉山, 等. 秃杉引种潜力与生态适应性研究[J]. 林业科学研究, 1993 6(3): 256—263.
[10] 汪企明, 吴礼才, 冯沛熙, 等. 湿地松地理变异研究[A]. 涂忠虞. 中国林木遗传育种进展[C]. 北京: 科学技术文献出版社, 1993. 94—104.

Genetic Variation Among Provenances and Families of *Taiwania flousiana* Gaussen

WANG Ming-huai¹, CHEN Jian-xin¹, YIN Zuo-yun¹,
LIANG Sheng-yao², HUANG Yue-mao², SHEN Wei-qiang²
(1 Guanglong Forest Research Institute, Guangzhou 510520, China;
2 Dakengshan Forest Farm, Guangdong Province, Huaiji 526456, China)

Abstract: An analysis of the 4-year trial of *Taiwania flousiana* Gaussen provenances and families among a provenance indicated significant growth differences between provenances and between families. Among the genetic variance, the variance components of provenances were greater than those of families, so the provenance selection should be preferential and followed by family selection. Evaluated with the values of principal genetic index based on height, diameter and single volume, Guizhou Ge, Guizhou Jiao, Guizhou Ang, Yunnan Longling and Guizhou Dan were found to be elite provenances. The genetic gain of single volume was 26.33% and the actual gain was 30.75%. No significant geography variation trend for provenances was discovered.

Key words: *Taiwania flousiana* Gaussen; provenance; family; heredity; variation

【责任编辑 李晓卉】