

鹅掌楸属种源生长性状变异与优良种源选择

贾晨¹ 周永丽¹ 陈国平² 何彬生³ 辜云杰¹ 高洁¹ 罗建勋¹

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081 2. 夹金山林业局, 四川 雅安 625700;
3. 国营通江县空山林场, 四川 通江 636700)

摘要: 以设置在四川省邛崃国有林场的22 a生鹅掌楸种源试验林为研究对象, 测定其树高、胸径、枝下高和冠幅等主要生长性状, 进行遗传变异分析和种源选择。结果表明: 鹅掌楸属多个种的生长性状在种源间存在极显著或显著的遗传差异。9个种源的鹅掌楸平均树高12.44 m, 平均胸径20.20 cm, 平均材积0.2182 m³, 平均冠幅3.18 m, 平均枝下高8.35 m。海拔高低对鹅掌楸胸径生长影响显著。树高、胸径、材积、冠幅和枝下高的种源广义遗传力分别为0.856、0.847、0.806、0.576与0.547, 受较强的遗传控制。以树高、胸径和材积3个性状的生长量为指标, 综合评选出3个优良种源, 分别是贵州黎平、四川叙永和美国A。入选种源的胸径、树高和材积的平均遗传增益分别是19.56%、6.60%和35.36%, 贵州黎平种源的材积遗传增益最多(39.88%), 四川叙永次之(33.71%)。综合筛选出6株优良单株, 入选优良单株胸径、树高与材积平均值分别是30.4 cm、15.17 m与0.5230 m³, 分别超总体均值22.09%、14.47%与66.63%。本研究为四川地区的鹅掌楸栽培推广提供了物质条件和理论依据。

关键词: 鹅掌楸属; 种源; 性状变异; 种源选择

中图分类号: S722 文献标识码: A 文章编号: 1003-5508(2015)06-0085-05

A Study of Variation of Growing Traits of *Liriodendron* and Its Excellent Provenance Selection

JIA Chen¹ ZHOU Yong-li¹ CHEN Guo-ping² HE Bin-sheng³ GU Yun-jie¹
GAO Jie¹ LUO Jian-xun¹

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, Sichuan, China;
2. Forestry Bureau of Jiashinshan, Yaan 625700, Sichuan, China;
3. Tongjiang Kongshan State Forestry Centre, Tongjiang 636700, Sichuan, China)

Abstract: In this paper *Liriodendron* provenance forest at the age of twenty-two in Qionglai National Forest Farm in Sichuan province was taken as the research object, the main growth traits such as tree height (H), diameter at breast height (DBH), volume (V), height under branch (HB) and crown width (CW) were determined in order to analyze the genetic variation and conduct the selection of its provenance. The results showed that there were statistically significant difference in H, DBH and V among different provenances, while there were significant difference in HB and CW. The average H, average DBH, average V, average CW and average HB of 9 provenances were 12.44 m, 20.20 cm, 0.2182 m³, 3.18 m and 8.35 m respectively. The elevation level had a significant influence on the DBH growth of *Liriodendron*. The hereditabilities of tree height, DBH, volume of tree, CW and HB were 0.856, 0.847, 0.806, 0.576 and 0.547, which indicated that the growth traits were strongly controlled by genetic factors. Three superior provenances Liping Guizhou, Xuyong Sichuan and America A, were selected by synthetic evaluation. The

收稿日期: 2015-10-23

基金项目: 四川省财政专项院自列项目: 鹅掌楸种质资源综合评价及优异种质选择[ZL2015-09]。

作者简介: 贾晨(1989-), 硕士, 工程师, 主要从事森林培育与经营研究。

selected provenances' genetic increments of DBH ,H and stem volume were 19.56% ,6.60% and 35.36% respectively. Six superior individuals were selected out by comprehensive appraisal ,whose average DBH ,H and stem volume were 30.4 cm ,15.17 m and 0.5230 m³ respectively ,and exceeded the population means of 22.09% ,14.47% and 66.63% respectively. This study provided the material conditions and theoretical basis for the cultivation and popularization of *Liriodendron* in Sichuan region.

Key words: *Liriodendron* ,Provenance ,Character variation ,Provenance selection

木兰科(Magnoliaceae) 鹅掌楸属(*Liriodendron*) 树种现存两种,一种为天然分布于北美洲的北美鹅掌楸(*L. tulipifera*),另一种为分布于我国长江流域以南及越南北部的中国鹅掌楸(*L. chinense*)。而中国鹅掌楸是我国稀有的子遗植物,属国家二级保护植物^[1,2]。南京林业大学对中国鹅掌楸和北美鹅掌楸进行杂交育种研究工作,并选育出了一批优良杂种家系,表现出较强的杂种优势,是极佳的园林绿化及珍贵用材树种^[3]。

近年对鹅掌楸属的植物研究依然较多,一些学者对鹅掌楸开展着种内及种间的杂交育种工作,分析其子代遗传变异,期望培育出优良种质资源^[4,5]。对北美鹅掌楸开展光合特性研究可为其适应性提供理论依据^[6]。物种间的区分通常是对表型差异来鉴定,而结果不一定准确,随着科技发展,分子技术越来越成熟,应用越来越广泛,对鹅掌楸属种及杂种进行 SSR 分子鉴定,种间鉴定准确率达 100%^[7]。

种源试验是最早受到重视的树种改良措施之一,是国内外对于林木遗传改良的常规方法,可以为一定地区或立地类型,提供优质、高产、稳定的种源。对 7 a~8 a 生鹅掌楸的种源试验研究表明,种源间存在着丰富的遗传变异,且受较强的遗传控制^[8,9]。对鹅掌楸属的材性种源分析表明中国鹅掌楸的基本密度和纤维长度在种源间存在显著差异,而北美鹅掌楸种源间差异不显著^[10],以纸浆林为选育目标进行种源选择,反映纸浆林产量和质量的指标在种源间存在显著差异^[11]。目前,我国对 15 a 生以上的鹅掌楸种源试验林的研究尚未见报道。因此,本文利用设置在四川省邛崃国有林场 22 a 生鹅掌楸种源试验林作为研究对象,调查其主要生长性状,进行遗传变异分析并筛选优良种源及单株,以期四川地区发展鹅掌楸提供物质条件和理论依据。

1 试验材料

鹅掌楸种源试验林设置在四川省邛崃国有林场天台山工区,海拔 1 289 m~1 368 m,(N: 34°15′

34.1″; E: 103°06′31.3″),坡度 15°~25°。土壤为山地棕壤,土层厚度 30 cm~50 cm,土壤肥力中等,立地条件在试验重复间有一定差异。

鹅掌楸参试种源有 6 个中国鹅掌楸、2 个北美鹅掌楸种源和 1 个中国鹅掌楸与北美鹅掌楸杂种 F₁ 代之后裔(表 1)。试验林按完全随机区组设计,3 次重复 5 株顺山单行小区。1993 年春用 1 a 生裸根苗造林,株行距 2 m×2 m,整地采用横山水平筑台,台距 2.5 m,台面宽 1.2 m,台面挖明穴,穴距 2 m,穴规 50 cm×50 cm×40cm,连续抚育 4a 至幼林郁闭。

表 1 鹅掌楸参试种源

编号	种源	编号	种源
3	贵州黎平	11	湖南桑植
6	浙江松阳	13	美国 A
7	四川叙永	17	美国 E
9	湖北峨西	22	南林 5
10	湖南绥宁	—	—

注:—表示该表格无数据

2 试验林调查与统计分析

2015 年 7 月,对鹅掌楸种源试验林进行全面调查,主要调查树高、胸径、枝下高与冠幅等生长性状。根据调查的树高、胸径估算单株立木材积,公式如下:

$$V=0.000052750716D^{1.9450324}H^{0.9388533} \quad (1)$$

各性状的广义遗传力根据种源的方差分析结果求算,公式如下:

$$H^2=1-MSn/MSj \quad (2)$$

其中, V 为单株材积, D 为胸径, H 为树高; MSn 为组内均方差, MSj 为组间均方差。数据分析用 SPSS19.0 处理,表格制作使用 EXCEL 软件。

3 结果与分析

3.1 鹅掌楸种源间生长性状遗传变异

9 个种源的 22a 生鹅掌楸平均树高 12.44 m,平

均胸径 20.20 cm, 平均材积 0.2182 m³, 平均冠幅 3.18 m, 平均枝下高 8.35 m(表 2)。生长表现好的种源有四川叙永、贵州黎平和美国 A, 平均树高为 13.25 m, 平均胸径为 24.80 cm, 平均材积为 0.3140 m³ 3 个性状均显著高于总体平均值。生长表现中等的种源包括湖南绥宁、湖南桑植和美国 E, 平均树高为 13.47 m, 平均胸径为 19.75 cm, 平均材积为 0.2244 m³ 树高与材积略高于总体平均值, 但胸径明显低于总体平均值。生长表现较差的种源有浙江松阳、湖北峨西和南林 5, 平均树高为 10.16 m, 平均胸径为 15.89 cm, 平均材积为 0.1077 m³ 3 个性

状均低于总体平均值。

为进一步了解鹅掌楸各种源间遗传差异性, 对树高(H)、胸径(DBH)、材积(V)、枝下高(BH)和冠幅(CW)分别进行了方差分析(表 4)。各性状的方差分析结果基本一致: 树高、胸径和材积在种源间均存在极显著差异, 枝下高和冠幅在种源间存在显著差异, $F_H = 6.953$, $F_{DBH} = 6.529$, $F_V = 5.144$, $F_{BH} = 2.349$, $F_{C_w} = 2.357$ (表 4)。这表明鹅掌楸主要生长性状种源间遗传差异真实存在, 各地理群体间分化大, 具有选育潜力, 为种源选择利用以及种质资源保存评价奠定了基础。

表 2 鹅掌楸不同种源生长量多重比较

种源号	胸径(cm)	树高(m)	枝下高(m)	材积(m ³)	平均冠幅(m)
3	25.63 ± 1.87Aa	13.00 ± 1.41ABa	8.29 ± 0.99ABab	0.3262 ± 0.0742Aa	3.86 ± 0.63Aa
6	16.6 ± 2.86Bde	10.33 ± 1.15Cb	8.00 ± 1.06ABabc	0.1154 ± 0.041Cd	3.00 ± 0.71ABCc
7	24.86 ± 2.32Aa	13.06 ± 1.29ABa	9.17 ± 1.84Aa	0.3095 ± 0.0753Aa	3.72 ± 0.67ABab
9	15.27 ± 3.06Be	9.25 ± 0.94Cb	6.50 ± 1.52Bc	0.0895 ± 0.0389Cd	2.75 ± 0.69Cc
10	20.71 ± 4.86ABbc	13.70 ± 1.77Aa	8.65 ± 1.75Aab	0.2395 ± 0.1261ABCab	2.85 ± 0.53Cc
11	20.24 ± 5.44ABbcd	14.00 ± 2.69Aa	9.33 ± 2.02Aa	0.2394 ± 0.1685ABCab	3.22 ± 0.83ABCbc
13	23.89 ± 5.37Aab	13.70 ± 0.67Aa	8.60 ± 1.07Aab	0.3062 ± 0.1287Aa	3.15 ± 0.58ABCbc
17	18.29 ± 6.1Bcde	12.73 ± 2.69ABa	8.36 ± 1.75ABab	0.1941 ± 0.1654ABCbed	2.95 ± 0.65BCc
22	15.79 ± 3.98Be	10.89 ± 1.96BCb	7.56 ± 1.13ABbc	0.1183 ± 0.0587BCcd	3.17 ± 0.87ABCbc
总数	20.20 ± 5.51	12.44 ± 2.30	8.35 ± 1.62	0.2182 ± 0.1356	3.18 ± 0.73

注: 大写字母表示在 0.01 水平上显著性; 小写字母表示在 0.05 水平上显著性。

3.2 不同海拔鹅掌楸生长性状遗传变异

参试种源在试验设计时, 重复 1 位于山脊顶部(海拔 1368 m), 重复 19 和重复 20 位于山体中段的一个平坝(海拔 1298 m), 对鹅掌楸在不同海拔的生长表现进行分析, 结果见表 3。山顶上的鹅掌楸平均胸径为 17.36 cm, 平均树高为 11.86 m, 平均材积为 0.1628 m³。而位于山体中部的鹅掌楸平均胸径为 21.48 cm 和 21.94 cm, 平均树高为 13.18 m 和

12.35 m, 平均材积为 0.2474 m³ 和 0.2485 m³(表 3)。而对重复间的差异性进行方差分析, 结果表明胸径在重复间存在极显著差异, 材积在重复间存在显著差异, 而树高、枝下高和冠幅在重复间的差异不显著(表 4)。各重复间的多重比较结果见表 3。通过分析, 鹅掌楸栽植地的海拔对其胸径生长影响较大, 而对树高、枝下高和冠幅的影响较小。

表 3 鹅掌楸不同重复间的生长量多重比较

重复	胸径(cm)	树高(m)	枝下高(m)	材积(m ³)	平均冠幅(m)
1	17.36 ± 5.43b	11.86 ± 2.75b	8.18 ± 2.2a	0.1628 ± 0.1286b	3.13 ± 0.81a
19	21.48 ± 4.67a	13.18 ± 2.22a	8.58 ± 1.22a	0.2474 ± 0.124a	3.02 ± 0.70a
20	21.94 ± 5.31a	12.35 ± 1.64a	8.31 ± 1.24a	0.2485 ± 0.1394a	3.37 ± 0.66a
总数	20.20 ± 5.51	12.44 ± 2.30	8.35 ± 1.62	0.2182 ± 0.1356	3.18 ± 0.73a

注: 小写字母表示在 0.05 水平上显著性。

表 4 鹅掌楸不同性状的方差分析

性状	种源间					重复间				
	平方和	df	均方	F	显著性	平方和	df	均方	F 值	显著性
胸径	1 018.010	8	127.251	6.529	0.000	347.837	2	173.919	6.520	0.002
树高	182.820	8	22.852	6.953	0.000	23.412	2	11.706	2.295	0.108
枝下高	43.579	8	5.447	2.349	0.027	2.179	2	1.089	0.407	0.667
材积	0.533	8	0.067	5.144	0.000	0.132	2	0.066	3.850	0.025
平均冠幅	8.929	8	1.116	2.357	0.026	1.701	2	.851	1.603	0.208

3.3 鹅掌楸生长性状遗传力估算

在方差分析的基础上估算遗传参数是林木育种

中分析遗传变异规律的重要方法。对鹅掌楸生长性状的遗传参数估算, 结果见表 5。由表 5 知, 胸径的

种源广义遗传力为 0.847,树高的种源广义遗传力为 0.856,枝下高的种源广义遗传力为 0.547,材积的种源广义遗传力为 0.806,冠幅的种源广义遗传力为 0.576。5个性状的种源遗传力均大于 0.5,这表明受遗传控制程度较强,若进行性状选择,将获得较高的遗传增益。

表5 鹅掌楸生长性状遗传参数估算

性状	均值	变幅	变异系数 (%)	广义遗传力(H ²)
胸径(cm)	20.2	7.5~33.1	27.30	0.847
树高(m)	12.4	7.0~18	18.45	0.856
枝下高(m)	8.4	4.0~12	19.44	0.574
材积(m ³)	0.2182	0.0165~0.6531	62.16	0.806
平均冠幅(m)	3.2	2.0~4.5	23.11	0.576

3.4 鹅掌楸优良种源和优良单株选择

以树高、胸径和材积3个性状的生长量综合评价优良种源和优良单株。选择的标准为树高、胸径

和材积的均值+ $\frac{1}{2}$ 标准差,其中以材积性状为主要评选标准。综合评价的优良种源的结果见表6。

经综合评价,共选择了3个优良种源,分别是贵州黎平、四川叙永和美国A。入选种源平均胸径为24.79 cm,超总体均值13.25%;入选种源平均树高为13.25 m,超总体均值7.75%;入选种源平均材积为0.3139 m³,超总体均值43.87%。贵州黎平种源在胸径和材积性状获得遗传增益最多,分别是23.08%和39.88%,而在树高的遗传增益较少,仅有4.87%;四川叙永种源的树高、胸径和材积的遗传增益处于中间水平,低于贵州黎平但高于美国A种源;而美国A种源的胸径遗传增益(15.77%)和材积遗传增益(32.49%)低于四川叙永和贵州黎平,但树高遗传增益(9.74%),明显高于另外两个种源。

表6 入选优良种源生长表现

种源	胸径(cm)			树高(m)			材积(m ³)		
	均值	超总体均值(%)	遗传增益(%)	均值	超总体均值(%)	遗传增益(%)	均值	超总体均值(%)	遗传增益(%)
3	25.63	27.25	23.08	13.00	5.69	4.87	0.3262	49.48	39.88
7	24.86	23.41	19.83	13.06	6.18	5.29	0.3095	41.83	33.71
13	23.89	18.62	15.77	13.70	11.38	9.74	0.3062	40.31	32.49
入选平均	24.79	23.10	19.56	13.25	7.75	6.60	0.3139	43.87	35.36

在全部参试个体中选择优良单株,综合评选出6株优良单株(见表7)。入选单株分别是贵州黎平、四川叙永、湖南绥宁、湖南桑植、美国A和美国E各1株。入选优良单株胸径平均值为30.4 cm,超总体均值22.09%,最优单株生长量超总体均值32.93%;入选优良单株树高平均值为15.17 m,超总体均值14.47%,最优单株生长量超总体均值35.85%;入选优良单株材积平均值为0.5230 m³,超总体均值66.63%,最优单株生长量超总体均值108.07%。

表7 入选优良单株生长表现

编号	胸径(cm)		树高(m)		材积(m ³)	
	个体值	超总体均值(%)	个体值	超总体均值(%)	个体值	超总体均值(%)
1-11-1	31.5	26.51	18	35.85	0.6531	108.07
19-17-3	33.1	32.93	16	20.75	0.6439	105.14
20-3-1	28.3	13.65	15	13.21	0.4469	42.36
20-7-2	28.3	13.65	14	5.66	0.4188	33.43
20-10-2	30.0	20.48	14	5.66	0.4692	49.46
20-13-1	31.2	25.30	14	5.66	0.5064	61.31
均值	30.4	22.09	15.17	14.47	0.5230	66.63

注:编号1-11-1为重复1中种源11的1号单株。

4 结论与讨论

种源试验是最早受到重视的树种改良措施之一,是国内外对于林木遗传改良的常规方法,可以为特定地区或立地类型,提供优质、高产、稳定的种源。

通过对9个种源22a生鹅掌楸种源试验林进行调查分析表明,22a生鹅掌楸种源试验林平均树高为12.44 m,平均胸径20.20 cm,平均材积0.2182 m³,平均冠幅3.18 m,平均枝下高8.35 m。树高、胸径、材积、枝下高和冠幅在种源间均存在显著或极显著差异,开展鹅掌楸种源选育有较大的潜力,为种源选择利用及种质资源保护提供了物质基础。22a生鹅掌楸胸径的种源遗传力为0.847,树高的种源遗传力为0.856,枝下高的种源遗传力为0.574,材积的种源遗传力为0.806,冠幅的种源遗传力为0.576,种源间的遗传变异在种源水平上受中等强度遗传控制,进行性状选择可以获得较高的遗传增益。在遗传变异分析的基础上,以树高、胸径

和材积性状生长量为选择参考标准,共选择了3个速生性强的优良种源,分别是贵州黎平、四川叙永和美国A。这与李斌^[9]及李建民^[8]对中国鹅掌楸多个种源进行评价选择的结果相同。这一方面证明两种源生长优良的真实性和可信性,另一方面也证明对鹅掌楸树种进行早期选择是可行的,这与其它一些树种研究结果相似^[12-14]。入选优良种源的平均树高13.25 m,超总体均值7.75%,获得遗传增益为6.6%;平均胸径24.79 m,超总体均值23.10%,获得遗传增益19.56%;平均材积0.3139 m³,超总体均值43.87%,获得遗传增益35.36%。同时,选择出6株优良单株,平均胸径为30.4 cm,平均树高为15.17 m,平均材积为0.5230 m³,分别超总体均值22.09%、14.47%和66.63%。

本研究通过对鹅掌楸属多种源的生长评价,选择出速生性、适应性较强的优良种源和优良单株,为四川地区栽培和推广鹅掌楸提供了物质条件和理论基础,同时也验证了鹅掌楸树种的早期选择具有可行性及可靠性。

参考文献:

- [1] 国家环境保护局自然保护司保护区与物种管理处. 珍稀濒危植物保护与研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1991. 166.
- [2] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴(第一册) [M]. 北京: 科学出版社, 1987. 735.
- [3] 王章荣. 鹅掌楸属树种杂交育种与利用[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [4] 张晓飞, 李火根, 尤录祥, 等. 鹅掌楸不同交配组合子代苗期生长变异及遗传稳定性分析[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28(1): 103~108.
- [5] 朱其卫, 李火根. 鹅掌楸不同交配组合子代遗传多样性分析[J]. 遗传, 2010, 32(2): 183~188.
- [6] 韩彪, 李文清, 鲁仪增, 等. 不同种源地北美鹅掌楸光合特性研究[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(4): 73~77.
- [7] 张红莲, 李火根, 胥猛, 等. 鹅掌楸属种及杂种的SSR分子鉴定[J]. 林业科学, 2010, 46(1): 36~39.
- [8] 李建民. 马褂木地理遗传变异和优良种源选择[J]. 林业科学, 2001, 37(4): 41~49.
- [9] 李斌, 顾万春, 夏良放, 等. 鹅掌楸种源遗传变异和选择评价[J]. 林业科学研究, 2001, 14(3): 237~244.
- [10] 李斌, 顾万春, 夏良放, 等. 鹅掌楸种源材性遗传变异与选择[J]. 林业科学, 2001, 37(2): 42~50.
- [11] 骆羿, 王瑞辉, 李锡泉, 等. 湖南低山丘陵区鹅掌楸纸浆林种源选择研究[J]. 湖南林业科技, 2007, 34(2): 25~28.
- [12] 张荣贵, 蓝猛, 乔光明, 等. 红河州柚木种源试验五年评价[J]. 林业科学研究, 1999, 12(2): 190~196.
- [13] 荣文琛, 岳水林, 赵世远, 等. 马尾松造林区优良种源选择[J]. 林业科学研究, 1994, 05: 542~549.
- [14] 郑仁华, 苏顺德, 赵青毅, 等. 福建柏种源生长性状遗传变异及种源选择[J]. 福建林学院学报, 2014, 34(3): 249~254.