

# 荷花的重瓣化与 染色体组型变异的相关性\*

黄国振 何子灿 陈纯章 徐立铭

(中国科学院武汉植物研究所)

## THE RELATIVITY BETWEEN FLOWER DOUBLING AND KARYOTYPE VARIATION OF THE LOTUS

Huang Guozhen He Zicun  
Chen Chunzhang and Xu Liming

(Wuhan Institute of Botany, Academia Sinica)

### 提 要

本工作观察比较了一些野生与栽培荷花中, 单瓣与不同重瓣程度品种间的染色体倍性及其组型结构的差异。实验证明, 荷花的重瓣化是由于某些染色体的结构发生突变所致, 而与倍性无关。无论在野生或栽培品种中, 均未发现有自然多倍体的存在, 其体细胞染色体数皆为 $2n=16$ 。单瓣品种经人工加倍成四倍体后, 未能由单瓣变为重瓣, 重瓣品种加倍后, 并未因染色体数的加倍而增进其重瓣的程度。

### 一、前 言

重瓣化是很多花卉植物在人工培育与选择条件下的主要演变方向之一, 如牡丹、芍药、月季、梅花、茶花等都有各种不同重瓣程度的品种。重瓣品种具有较高的观赏价值, 特别是一些高度重瓣品种, 多为珍奇佳种。

荷花是我国的传统名花之一, 有悠久栽培历史<sup>(1)</sup>。经数千年的栽培与选择, 从野生莲演变成为今藕莲、子莲、花莲三大栽培类型。藕莲以其地下茎长藕为其主要演变方向, 子莲则主要是提高种子的产量与品质, 其花瓣基本保单瓣特征, 花莲则以重瓣化为

\*本文于1982年6月收到。

\*本工作得到张俊波教授的指教, 刘仕恒同志曾参加部分试验工作, 特此致谢。

其主要演变方向,某些高度重瓣的品种已经完全丧失结实能力。

荷花的重瓣化是雌雄蕊群的不同程度变异所致,在单瓣品种中偶尔也可见到个别花药变成不完全的花瓣。花药变瓣主要是药隔及花丝组织变宽,药室和附属物退化而变成花瓣。在只有少数花药变瓣的低级阶段,花瓣数增多,产生半重瓣品种。当大部分全部花药变瓣时,花瓣显著增多,形成重瓣品种。重瓣性强的品种,结实能力下降,在一些品种中可以看到心皮瓣化的趋势,其心皮往往膨大呈空腔状,突出于花托的表面,基本丧失结实的能力,当心皮亦全部瓣化时,则形成重台花型。有个别品种不仅雌雄蕊群全部瓣化,而且花托也瓣化,其花朵全由花瓣组成,如“千瓣莲”,它的花芽分化与开花过程极为特殊,从花芽开始分化到雄蕊的最后脱落,全是花瓣的无限增生过程。当其花芽分化到相当于雄蕊群建成的阶段时,所有原始体全部分化成花瓣。当生长锥分化到相当于花托建成的部位时,生长锥分离成多个分生中心,各自继续增生花瓣,其结果是形成花中小花。当各分生中心分化到相当于心皮建成的部位时,又以心皮着生部位各自建立分生中心或相连接成分生带,继续增生花瓣。因此,当进入开花期后,外部花瓣渐次脱落,而花内的各小分生中心仍继续无限增生花瓣。当雌蕊变瓣层的花瓣全部脱落时,现出中间数个花蕾,形似多蕾并着,故称“并蒂莲”,各小花的花瓣继续增生并不断脱落,直至整朵花的枯萎。

花瓣的重瓣化虽是很多花卉植物遗传性变异的重要特征之一,但国内迄今对其遗传基础的研究甚少。近年李恩学等研究芍药不同重瓣程度的品种染色体组C值的差异,表明它们的倍型结构是有区别的<sup>(1)</sup>。由于荷花中高度重瓣化的品种已完全丧失结实的能力,难于再用作育种的材料,而从低级重瓣的品种间杂交中又不可能选育出比亲本更高重瓣化的品种。因此,探明不同重瓣程度品种间染色体组结构的差异,不仅可以从理论上阐明重瓣化的遗传变异基础,而且对新品种的选育有直接的指导意义。

## 二、材料与方法

### 1. 材料:

(1) 为了探明重瓣化与染色体倍性的关系,观察了莲的三大栽培类型中的主要品种及一些野生类型的染色体数,主要有:真莲—“湖南泡”、“六月暴”,子莲—“红花建莲”、“白花建莲”、“湘莲”,花莲—“白碗莲”、“白滚莲”(重瓣)、“红千叶”(重瓣)、“重台莲”、“并蒂莲”;野生莲—“中国古代莲”、“大翼莲”(日本)、“粉香台”(南京玄武湖)。

将单瓣的“白花建莲”、“红花建莲”、“湖南泡×东湖野藕”杂种及重瓣品种“红千叶”进行人工加倍处理,诱导四倍体,以观察是否因染色体的加倍而由单瓣变为重瓣。

(2) 为了比较不同重瓣程度品种间的染色体组型结构的差异,选用“中国古代莲”、“红千叶”、“重台莲”、“并蒂莲”等代表由野生单瓣到高度重瓣品种的不同等级,以“中国古代莲”的染色体组为基准组型进行比较,各品种简述如下:

中国古代莲,系辽宁省普兰甸出土的古莲子后代实生苗无性系,花草瓣,淡粉红

色。

红千叶，栽培花莲品种，雄蕊部分瓣化，雌蕊发育正常。花重瓣，红色。

重合莲，珍贵品种，雌蕊亦瓣化，高度重瓣，完全丧失结实能力，花粉红色。

并蒂莲，珍贵品种，不仅雌蕊瓣化，花托亦瓣化，花瓣无限增生，花色粉红。

## 2. 方法：

(1) 染色体制片全部采用无性系根尖，材料固定前用0.05%秋水仙素溶液予处理2小时，用酒精醋酸(3:1)固定24小时，转入75%酒精中保存于低温条件下。

(2) 为了在组型分析比较的基础上观察某些染色体结构上的突变，染色体制片按Giemsa分带技术程序进行<sup>[10][4]</sup>。根尖用60°C 1N HCl水解10-12分钟并用45%醋酸压片，冰冻制片后气干10天以上。片子经饱和Ba(OH)<sub>2</sub>和2×SSC盐液液处理后，用PH 7.2 Giemsa染料染色，中性树胶封片。每品种制片根尖数在100个以上，光学显微照片放大800倍，每品种拍摄染色体分散良好的分裂相50个以上。为了测量染色体长度，照片放大5440倍。

(3) 用于比较的四个品种，各选取较一致的分裂相10个，测算了染色体的各项长度指标，根据臂比和着丝点指数确定各对染色体着丝点位置，并据此确定各品种的染色体组型，在此基础上比较各品种各相应染色体形态结构上所表现的差异。

(4) 各品种的染色体组均按长度依次排列，带随体染色体排在最后。为便于分析比较，有的染色体虽因发生结构变异而增长或缩短，但其排列的位置仍不更动(图版I<sub>2</sub>)。

## 三、结果与分析

1. 在本试验所观察到的品种中，无论是野生莲或是栽培莲，全部是二倍体，其体细胞的染色体数皆为16(图版I<sub>1,2</sub>)，未发现有自然多倍体的存在。单瓣品种“红花建莲”、“白花建莲”、“湖南莲×末湖野莲”杂种及重瓣品种“红千叶”，在人工诱导成为四倍体后，只表现出一般多倍体植物所具有的形态特征，如植株高大、长势旺盛、叶片宽厚、叶色深绿、花大色艳等(图版I<sub>3,4,5</sub>)，并未能因染色体数的倍增而使单瓣变为重瓣或使重瓣品种增进其重瓣程度。可见荷花的重瓣化与染色体的倍性无直接的相关性。

2. 各品种每对染色体的各项长度指标见附表所列，各染色体的形态特征见图版I及附图所示，其特点如下：

中国古代莲。第一对染色体具近端着丝点，第二对为近中着丝点，第三、四、五、六对为中着丝点，第七、八对为带随体染色体，其中前者具端着丝点，后者为近中着丝点。

红千叶。第一对染色体具近端着丝点，第二、四对具近中着丝点，第三、五、六、八对为中着丝点，第七、八对为带随体染色体，第七对具端着丝点，第八对为近端着丝点。

附表 荷花不同发育程度品种染色体长度指标和着丝点位置

染色体序号	品种名称	染色体长度(微米)		长臂长度(微米)		短臂长度(微米)		相对长度(%)	着丝点位置	
		X	Sx(±)	X	Sx(±)	X	Sx(±)		臂型	着丝点位置
1	A	3.95	0.28	2.97	0.27	0.81	0.28	22.51	0.25	ST
	B	4.30	0.05	3.27	0.51	1.01	0.19	22.58	0.31	ST
	C	4.30	0.29	3.15	0.29	1.00	0.10	23.18	0.32	ST
	D	4.00	0.34	3.24	0.32	0.97	0.11	21.57	0.23	ST
2	A	2.35	0.20	1.61	0.15	0.69	0.08	15.28	0.43	SM
	B	2.54	0.27	1.75	0.26	0.75	0.11	15.41	0.43	SM
	C	2.84	0.37	1.91	0.15	1.23	0.18	14.99	0.70	M
	D	2.45	0.21	1.64	0.19	0.74	0.04	13.78	0.47	SM
3	A	2.29	0.18	1.40	0.15	0.85	0.07	12.05	0.61	M
	B	2.47	0.29	1.55	0.17	1.01	0.14	12.99	0.79	M
	C	2.45	0.30	1.71	0.24	0.91	0.07	15.06	0.54	SM
	D	2.32	0.38	1.32	0.15	0.99	0.12	15.57	0.71	M
4	A	1.90	0.20	1.15	0.12	0.70	0.10	10.82	0.61	M
	B	2.19	0.24	1.37	0.24	0.79	0.08	11.44	0.55	SM
	C	2.34	0.27	1.42	0.18	0.85	0.11	11.44	0.61	M
	D	1.98	0.13	1.26	0.13	0.71	0.08	10.47	0.61	SM
5	A	1.40	0.09	0.81	0.07	0.63	0.07	7.97	0.66	M
	B	1.61	0.14	0.92	0.13	0.69	0.08	8.40	0.72	M
	C	1.78	0.17	1.01	0.13	0.75	0.09	8.78	0.75	M
	D	1.69	0.10	0.97	0.09	0.68	0.05	9.12	0.79	M
6	A	1.50	0.09	0.74	0.08	0.48	0.07	7.50	0.65	M
	B	1.50	0.14	0.85	0.09	0.62	0.07	7.87	0.74	M
	C	2.27	0.20	1.35	0.15	1.01	0.11	5.85	0.74	M
	D	1.60	0.09	0.99	0.11	0.61	0.08	5.92	0.62	M
7	A	1.44	0.10	0.81	0.05	0.61	0.04	7.79	0.75	M
	B	2.20	0.35	1.33	0.21	0.89	0.19	14.52	0	T(SAT)
	C	2.60	0.38	1.58	0.20	0.98	0.09	6.98	0	T(SAT)
	D	1.95	0.24	1.25	0.19	0.69	0.10	5.10	0	T(SAT)
8	A	2.77	0.32	1.60	0.22	0.86	0.10	6.70	0	T(SAT)
	B	2.67	0.42	1.23	0.28	0.72	0.08	5.99	0	T(SAT)
	C	2.50	0.50	1.70	0.21	0.74	0.09	6.77	0	T(SAT)
	D	1.85	0.21	1.10	0.22	0.64	0.07	6.02	0	T(SAT)
9	A	1.99	0.17	0.90	0.11	0.35 <sup>88</sup>	0.05	11.32	0.38	SM(SAT)
	B	2.20	0.35	1.11	0.16	0.78 <sup>88</sup>	0.18	10.42	0.31	ST(SAT)
	C	2.60	0.32	0.94	0.15	0.28 <sup>88</sup>	0.07	6.44	0.29	ST(SAT)
	D	2.42	0.27	1.59	0.31	0.23 <sup>88</sup>	0.01	6.55	0.27	ST(SAT)
		1.62	0.17	0.95	0.13	0.55	0.07	4.38	0.59	M(8)
一个组别的染色体总长度(微米)		中国古莲子		红千叶		重台莲		并蒂莲		
		26.11		38.22		40.59		26.92		

注: A——中国古莲子 B——红千叶 D——并蒂莲 C——重台莲

● 臂长及次级臂长 ●● 不包括臂长及次级臂长的长度

重台莲: 第一对染色体亦为近端着丝点, 第二、四、五、六对具中着丝点, 第三对为近中着丝点, 第七、八对为带随体染色体, 第七对其端着丝点, 但两条染色体的臂长度不相等, 第八对为近端着丝点, 第六对染色体亦不等长。

并蒂莲: 第一对染色体亦具近端着丝点, 第二、四对是近中着丝点, 第三、五、六对为中着丝点, 第七、八对随体染色体其长度皆不相等, 第七对虽仍是具端着丝, 但臂的长度有明显差异, 第八对染色体中的一条明显在其长臂上附加着一段(图版 I.), 此段附加物似乎来自另一染色体的随体脱落或长臂断裂。

据上所述,各品种的染色体组型如下:

$$\text{中国古代莲, } 2n = 16 = 8M + 4SM(2SAT) + 2ST + 2T(SAT)$$

$$\text{红千叶, } 2n = 16 = 6M + 4SM + 4ST(2SAT) + 2T(SAT)$$

$$\text{重台莲, } 2n = 16 = 8M + 2SM + 4ST(2SAT) + 2T(SAT)$$

$$\text{并蒂莲, } 2n = 16 = 7M(1SAT\gamma) + 4SM + 3ST(1SAT) + 2T(SAT)$$



图1 荷花不同程度重瓣品种染色体组型比较图

### 3. 各品种染色体组变异的比较

现有的重瓣荷花品种显然是由原始野生单瓣类型在人工栽培条件下演变来的,因此,用“中国古代莲”的染色体组作为本底基本组型进行比较,可以反映出重瓣品种染色体组所发生的变异。其差异表现分述如下。

(1) 染色体长度的变异。测试数据表明(见附表1),“红千叶”等三个不同重瓣程度的品种,其单个细胞中期分裂相的染色体平均总长度都比古代莲长,但不呈正相关,高度重瓣化的“并蒂莲”却与古代莲较相近。虽然各品种它们染色体总长度有较大差异,但除两对带随体染色体外,其余各对相对应的染色体其相对长度差异则较小。

(2) “红千叶”染色体组的变异,和古代莲相比,第Ⅶ部分瓣化的重瓣品种“红千叶”,其染色体组有两对染色体表现有变异。(i)第七对染色体中有一个染色体缺失一段而变短,另一染色体附加了一段而增长,所以两条染色体的长度不相等。(ii)第四对染色体在古代莲为中着丝点(M),而在“红千叶”则为近中着丝点(SM),然而它们的着丝点指数差异很小,都处于分区临界边缘,其余各对染色体没有表现出明显的变异。

(3) 重台莲染色体组的变异,重台莲的染色体组有三对染色体表现与古代莲不同。(i)相当于古代莲的其中着丝点的第三对染色体,在重台莲中其长度显著增长而在排列位次上列为第二对染色体;(ii)第六对染色体中的一个染色体长短臂显著增长,其长度达2.37微米,而正常的另一个染色体的长度只有1.60微米;(iii)第七对染色体有与红千叶相似的变异,两条染色体的长度表现明显差异。

(4) 并蒂莲染色体组的变异,在并蒂莲的染色体组中,第一对至第六对与古代莲基本相似。虽然第四对染色体在并蒂莲是具近中着丝点(SM),而在古代莲是中着丝点,但其臂指数前者是0.57,而后者是0.61,彼此很接近。并蒂莲染色体组的变异主要发生在第七、八两对染色体上,其中第七对的变异与红千叶和重台莲相似,突出的是第八对染色体结构的变异,有一条染色体的长臂被拼接上一段(图版1)。此段附加的染色体从何而来尚不清楚,但它明显地影响到并蒂莲花芽的分化,致使雌雄蕊及花托不能建成而退化。这些染色体的结构突变并不影响该品种的营养生长与发育,也不导致叶形或植株器官的变态。由此可以推測,控制花器官分化和建成的基因主要是包含在两对带随体的染色体上,由于其结构的突变而使正常的分化程序发生错乱,从而导致花型的无限

增生。



#### 四、小结与讨论

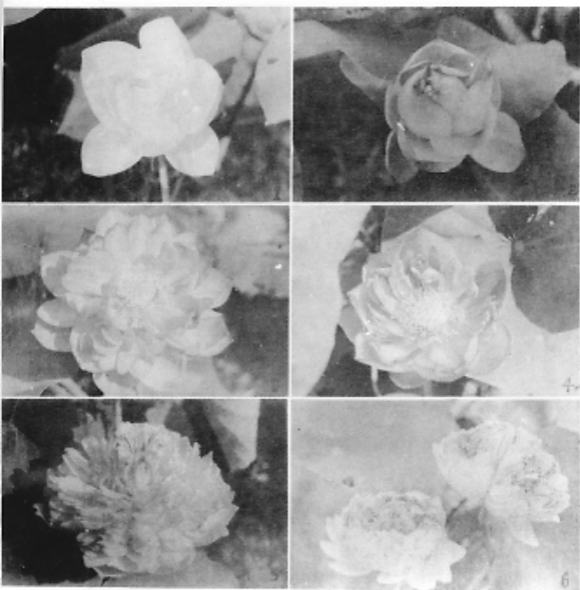
1. 根据上述初步观察结果表明, 荷花花型的重瓣化是由于雌雄蕊群及花托不同程度变异所致。此类重瓣化的变异与染色体的倍性无直接的相关性, 主要是由于染色体组中某些染色体在结构上发生突变的结果。在本试验中所观察比较的几个不同重瓣化的品种, 其染色体结构突变主要发生在第六至第八对染色体上, 特别是并蒂莲, 其两对具体染色体都发生结构变异, 尤以第八对的变异最为突出。较低级的重瓣品种其染色体变异也较少, 如“红千叶”只在第七对染色体上有较明显的变异。

2. 由于荷花的重瓣化是由某些染色体结构突变所引起, 而现有高度重瓣品种(如重台莲和并蒂莲)又已丧失有性繁殖能力, 完全靠无性系进行繁衍, 因此, 难以再利用它们作杂交育种的亲本材料。同时由于单瓣和能正常结实的高低重瓣品种又不具有导致高度重瓣化的基因组合, 因而也难于通过这些品种的杂交来获得比它们自身重瓣性更高的新品种。在育种实践中, 为了获得姿色新颖的荷花重台, 并蒂新品种, 采用理化诱变育种的途径, 可能会取得更好的效果。

3. 本工作用于观察比较的四个材料全是红色花品种, 在白色花重瓣品种中是否有类似的突变尚待研究。但在白色花重瓣品种中, 尚未见到有重台和并蒂花型的品种存在, 在育种中应注意此类品种的选育。

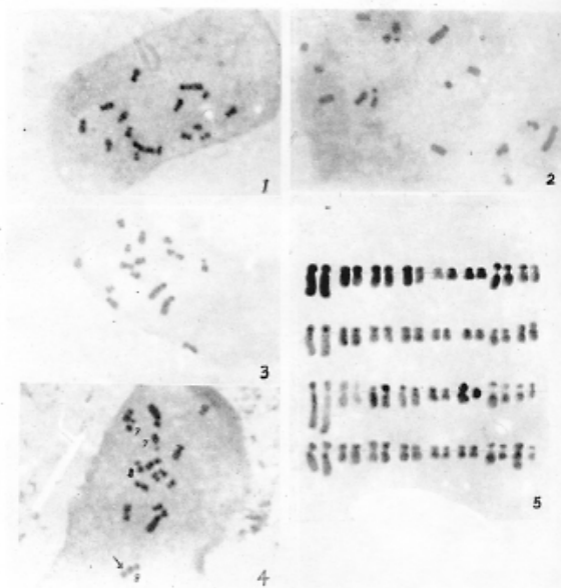
#### 参 考 文 献

- [1] 李德平等, 1989, 《遗传学报》, 16(3), 171-175.
  - [2] Chen Jinyu, 1986, China Researches, 29(7), 54-57. 台莲、并蒂莲染色体组倍性重台莲 (C)
  - [3] S. C. VERMA and H. REES, 1974, (Heredity), 52, (1), 116-122.
  - [4] CARHO G. VOSA, 1974, (Heredity), 52, (3), 409-409.
1. 李德平等, 1989, 《遗传学报》, 16(3), 171-175.  
 2. 陈金玉, 1986, 《中国植物志》, 29(7), 54-57. 台莲、并蒂莲染色体组倍性重台莲 (C)  
 3. S. C. VERMA and H. REES, 1974, (Heredity), 52, (1), 116-122.  
 4. CARHO G. VOSA, 1974, (Heredity), 52, (3), 409-409.



图版 I

(1) 白花建莲四倍体，花朵大，花瓣宽厚，但仍是单瓣。(2) 红花建莲四倍体，仍是单瓣类型。(3) 红手叶品种二倍体，重瓣花型。(4) 红手叶四倍体，花瓣宽厚，花色比二倍体鲜艳，但其重瓣程度并不比二倍体高。(5) 重瓣莲品种的花态，其花蕊及心皮退化，花心呈重台状。(6) 重瓣莲花态，雌雄蕊及花托全部退化，花瓣无限增生，右上一朵花的外部花瓣落尽，呈现出复瓣状态，花朵继续开放，花瓣仍继续增生。



图版 II

1. 中国古代莲染色体。
2. 红子叶染色体。
3. 复合莲染色体。
4. 白带莲染色体，白箭头示第八对染色体之一附节的一段。
5. 四个品种的染色体图比较（自上而下各为1, 2, 3, 4）。