

中国海菜花属植物的性状分析*

何景彪 孙祥钟 王徽勤

(武汉大学生物系, 武汉 430072)

钟 扬 黄德世

(中国科学院武汉植物研究所, 武汉 430074)

提 要 本文对中国海菜花属全部已知分类群的84个形态学、生物学和生态学性状, 进行了R分析和主成分分析。R分析结果表明, 被研究的性状可明显地划分为若干组高度相关的性状, 它们或表明本属向次生性陆生和异花传粉方向演化, 或具重要的分类价值。主成分分析结果表明, 仅前16个主成分几乎可保留84个性状的全部信息量, 这说明在中国海菜花属分类研究中所选性状很合理; 前3个主成分可保留总信息量的76.56%, 说明在三维空间内能较好地反映中国海菜花属所有已知分类群间的相对位置。

关键词 海菜花属; R分析; 主成分分析

海菜花属 *Ottelia* (L.) Pers. 是水鳖科中最大的一个属, 现知约20种^[1], 中国产4种1变种^[2]。该属植物形态变异巨大, 给分类带来了相当大的困难。本文作者在对中国海菜花属作了较为系统深入研究^[2]的基础上, 又利用数值分类学的R分析和主成分分析方法, 对中国海菜花属全部已知分类群的84个形态学、生物学和生态学性状进行了数量分析, 旨在揭示若干性状间的内在相关性及其生物学意义, 并对今后本属分类中的性状选取提供更为客观的科学依据。

材 料 与 方 法

用于分析的性状详见表1所列。以各分类群的居群为单位测量性状值并进行统计学处理, 每个居群样本观测标本30—70份, 一共观测了18个野生居群样本, 涉及中国海菜花属全部已知的4种1变种^[2,3]。选取的性状分二态性状、数量多态性状和质量多态性状三类, 其编码详见表1。

性状的R分析根据文献[4]所应用的方法; 在聚类的树系图上根据文献[5]的原则作结合线 I ; 主成分分析按文献[1]汇集的方法。数学运算采用BASIC语言编写程序,

本文于1991年1月30日收到。

*国家自然科学基金青年基金资助项目。蒙陈宝联同志绘图, 谨此致谢。

在中国科学院武汉植物研究所IBM-PC/XT型微机上完成。

表 1 中国海菜花属植物的性状和编码类型

Table 1 The characters and their coding types of Chinese *Ouelia*

序号 No.	性 状 Character	类型 Type	序号 No.	性 状 Character	类型 Type
1	茎长	N	43	萼片宽	N
2	茎粗	N	44	花冠颜色	T
3	具浮水叶否	T	45	果远长于佛焰苞否	T
4	浮水叶长	N	46	花瓣长	N
5	浮水叶宽	N	47	花瓣宽	N
6	浮水叶纵脉数目	N	48	花瓣纵褶数	N
7	浮水叶中脉与相邻纵脉距离	N	49	花瓣形状	M
8	浮水叶柄长	N	50	子房长	N
9	浮水叶鞘长	N	51	子房宽	N
10	浮水叶柄横切形状	M	52	子房横切形状	T
11	全具沉水叶否	T	53	子房室数	N
12	沉水叶长	N	54	果长	N
13	沉水叶宽	N	55	果宽	N
14	沉水叶柄长	N	56	有弯曲果否	T
15	沉水叶鞘长	N	57	果棱具刺状况	M
16	沉水叶中脉与相邻纵脉距离	N	58	花柱长	N
17	沉水叶形	M	59	柱头长	N
18	沉水叶缘状况	M	60	花柱具毛否	T
19	沉水叶柄附属物	M	61	花柱数目	N
20	沉水叶鞘附属物	M	62	退化雌蕊长	N
21	沉水叶纵脉数目	N	63	花瓣基部腺体长	N
22	沉水叶中脉与相邻纵脉于基部接近否	T	64	花瓣基部腺体颜色	M
23	沉水叶质地	T	65	雄花退化雄蕊数	N
24	沉水叶纵脉具刺状况	M	66	雌花退化雄蕊数	N
25	沉水叶基形状	M	67	雄花退化雄蕊形状	M
26	沉水叶尖形状	M	68	雌花退化雄蕊形状	M
27	花的性别	T	69	雄花退化雄蕊长	N
28	每佛焰苞中雄花数	N	70	雌花退化雄蕊长	N
29	每佛焰苞中子房数	N	71	雄蕊轮数	N
30	佛焰苞附属物	M	72	雄蕊等长否	T
31	佛焰苞脉(脊)数目	N	73	雄蕊数目	N
32	佛焰苞长	N	74	花药长	N
33	佛焰苞宽	N	75	花丝长	N
34	佛焰苞梗长	N	76	花丝膨大否	T
35	佛焰苞梗下部横切形状	M	77	花丝具毛否	T
36	雌性或两性佛焰苞横切形状	T	78	雄花柄长	N
37	雌性或两性佛焰苞质地	T	79	种子具毛状况	M
38	佛焰苞棱发达否	M	80	种子形状	T
39	佛焰苞梗具刺状况	M	81	种子长度	N
40	雌性或两性花萼片质地	T	82	生境类型	M
41	萼片中脉具刺否	T	83	水深	N
42	萼片长	N	84	分布区类型	M

N: 数量性状; M: 多态性状; T: 二态性状。

N: Numerical character; M: Multistate character; T: Two-state character

结果与讨论

1. 84个性状的R分析

图1是84个性状的R分析树系图。由于性状太多，为便于讨论，需在图上适当位置作结合线 l ，以将所有性状分成若干组。除单个性状不予讨论外，下面分别讨论由结合线 l 划出的10个性状组。

A组是10个组中最大的一组，由以下14个性状组成：

具浮水叶否 (3)	浮水叶柄横切形状 (10)
浮水叶长 (4)	浮水叶中脉与相邻纵脉在基部接近否 (22)
浮水叶宽 (5)	佛焰苞质地 (37)
浮水叶纵脉数 (6)	萼片质地 (40)
浮水叶中脉与相邻纵脉距离 (7)	子房室数 (53)
浮水叶柄长 (8)	花柱数目 (61)
浮水叶鞘长 (9)	雄花退化雄蕊长度 (69)

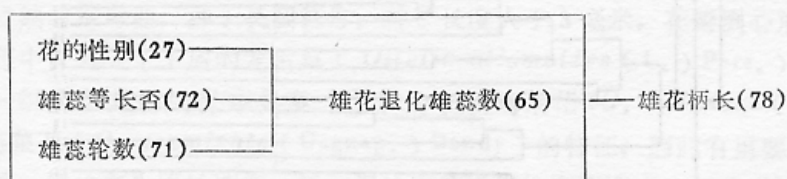
分析A组性状，不难看出它有这样一些特点：①集中了水菜花 (*O. cordata sensus lato*，包括 *O. emersa* 和 *O. heterophylla*^[8]) 显著区别于中国产的其他种类的所有检索性状；②包括了浮水叶的全部性状；③佛焰苞质地和萼片质地高度相关，二者在水菜花中均为革质，利于保护花及正在发育的果实免受干燥^[10]；它们与浮水叶的存在相关，反映本属植物向次生性陆生方向演化^[3]。

B组仅包括萼片长 (42) 和花瓣长 (46) 两个性状；二者相关的事实反映了花部器官性状相互关联的性质，它们直接影响着花的大小，对传粉媒介或方式有一定的影响。

C组也只有两个性状：萼片宽 (43) 和花药长 (74)。二者的相关性主要反映了它们具重要分类价值：其数值大小在水菜花 (包括出水水菜花) 与国产其余分类群之间形成明显的间断。

D组由7个性状组成，全为花部器官性状。在树系图上可明显地划分成两组高度相关的性状。

D₁组性状间的内在关系是：



D₁组性状以花的性别为核心而聚合成一组：凡两性花的种则雄蕊等长，具1轮雄蕊，无退化雄蕊，无雄花柄 (因无雄花)；凡单性花者则雄蕊异长，具4轮雄蕊，有1—3枚退化雄蕊，具将雄花托出佛焰苞外的花柄。因此，这组相关性状不仅具有很高的分类价值，而且具有重要的生物学意义，即反映了本属植物向着日益特化的异花传粉方向演化。

D₂组性状的内在关系是：

花瓣基部腺体长 (63) —— 雄蕊数目 (73)

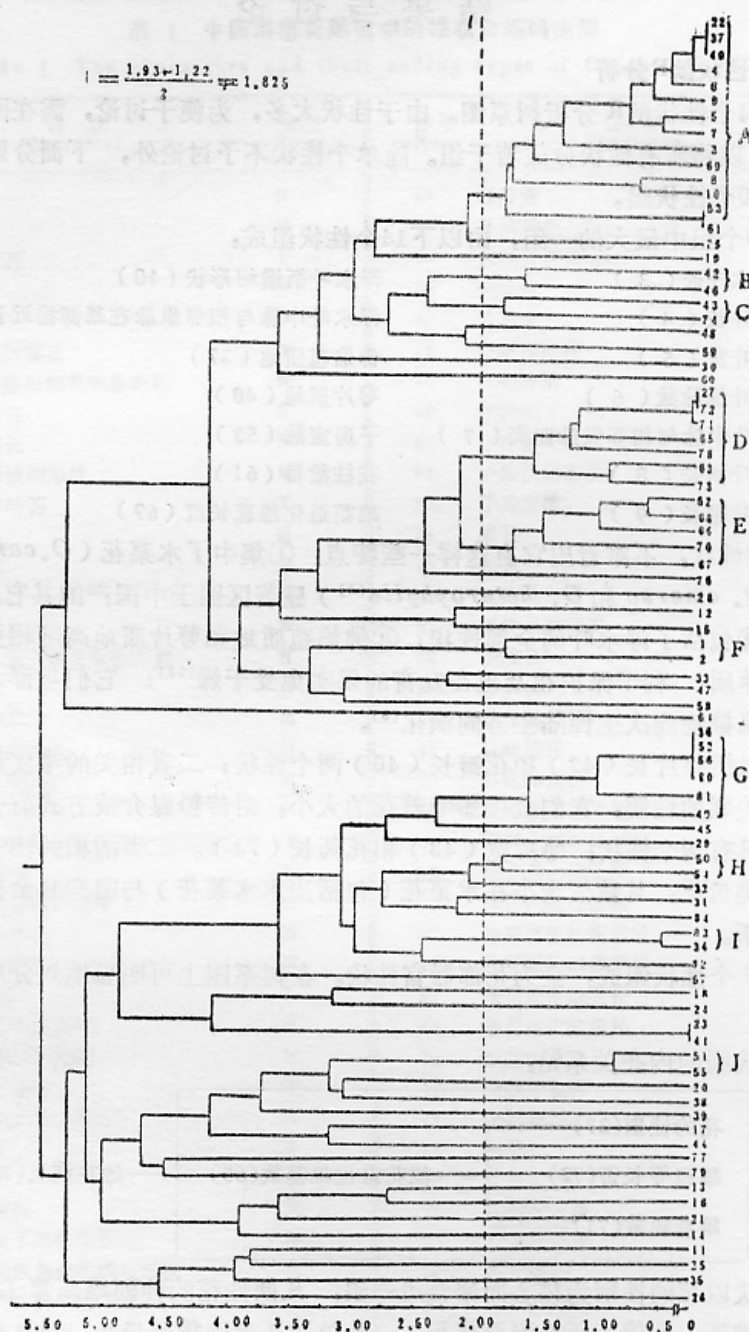


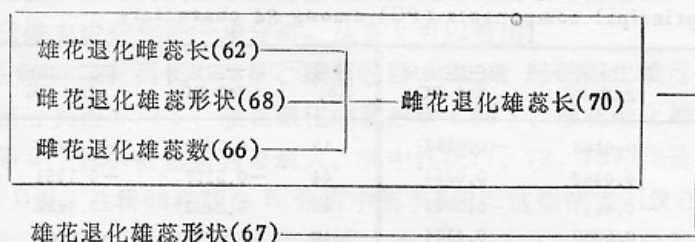
图 1 中国海菜花属植物84个性状的 R 型分析树系图 距离系数(UPGMA)

Fig.1 R cluster analysis dendrogram of the 84 characters of Chinese *Ottelia*, distance coefficient (UPGMA)

这两个性状相关仍因花的性别所致：凡两性花者，则花瓣基部腺体小（<2mm）、雄蕊数目较少（3—9枚）；单性花者则花瓣基部腺体较大（约3mm）、雄蕊较多（12

枚)。花瓣基部腺体即融合的退化雄蕊, 其作用是吸引昆虫传粉^[10]。这同雄蕊数目增多的效果一样, 有利于提高传粉效率。故D₂组性状也反映了海菜花属向异花传粉方向演化。

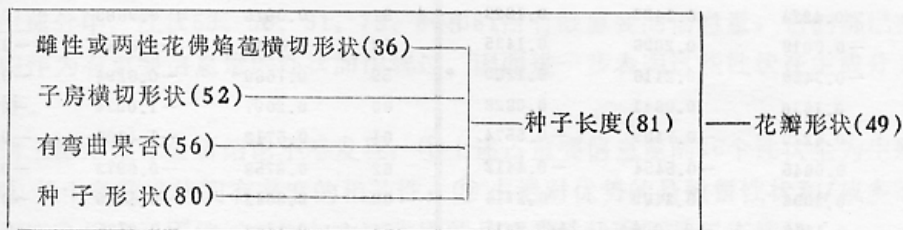
E 组有 5 个性状, 全为单性花种的花部特征。其内在关系如下:



这组性状相关的具体含义是: 雄花退化雄蕊较长者 (2—3 mm) 则雌花具线形分叉的退化雄蕊 4—12 枚; 雄花退化雄蕊较短者 (常 < 1.5 mm) 则雌花仅具 3 枚线形不分叉的退化雄蕊。这些性状状态的值彼此间断明显。前一组状态是水菜花的特征, 后一组状态对应于海菜花^[2], 因而具重要分种价值。

F 组由茎长 (1) 和茎粗 (2) 两个性状组成, 相关含义是茎较长者一般也较粗, 但相关不显著。这两个性状对判定植株年龄有一定参考价值。

G 组包括 6 个性状, 其内在关系如下:



本组性状有两个特点: ① 全为生殖器官性状; ② 性状 36、52、56、80 四者高度相关, 与性状 81 也有较高的相关性。其相关的具体含义是: 凡佛焰苞横切形状为圆形至近圆形者, 其中的子房横切也为圆形至近圆形, 果直而决非弯曲, 种子纺锤形, 种子长度小于 2 毫米, 花瓣卵形; 凡佛焰苞横切为椭圆形或近半圆形至新月形者, 则子房横切为三角形, 果成熟时常弯曲, 种子长圆柱形, 种子长度大于 3 毫米, 花瓣倒心形。前一组状态为佛焰苞中仅有一个子房的龙舌草 (*Ottelia alismoides* (L.) Pers.) 和水菜花的特征; 后一组状态是佛焰苞中具多个子房的巴氏海菜花 (*O. balansae* (Gagnep.) Dandy) 和海菜花 (*O. acuminata* (Gagnep.) Dandy) 的特征, 因此有重要分类价值。有趣的是, 前一组状态为原始性态, 后一组状态是进化性态^[8,10], 这反映出性状进化的同步性。

H 组和 J 组均只有 2 个性状, 其中 H 组为果长 (54) 和子房长 (50), J 组为果宽 (55) 和子房宽 (51)。因为果实系子房发育而来, 所以这两组性状分别相关便不难理解了。

I 组包括佛焰苞梗长 (34) 和水深 (83) 两个性状, 二者高度相关具明显的生物学意义: 佛焰苞梗必须长到足以将花托出水面的程度, 以便被昆虫传粉。目前几乎可以肯定, 海菜花属的所有种类都是由昆虫传粉的^[6]。

2. 84个性状的主成分分析

分析发现, 仅前 8 个主成分便可保留 84 个性状总信息量的 95.45%, 而前 16 个主成

表 2 84 个性状对前 3 个主成分的负荷量

Table 2 The information loading possessed by the first three principal components (PC) among 84 characters

序号 No.	第一主成分 1st PC	第二主成分 2nd PC	第三主成分 3rd PC	序号 No.	第一主成分 1st PC	第二主成分 2nd PC	第三主成分 3rd PC
1	0.3520	-0.0196	-0.0163	43	0.7279	-0.6482	-0.4104
2	0.6509	0.0302	0.0254	44	-0.5177	-0.1951	-0.1819
3	0.3099	-0.4617	-0.3843	45	0.2401	0.8237	0.5914
4	0.3286	-0.5038	-0.4134	46	0.6291	-0.8583	-0.5454
5	0.3452	-0.5245	-0.4237	47	0.7450	0.2132	-0.0787
6	0.3528	-0.5503	-0.4378	48	0.8485	-0.7246	-0.4424
7	0.3671	-0.5672	-0.4440	49	0.2499	0.8416	0.6050
8	0.3264	-0.5669	-0.4381	50	0.6422	0.4534	0.3567
9	0.3717	-0.6233	-0.4746	51	0.2346	-0.4489	-0.2869
10	0.3457	-0.6144	-0.4599	52	0.1464	1.0587	0.7311
11	-0.4015	0.6825	0.5047	53	0.5271	-1.2590	-0.8084
12	0.4774	-0.0278	0.0095	54	0.4688	0.8469	0.5952
13	-0.0080	0.3129	0.2346	55	0.2508	-0.6174	-0.3752
14	0.1352	0.0719	0.0530	56	0.1495	1.1923	0.7896
15	0.4224	0.1493	0.1323	57	0.0075	0.9063	0.5935
16	-0.0019	0.2093	0.1435	58	0.6739	-0.6842	-0.3888
17	-0.3459	0.2116	0.1260	59	0.7669	-0.6294	-0.3606
18	0.1836	0.0841	0.0828	60	0.2097	-1.0934	-0.6717
19	0.4270	-0.7409	-0.5574	61	0.5712	-1.4708	-0.8957
20	0.0645	-0.5454	-0.4412	62	0.8758	-0.6973	-0.3740
21	0.3093	0.3409	0.2714	63	0.8642	-0.1445	-0.0259
22	0.4380	-0.7606	-0.5417	64	0.1442	-0.2325	-0.1195
23	-0.0803	0.1897	0.1512	65	0.7806	-0.1428	-0.0262
24	0.1970	0.2737	0.2141	66	0.9079	-0.8962	-0.4821
25	-0.3607	0.6082	0.4427	67	0.8909	-0.5324	-0.2501
26	-0.4721	0.1304	0.0634	68	0.9832	-0.7881	-0.3964
27	0.5516	-0.0293	0.0209	69	0.9118	-1.2365	-0.6721
28	0.3842	0.1012	0.1031	70	1.0513	-0.6708	-0.3031
29	0.1200	0.6488	0.4937	71	0.9766	-0.2033	-0.0140
30	0.3085	-0.7908	-0.5695	72	1.0061	-0.2127	-0.0144
31	0.5950	0.0799	0.0949	73	1.0675	-0.3807	-0.1243
32	0.5078	0.2923	0.2492	74	1.0136	-1.2475	-0.6788
33	0.6185	-0.0811	-0.0286	75	0.7942	-1.5502	-0.8495
34	0.3965	0.3136	0.2420	76	0.9139	0.1484	0.0479
35	-0.3219	0.3174	-0.2113	77	0.0841	-0.8837	-0.5359
36	0.1283	0.8555	0.6353	78	1.1649	-0.5184	-0.1654
37	0.4951	0.8746	0.5936	79	-0.0204	-0.3860	-0.2623
38	-0.1642	-0.3306	-0.2842	80	0.2074	1.3944	0.8808
39	-0.0033	0.0020	0.0047	81	0.3095	1.2863	0.8176
40	0.5116	-0.9113	-0.6093	82	0.6348	0.3379	0.2360
41	-0.0565	0.2423	0.1784	83	0.7342	0.6056	0.4195
42	0.6066	-0.5886	-0.3749	84	0.8798	0.5212	0.4096

分的累计信息比达到 99.99%, 即几乎能保留 84 个性状的全部信息量。这说明在中国海菜花属的分类研究^[2]中, 所选性状很合理, 能成功地将 84 维性状空间降低到低维空间, 信息量却损失很小。进而言之, 仅前三个主成分即可保留总信息量的 76.56%, 充分说明在三维空间内能较好地反映出中国海菜花属分类群间的相对位置。

下面对前三维主成分作进一步分析。从表 2 可以看出:

第一主成分中, 雄花柄长 (78)、雄蕊数目 (73)、雌花退化雄蕊长 (70)、花药长 (74)、雄蕊等长否 (72)、雌花退化雄蕊形状 (68)、雄花退化雄蕊长 (69) 和雄蕊轮数 (71) 等 8 个性状信息负荷量最大。其中性状 71、72、73 和 78 是一组相关性状, 在 R 分析中属于 D 组, 性状 68 和 70 在 R 分析中属于 E 组。这些性状不仅在 R 分析中相关性较高, 而且在主成分中具重要的信息负荷量, 进一步肯定了它们的分类价值, 仅以这些性状即可区分中国海菜花属各分类群。

在第二主成分中, 有弯曲果否 (66)、花柱数 (61)、子房室数 (53)、雌花或两性花萼片质地 (40)、子房横切形状 (52)、花丝长 (75)、种子形状 (80)、种子长度 (81) 和雄花退化雄蕊长 (69) 等 9 个性状占有很大的信息量。其中性状 52、56、80 和 81 密切相关, 在 R 分析中属于 G 组; 性状 40、53 和 61 也是一组相关性状, 在 R 分析中属于 A 组; 性状 69 在第一主成分中也占有重要的信息量。因此, 第二主成分的这 9 个性状分类价值也很高。

第三主成分中, 性状 53、56、61、75、80 和 81 占有最重要的信息量, 它们都已在第二主成分中作为有重要信息量的性状而出现。因而进一步表明这些性状在主成分分析中的重要性。

总结前三维主成分分析结论不难发现: ① 上述占重要信息量的 16 个性状全为生殖器官性状; ② 其中多数性状间有高度的相关性; ③ 占绝对优势的是数量性状和/或多态性状, 这表明在高维空间压缩过程中起主要作用的是这类性状而不是二态性状。

参 考 文 献

- 1 阳含熙, 卢泽愚. 植物生态学的数量方法, 北京: 科学出版社, 1981: 232—252
- 2 何景彪. 中国海菜花属的系统植物学与物种生物学研究, 武汉: 武汉大学出版社, 1991
- 3 何景彪等. 武汉植物学研究, 1991; 9(2): 121—129
- 4 钟扬, 张尧艳. 武汉植物学研究, 1987; 5(1): 49—58
- 5 徐克学, 李德中. 植物分类学报, 1983; 21(1): 34—41
- 6 Cook C D K. Pollination mechanisms in the Hydrocharitaceae, in "Studies on Aquatic Vascular Plants" (Symoens et al. eds.), Royal Botanical Society of Belgium, Brussels, 1982: 1—15
- 7 Cook C D K, K Urmi-König. *Aquat Bot*, 1984; 20: 131—177
- 8 He J B, Sun X Z. *Aquat Bot*, 1990; 36: 395—398
- 9 Kaul R B. *Amer J Bot*, 1969; 56: 951—959
- 10 Kaul R B. *Amer J Bot*, 1970; 57: 708—715

ANALYSES ON THE CHARACTERS OF THE GENUS *OTTELIA* (HYDROCHARITACEAE) IN CHINA

He Jingbiao, Sun Xiangzhong, Wang Huiqin

(Department of Biology, Wuhan University, Wuhan 430072)

Zhong Yang, Huang Deshi

(Wuhan Institute of Botany, Academia Sinica, Wuhan 430074)

Abstract The present paper made a R cluster analysis and a Principal component analysis (PCA) on the 84 characters including morphological, biological and ecological ones of all the taxa of *Ottelia* so far known from China. R cluster analysis results showed that the characters studied could be obviously divided into several highly-related character groups which either suggested the genus tends to become secondarily terrestrial and highly cross-pollinated or were of great taxonomic importance. The results through PCA revealed that, ① only the first sixteen principal components comprise almost total information amount possessed by 84 characters, which indicates that the characters selected for classifying Chinese *Ottelia* are quite reasonable, and ② merely the first three principal components accounts for 76.56% information amount of that possessed by all characters, which further means that in a tri-dimensional space the relative position among all the taxa of Chinese *Ottelia* could be depicted successfully.

Key words *Ottelia*, R cluster analysis, Principal component analysis