

鹅掌楸属种间杂种 F_1 与亲本花果数量性状的遗传变异分析*

李周岐, 王章荣

(南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏南京 210037)

摘要: 对中国马褂木、北美鹅掌楸及其种间杂种 F_1 13 个花果数量性状的研究结果表明: 花被片长度(LP)等 9 个性状在类群间差异达显著或极显著程度, 可用于类群识别; 花药长度(LA)等 11 个性状在类群内个体间差异达极显著程度, 说明类群内遗传多样性水平较高; 杂种 F_1 在雄蕊数(NS)等 8 个性状上, 中国马褂木均表现出较强的遗传优势, 花被片宽度(WP)等 4 个性状表现为偏父遗传或偏父超亲遗传; 从性状间的相关性来看, 聚合果气干质量主要由果宽决定, 大花个体其雌蕊数较少但果实较大。采用聚类分析和主成分分析能有效地对 3 个类群进行识别。

关键词: 鹅掌楸属; 种间杂种; 花果数量性状; 遗传变异

中图分类号: S718.46

文献标识码: A

木兰科(Magnoliaceae) 鹅掌楸属(*Liriodendron*) 现仅存两种, 即中国马褂木(*L. chinense* (Hemsl.) Sarg.) 和北美鹅掌楸(*L. tulipifera* L.)。1963 年, 以我国著名林木育种学家叶培忠教授为首的南京林业大学育种组开展了鹅掌楸属种间杂交工作并获得种间杂种^[1]。杂种 F_1 不仅表现出强大的生长杂种优势^[2], 而且在形态、解剖、生理、生化^[3-4] 等方面有别于双亲, 特别是杂种硕大而鲜艳的花朵使其具有重要的园林观赏价值。近年来, 80 年代末以前育成的杂种已开始开花, 杂种马褂木的利用价值也逐渐为人们所认识, 推广应用范围不断扩大, 杂交制种也在更大的规模上进行。但有许多基础性问题仍未解决, 如种间杂交中花果性状的遗传变异规律怎样? 如何正确识别杂种和亲本种等。鉴于生殖器官性状的高度遗传稳定性和重要的分类学意义^[5], 本文对中国马褂木、北美鹅掌楸及其种间杂种 F_1 的花果数量性状进行了研究, 以揭示亲本种及其杂种花果性状的遗传变异规律, 提高杂交制种的预见性。

1 材料与方法

1.1 研究材料

随机选取中国马褂木 5 株($C_1 \sim C_5$), 北美鹅掌楸 5 株($T_1 \sim T_5$), 杂种 F_1 (*L. chinense* \times *L. tulipifera*) 5 株($H_1 \sim H_5$) 作为采样植株。样株年龄均在 10a 以上, 除 T_1 生长在南京明孝陵外, 其它样株均生长在南京林业大学校园内。

1.2 研究方法

收稿日期: 2000-06-08

作者简介: 李周岐(1962-), 男, 陕西凤翔人, 副教授, 在读博士。

* 本文承蒙中国科学院植物研究所葛颂博士审阅并提出宝贵的修改意见, 特表谢意。

1.2.1 数据采集 1998年4月,在鹅掌楸盛花期,从每样株树冠中部采集充分发育但花药未裂的花10朵,测量花被片长度(LP)和宽度(WP),计算单花平均值及其比值(LP/WP)。花药经FAA固定后,测量单花雄蕊数(NS)。每朵花随机选5枚花药测量其长度(LA),并从5枚花药中各随机测量8粒花粉的极轴(LL)及赤道轴(LS)长度。1998年10月果实成熟期,从每样株树冠中部随机采集聚合果10枚,测量单聚合果翅果数(雌蕊数)(NP)、聚合果长度(LF)和宽度(WF),并计算其比值(LF/WF)。聚合果经室内气干后称量单果干质量(WW)。按每株树10个聚合果的翅果总数及其总质量计算每1000个翅果的质量(KW)。

1.2.2 统计分析 采用二级因子方差分析法进行方差分析^[6]。原始数据经标准化转换后,采用欧氏距离、系统聚类中的类平均法进行聚类分析。采用表型相关矩阵,按Jacobif法进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 性状遗传变异分析

以样株平均值分别计算中国马褂木(C)、北美鹅掌楸(T)和杂种 F_1 (H)各性状的类群平均值及中亲值((C+T)/2)(表1)。可以看出,在花被片长度和宽度、雄蕊数、花药长度、雌蕊数、聚合果长度和宽度、聚合果长宽比及气干质量、千粒翅果质量诸性状上中国马褂木与北美鹅掌楸存在明显差别。杂种 F_1 在花被片长度和宽度、花药长度、雌蕊数、聚合果长度和宽度、聚合果长宽比及气干质量、千粒翅果质量性状上表现为双亲中间型,其中,花被片长度、花药长度、聚合果长度和宽度、聚合果比宽比及气干质量、千粒翅果质量性状偏向母本,花被片宽度、雌蕊数偏向父本。雌蕊数表现为偏母超亲遗传,花被片长宽比、花粉粒极轴及赤道轴长度表现为偏父超亲遗传。

表1 花果13个数量性状的遗传变异分析

类群	LP/cm	WP/cm	LP/WP	NS/个	LA/mm	LL/ μ m	LS/ μ m	NP/个	LF/cm	WF/cm	LF/WF	WW/g	KW/g	
C	平均值	3.88	2.22	1.75	49.00	14.69	47.24	45.43	149.8	6.01	1.49	4.05	2.14	13.69
	标准差	0.23	0.07	0.11	4.19	0.99	1.47	1.14	11.05	0.38	0.08	0.21	0.32	2.28
T	平均值	5.07	3.03	1.68	33.67	21.43	47.57	41.38	79.2	5.14	1.93	2.69	2.91	35.78
	标准差	0.52	0.39	0.05	1.11	1.50	1.75	1.37	2.62	0.14	0.11	0.21	0.12	1.03
H	平均值	4.24	2.66	1.60	49.62	16.72	48.11	40.74	112.8	5.75	1.64	3.55	2.53	21.65
	标准差	0.10	0.11	0.08	4.11	1.35	2.35	1.74	8.19	0.47	0.14	0.36	0.51	5.16
(C+T)/2	4.48	2.63	1.72	41.34	18.06	47.41	43.41	114.5	5.58	1.71	3.37	2.55	24.74	
C+T)/2-H	0.24	-0.03	0.12	-8.28	1.34	-0.70	2.37	1.7	-0.17	0.07	-0.18	0.02	3.09	

2.2 性状差异性分析

按中国马褂木、北美鹅掌楸和杂种 F_1 3个类群作等级方差分析(表2)。可以看出,花被片长度和宽度、花药长度、雌蕊数、聚合果宽度5个性状在类群间差异达极显著程度,方差分量占30.88%~58.96%,说明在类群识别中有重要意义。雄蕊数、聚合果长宽比及气干质量3个性状在类群间差异达显著程度,方差分量占12.11%~39.16%,说明在类群识别中有一定价值。花被片长宽比、花粉粒极轴和赤道轴长度及聚合果长度4个性状在类群间差异未达到显著程度,说明在类群识别中意义不大。除花粉粒赤道轴长度外,其它11个性状在类群内个体间差异

均达极显著程度,方差分量占 25.71% ~ 74.41%,说明类群内遗传多样性水平较高,从而为进一步选择提供了基础。对千粒翅果质量性状按 3 个类群作单因素方差分析,结果表明 $F = 21.24^{**}$,达极显著程度,说明也可用于类群识别。

表 2 花果 12 个数量性状差异性方差分析

项目	LP	WP	LP/WP	NS	LA	LL	LS	NP	LF	WF	LF/WF	WW
F_a	10.80**	14.36**	2.61	3.84*	14.12**	0.45	2.19	6.52**	0.14	11.69**	7.23*	4.72*
$F_{b \in a}$	18.00**	19.94**	23.85**	56.21**	64.66**	32.62**	1.93	18.81**	14.31**	10.17**	43.35**	5.84**
$S_a^2/\%$	48.98	58.96	0	12.11	52.96	0	0	30.88	0	46.22	39.16	12.86
$S_{b \in a}^2/\%$	32.12	26.86	69.62	74.41	26.35	28.33	0	44.27	57.09	25.71	49.21	28.41

注: NS、NP 经平方根转换; 因素 a 为类群, 因素 b 为类群内个体; *, ** 分别指在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。表 3 同。

2.3 性状相关性分析

从 13 个性状间的表型相关系数(表 3)可以看出,花被片长宽比、花粉粒极轴及赤道轴长度分别与其它 12 个性状间均无显著相关,这在一定程度上反映了性状在遗传控制上的独立性。其余 10 个性状间表现出一定的相关性,这种相关性不仅分别存在于花部性状间和果实性状间,而且存在于花部性状和果实性状间。在 156 种性状组合中,有 38 对性状间的相关性达到显著或极显著水平,其中显著正相关的 21 对,显著负相关的 17 对。正相关最为紧密的 5 对性状依次是聚合果宽度与聚合果气干质量、聚合果气干质量与聚合果翅果质量、花被片长度与花被片宽度、花被片长度与花药长度及花药长度与聚合果千粒翅果质量,相关系数达 0.873 1 ~ 0.922 5,说明聚合果气干质量主要由果宽决定,而且大花个体其果实也较大。负相关最为紧密的 3 对性状依次是雄蕊数与聚合果翅果质量、聚合果长宽比与聚合果宽度及聚合果翅果质量,相关系数达 -0.860 3 ~ -0.916 2,说明雄蕊数越多,聚合果宽度越小,翅果也越轻。

表 3 花果数量性状间的相关系数(r 值)

性状	NP	LF	WF	LF/WF	WW	KW	性状	
LP		0.583 8*	-0.745 0**	0.772 0**	-0.615 6*	-0.916 2**	NP	
WP	0.905 9**		-0.393 4	0.698 7**	-0.070 8	-0.444 6	LF	
LP/WP	-0.113 0	-0.520 9		-0.916 1**	0.922 5**	0.920 8**	WF	
NS	-0.611 2*	-0.512 5	-0.002 4		-0.746 3**	-0.860 3**	LF/WF	
LA	0.874 0**	0.853 9**	-0.249 8	-0.720 4**		0.849 6**	WW	
LL	-0.113 0	-0.205 7	0.255 7	-0.240 8	-0.200 2		KW	
LS	0.248 2	0.232 1	-0.029 1	-0.461 2	0.310 4	0.520 3		
NP	-0.803 9**	-0.752 1**	0.163 3	0.710 5**	-0.841 2**	-0.199 5	-0.435 7	
LF	-0.443 8	-0.527 4	0.382 6	0.702 5**	-0.570 6*	-0.075 2	0.031 4	
WF	0.841 2**	0.769 1**	-0.121 5	-0.654 5*	0.839 6**	-0.110 6	0.283 7	
LF/WF	-0.749 2**	-0.748 5**	0.271 9	0.757 7**	-0.825 8**	0.022 1	-0.212 0	
WW	0.675 2**	0.566 0*	0.023 8	-0.413 5	0.646 7*	-0.094 9	0.294 6	
KW	0.839 0**	0.738 5**	-0.065 9	-0.724 5**	0.873 1**	0.022 9	0.410 7	
性状	LP	WP	LP/WP	NS	LA	LL	LS	性状

2.4 聚类分析与(杂)种识别

采用 13 个性状对 15 个样株进行聚类分析的结果见图 1。可以看出,在 4.25 的并类水平上,可把 15 个样株分为 3 类,第 1 类包括全部 5 株中国马褂木,第 2 类包括全部 5 株杂种 F_1 ,

第3类包括全部5株北美鹅掌楸。说明采用聚类分析进行杂种识别是十分有效的。从图1还可以看出,第1类与第2类的并类水平为4.45,第1、2类并类后的新类与第3类的并类水平为6.25,说明杂种 F_1 明显偏向中国马褂木,这与性状遗传分析(2.1节)的结果相一致。

2.5 主成分分析与类群识别

根据性状方差分析结果,选取在类群间差异显著或极显著的9个性状(LP、WP、NS、LA、NP、WF、LF/WF、WW、KW)进行主成分分析,表4列出了前4个主成分的特征根、贡献率、累计贡献率及特征向量值。由表4可以看出,第1主成分的贡献率为79.02%,前2个主成分的累计贡献率达87.43%,说明前2个主成分已提供了信息的绝大部分。从各特征根所对应的特征向量来看,第1主成分除雄蕊数的系数相对较小外,其它各性状系数的绝对值相差不大,说明第1主成分综合了各性状的主要信息。第2、3、4主成分各性状系数的绝对值相差较大,其中第2主成分雄蕊数的系数绝对值最大(0.7560),第3主成分聚合果气干质量的系数的绝对值最大(-0.6644),第4主成分雌蕊数的系数的绝对值最大(0.6261),所以它们依次主要代表了雄蕊数、聚合果气干质量和雌蕊数的信息。

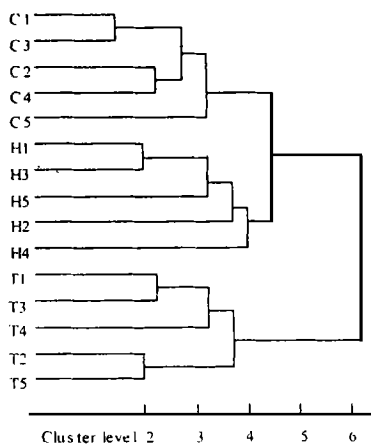


图1 样株间遗传关系聚类图

表4 特征根、特征向量、贡献率及累计贡献率

项 目	主 成 分				
	1	2	3	4	
特 征 根	7.111 6	0.757 1	0.558 5	0.274 9	
贡 献 率/%	79.017 6	8.412 4	6.205 9	3.054 2	
累 计 贡 献 率/%	79.017 6	87.430 0	93.635 9	96.690 1	
LP	0.346 3	0.232 6	0.281 6	-0.087 6	
WP	0.310 4	0.459 1	0.458 9	0.205 5	
特 征 向 量	NS	-0.269 4	0.756 0	-0.096 3	-0.314 4
LA	0.349 3	0.039 3	0.269 0	0.002 6	
NP	-0.334 7	0.231 8	-0.203 9	0.626 1	
WF	0.358 6	0.136 3	-0.313 6	0.218 9	
LF/WF	-0.347 9	0.056 4	0.129 5	-0.523 5	
WW	0.313 0	0.241 6	-0.664 4	-0.158 1	
KW	0.359 9	-0.168 0	-0.174 2	-0.335 2	

分别计算各样株第1、2主成分值并按散点图聚类。15个样株可明显按中国马褂木、北美鹅掌楸和杂种 F_1 聚为3类。从第1主成分看,北美鹅掌楸第1主成分值最大(变幅2.1224~4.5308,平均3.4362),杂种 F_1 (变幅-1.6693~0.8069,平均-0.1819)居于两个亲本类群之间并偏向中国马褂木(变幅-1.8094~-2.9592,平均2.4358),由于各类群变幅不相互重叠,说明仅用第1主成分也可对各类群进行区分。

3 结论与讨论

(1) 鹅掌楸属种间杂种 F_1 在花被片长度、雄蕊数、花药长度、聚合果长度和宽度、聚合果长宽比及气干质量、千粒翅果质量 8 个性状上, 中国马褂木均表现出较强的遗传优势。花被片宽度、花被片长宽比、花粉粒极轴长度和雌蕊数表现为偏父遗传或偏父超亲遗传。

(2) 在 13 个花果数量性状中, 花被片长度和宽度、花药长度、雌蕊数、聚合果宽度和长宽比、聚合果气干质量及千粒翅果质量 9 个性状在类群间差异达显著或极显著程度, 可用于类群识别。除花粉粒赤道轴长度和千粒翅果质量外, 其它 11 个性状在类群内个体间差异均达极显著程度, 说明类群内遗传多样性水平较高。

(3) 从花果性状间的相关性看, 聚合果气干质量主要由果宽决定, 大花个体其雌蕊数较少但果实较大。利用花果数量性状, 通过聚类分析和主成分分析可有效地进行类群识别。

参考文献:

- [1] 南京林产工业学院 林学系育种组. 亚美杂种马褂木的育成[J]. 林业科技通讯, 1973, (12): 10~11.
- [2] 王章荣. 中国马褂木遗传资源的保存与杂交育种前景[J]. 林业科技通讯, 1997, (9): 8~10.
- [3] 刘洪涛. 中国鹅掌楸、美国鹅掌楸及其杂种在形态和生长形状上的遗传和变异[J]. 浙江林业科技, 1991, 11(5): 18~22.
- [4] 叶金山, 王章荣. 杂种鹅掌楸叶解剖结构特征的识别[J]. 植物资源与环境, 1997, 6(4): 58~60.
- [5] 复旦大学遗传研究所译. 植物的变异与进化[M]. 上海科技出版社, 1963.
- [6] 陶潮. 数理统计方法应用[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994. 279~292.

Inheritance and Variation of Floral and Fruit Quantitative Traits of *Liriodendron* Interspecific Hybrid and Its Parent Species

LI Zhou-qi, WANG Zhang-rong

(College of Forest Resource & Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: Thirteen floral and fruit quantitative traits of *Liriodendron* interspecific hybrids (*L. chinense* × *L. tulipifera*) and its parent species were studied. The results showed that great differences among groups were found for the length of perianth segment (LP) and 8 other traits, which could be used in group-discrimination. The length of anther (LA) and 10 other traits are different significantly among individuals in groups. This indicates that there has higher level polymorphism in groups. Compared with *L. tulipifera*, the hybrids are more like *L. chinense* in the number of stamen (NS) and 7 other traits, while the width of perianth segment (WP) and 3 other characters showed patroclinal inheritance or patroclinal transgressive inheritance. By means of the methods of cluster analysis and principal components analysis the specimens were grouped successfully.

Key words: *Liriodendron*; interspecific hybrid; floral and fruit quantitative traits; inheritance and variation