

十大花色中原牡丹传统品种核型分化程度

史倩倩, 王雁*, 周琳, 黄国伟

(林木遗传育种国家重点实验室, 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘要:以十大花色的30个中原牡丹传统品种为材料,采用常规制片法观察染色体特征,并根据Stebbins的核型进化理论和分支系统学的编序、赋值方法,对核型的4个重要性状进行了分析,结果表明:30个中原牡丹传统品种均为二倍体($2n=10$);且核型类型较原始,以2A型为主;核型以 $2n=10=6m+2sm+2st$ 为主。‘银粉金鳞’、‘洛阳红’、‘瓔珞宝珠’的核型较进化,而‘宫样妆’、‘一品朱衣’和‘赤龙焕彩’较原始。核型参数的重要性排列顺序为臂比均值>核型不对称系数>染色体最长/最短值>臂比大于1.7的比例。花色间的核型差异不显著,相近色系的品种进化程度相近,深色系比浅色系原始。

关键词:牡丹;花色;核型;进化关系

中图分类号:S685.11

文献标识码:A

Karyotypes and Chromosomal Differentiation in Cultivars of Tree Peony (*Paeonia suffruticosa*)

SHI Qian-qian, WANG Yan, ZHOU Lin, HUANG Guo-wei

(State Key Laboratory of Forest Genetics and Tree Breeding, Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: 30 traditional cultivars of *Paeonia suffruticosa* with 10 different colors were selected as materials, and the squash method was used to analyze the features of chromosome. According to Stebbins theory of karyotypic evolution as well as using the method of coding of cladistics, 4 significant characters were analyzed. The results suggested that all the materials were diploid, $2n=10$; the karyotypes mostly were 2A, and most was primitive type; the karyotype formulas mostly were $2n=6m+2sm+2st$. The chromosomal differentiation of ‘Yin Fen Jin Lin’, ‘Luo Yang Hong’ and ‘Ying Luo Bao Zhu’ was high, and that of ‘Gong Yang Zhuang’, ‘Yi Pin Zhu Yi’ and ‘Chi Long Huan Cai’ was low. The importance of karyotype parameters was $A.A.R > A.sk\% > Lt/St > P.C.A\%$. The karyotypes were similar among different flower colors. The cultivars of the same color system had similar evolution levels, and the darker colors were more evolutionary than the lighter ones. This research could provide some references for the study on evolution of traditional cultivars of *P. suffruticosa*

Key words: *Paeonia suffruticosa*; color; karyotype; evolution

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)是芍药科芍药属名贵的观赏植物和药用植物,作为中国传统名花的优秀代表,其花色丰富,又富变化,既有单一的白、黄、粉、红、紫、蓝、绿等色系,也有两色镶嵌或复色变

异的色彩,其丰富的遗传资源对牡丹现代品种的杂交选育具有重要价值^[1]。掌握和研究有关植物的核型是推断各类群的亲缘关系、进化趋势和作物育种的基础^[2]。相对于现代品种,牡丹传统品种^[1]具有

收稿日期:2011-12-01

基金项目:国家林业局林业公益性行业科研专项(200904050)

作者简介:史倩倩(1987—),女,山东聊城人,在读硕士,主要从事园林植物应用研究工作

*通讯作者:王雁(1969—),女,黑龙江哈尔滨人,博士,研究员,主要从事花卉栽培与育种研究工作。

更丰富的遗传信息,但前人的相关研究对传统品种与现代品种间均未做详细区分。前人对野生牡丹及少量栽培品种进行了细胞学研究^[2-14],探讨了野生种及栽培品种的核型参数及野生种间的演化关系,但对牡丹传统品种间的进化关系研究相对不够深入,并且涉及传统品种的研究其品种花色的代表性略显不足。本研究通过对30个典型不同花色的传统中原牡丹品种核型进行比较,探讨传统品种间核型差异,进而探讨染色体变异和花色之间的关系,旨

在为牡丹品种演化研究提供线索,同时为深入研究牡丹传统品种的细胞分类学问题奠定部分基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为取自中国林业科学研究院玉泉山牡丹基地的涵盖9大色系和1复色的30个中原牡丹传统种^[1](表1)。

表1 供试材料

编号	品种	学名	花色
1	‘玉板白’	‘Yu Ban Bai’	白色
2	‘昆山夜光’	‘Kun Shan Ye Guang’	白色
3	‘青山贯雪’	‘Qing Shan Guan Xue’	白色
4	‘黄花魁’	‘Huang Hua Kui’	黄色
5	‘姚黄’	‘Yao Huang’	黄色
6	‘金玉交章’	‘Jin Yu Jiao Zhang’	黄色
7	‘十八号’	‘Shi Ba Hao’	红色
8	‘万花盛’	‘Wan Hua Sheng’	红色
9	‘一品朱衣’	‘Yi Pin Zhu Yi’	红色
10	‘小胡红’	‘Xiao Hu Hong’	红色
11	‘胡红’	‘Hu Hong’	红色
12	‘瓔珞宝珠’	‘Ying Luo Bao Zhu’	红色
13	‘种生红’	‘Zhong Sheng Hong’	红色
14	‘黑海金龙’	‘Hei Hai Jin Long’	紫红色
15	‘大棕紫’	‘Da Zong Zi’	紫红色
16	‘洛阳红’	‘Luo Yang Hong’	紫红色
17	‘乌龙捧盛’	‘Wu Long Peng Sheng’	紫红色
18	‘赵粉’	‘Zhao Fen’	粉色
19	‘银粉金鳞’	‘Yin Fen Jin Lin’	粉色
20	‘桃红献媚’	‘Tao Hong Xian Mei’	粉色
21	‘盛丹炉’	‘Sheng Dan Lu’	粉色
22	‘豆绿’	‘Dou Lv’	绿色
23	‘宫样妆’	‘Gong Yang Zhuang’	粉红带紫
24	‘蓝田玉’	‘Lan Tian Yu’	蓝色
25	‘酒醉杨妃’	‘Jiu Zui Yang Fei’	紫色
26	‘茄蓝丹砂’	‘Qie Lan Dan Sha’	紫色
27	‘赤龙焕彩’	‘Chi Long Huan Cai’	紫色
28	‘假葛巾紫’	‘Jia Ge Jin Zi’	紫色
29	‘黑花魁’	‘Hei Hua Kui’	黑色
30	‘青龙卧墨池’	‘Qing Long Wo Mo Chi’	黑色

1.2 试验方法

2011年3月中下旬取直径为0.5~1.5 cm的花蕾,剥除花瓣,只留子房,子房切开,用0.05%秋水仙素和0.02 mol·L⁻¹8-羟基喹啉(1:1)混合液室温下预处理5 h,经卡诺固定液(95%乙醇:冰乙酸=1:3)于4℃固定24 h,经95%乙醇冲洗2次后,转入70%乙醇中,再放入1 mol·L⁻¹盐酸中,并于60℃恒温金属浴解离10~15 min,蒸馏水洗净后,用卡宝品红染色和常规压片法制片,用蔡司 AXIOMAG-

ER A1 光学显微镜分别对各材料的50个染色体分散良好的中期分裂相进行拍照。

1.3 数据分析

每个品种选出形态清晰、伸展较佳的5个细胞^[2],借助 AXIOMAGER 软件分别测量染色体及长短臂的大小。核型按 Levan^[15]的分类法和李懋学等^[2]的植物染色体标准化的规定分析;核型分类参照 Stebbins^[16]的核型分类标准;核型不对称系数参照 Arano 公式^[17]。染色体最长/最短值、平均臂比、

臂比大于1.7的染色体比例及核型不对称系数采用分支系统学的常规编序、赋值方法进行赋值^[18-19]，进而求得反映每个物种发育程度的进化指数（表2）。

表2 染色体性状状态编码赋值

赋值	最长/最短	平均臂比	臂比大于1.7的比例/%	核型不对称系数/%
0	<1.00	<1.70	<59.00	<0.20
1	1.01~1.50	1.71~1.90	59.01~61.00	0.21~0.40
2	1.51~2.00	1.91~2.10	61.01~63.00	0.41~0.60
3	>2.01	2.11~2.30	>63.01	

2 结果与分析

2.1 核型分析

经观察发现所有试验材料的核型存在一定的差异。30个中原牡丹品种的主要核型参数见表3,有丝分裂中期图见图1,核型模式图见图2。所有观察材料的染色体数目为 $2n=10$;核型类型为较原始的1A、2A、2B,以2A型为主,说明牡丹品种进化程度较低,比较原始,其中,‘一品朱衣’和‘宫样妆’最原

始,为1A型,‘洛阳红’、‘盛丹炉’和‘茄蓝丹砂’进化程度最高,为2B型;相似的核型特征表明观察的牡丹品种间有着相近的起源和较近的亲缘关系。

依据侯小改等^[20]的牡丹进化观点所观察的材料中,核型公式分为3种:大部分为 $2n=6m+2sm+2st$,较进化,只有‘金玉交章’、‘小胡红’、‘胡红’、‘大棕紫’、‘豆绿’和‘蓝田玉’6个品种核型公式为 $2n=8m+2st$,而‘一品朱衣’、‘宫样妆’和‘赤龙焕彩’3个品种的核型最原始,为 $2n=8m+2sm$ 。

表3 30个中原牡丹传统品种的主要核型参数及进化指数

编号	臂比均值	最长/最短	随体数目/个	不对称系数	臂比大于1.7比例/%	核型公式	核型分类	进化指数
1	1.96	1.66		62.65	40	$6m+2sm+2st$	2A	7
2	2.17	1.51	2	59.22	40	$6m(2SAT)+2sm+2st$	2A	7
3	1.93	2.59	6	61.84	40	$6m(2SAT)+2sm(2SAT)+2st(2SAT)$	2A	8
4	1.91	1.72	2	61.21	40	$6m(2SAT)+2sm+2st$	2A	7
5	1.95	1.39	2	59.69	40	$6m+2sm+2st(2SAT)$	2A	5
6	1.70	1.38	4	59.21	20	$8m(2SAT)+2st(2SAT)$	2A	2
7	2.10	1.81		62.50	40	$6m+2sm+2st$	2A	7
8	1.82	1.19	2	61.28	40	$6m(2SAT)+2sm+2st$	2A	5
9	1.39	1.21	4	57.62	20	$8m(2SAT)+2sm(2SAT)$	1A	1
10	2.08	1.96	2	60.69	20	$8m+2st(2SAT)$	2A	5
11	1.87	1.94	4	61.10	20	$8m(2SAT)+2st(2SAT)$	2A	5
12	2.18	1.70	2	62.84	40	$6m(2SAT)+2sm+2st$	2A	8
13	1.52	1.41	2	58.56	40	$6m(2SAT)+2sm+2st$	2A	2
14	1.85	1.56		60.49	40	$6m+2sm+2st$	2A	4
15	2.07	1.53	4	60.05	20	$8m(2SAT)+2st(2SAT)$	2A	5
16	2.17	2.23		62.76	40	$6m+2sm+2st$	2B	9
17	1.92	1.87	4	61.69	40	$6m(2SAT)+2sm+2st(2SAT)$	2A	7
18	1.93	1.36	4	59.22	40	$6m(2SAT)+2sm+2st(2SAT)$	2A	5
19	1.82	1.94	2	79.87	40	$6m+2sm+2st$	2A	7
20	1.94	1.37	4	61.10	40	$6m(2SAT)+2sm+2st(2SAT)$	2A	6
21	1.90	2.48	4	60.93	40	$6m+2sm+2st$	2B	6
22	1.77	1.49	6	59.90	20	$8m(4SAT)+2st$	2A	3
23	1.41	1.29		58.07	20	$8m+2sm$	1A	1
24	1.94	1.27	8	59.99	20	$8m(6SAT)+2st(2SAT)$	2A	4
25	2.01	1.37	4	59.22	40	$6m(4SAT)+2sm+2st$	2A	5
26	2.03	1.50	2	61.76	40	$6m(4SAT)+2sm+2st(2SAT)$	2B	6
27	1.65	1.50	2	60.66	20	$8m+2sm$	2A	4
28	1.89	1.26	6	63.41	40	$6m(4SAT)+2sm(2SAT)+2st$	2A	6
29	2.04	1.40	2	62.43	40	$6m+2sm+2st(2SAT)$	2A	6
30	2.14	1.42	4	62.52	40	$6m+2sm(2SAT)+2st(2SAT)$	2A	7

注:随体计入臂长。

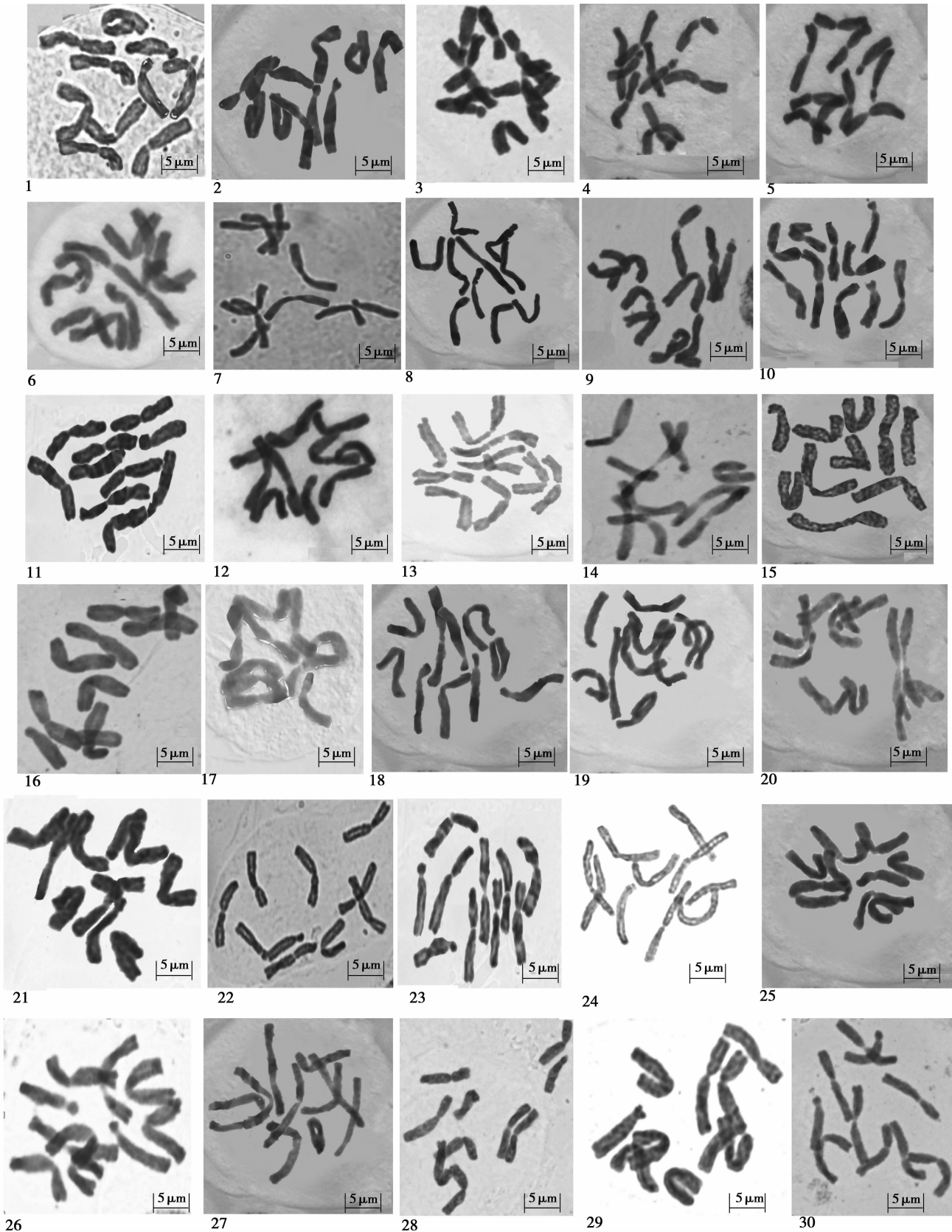
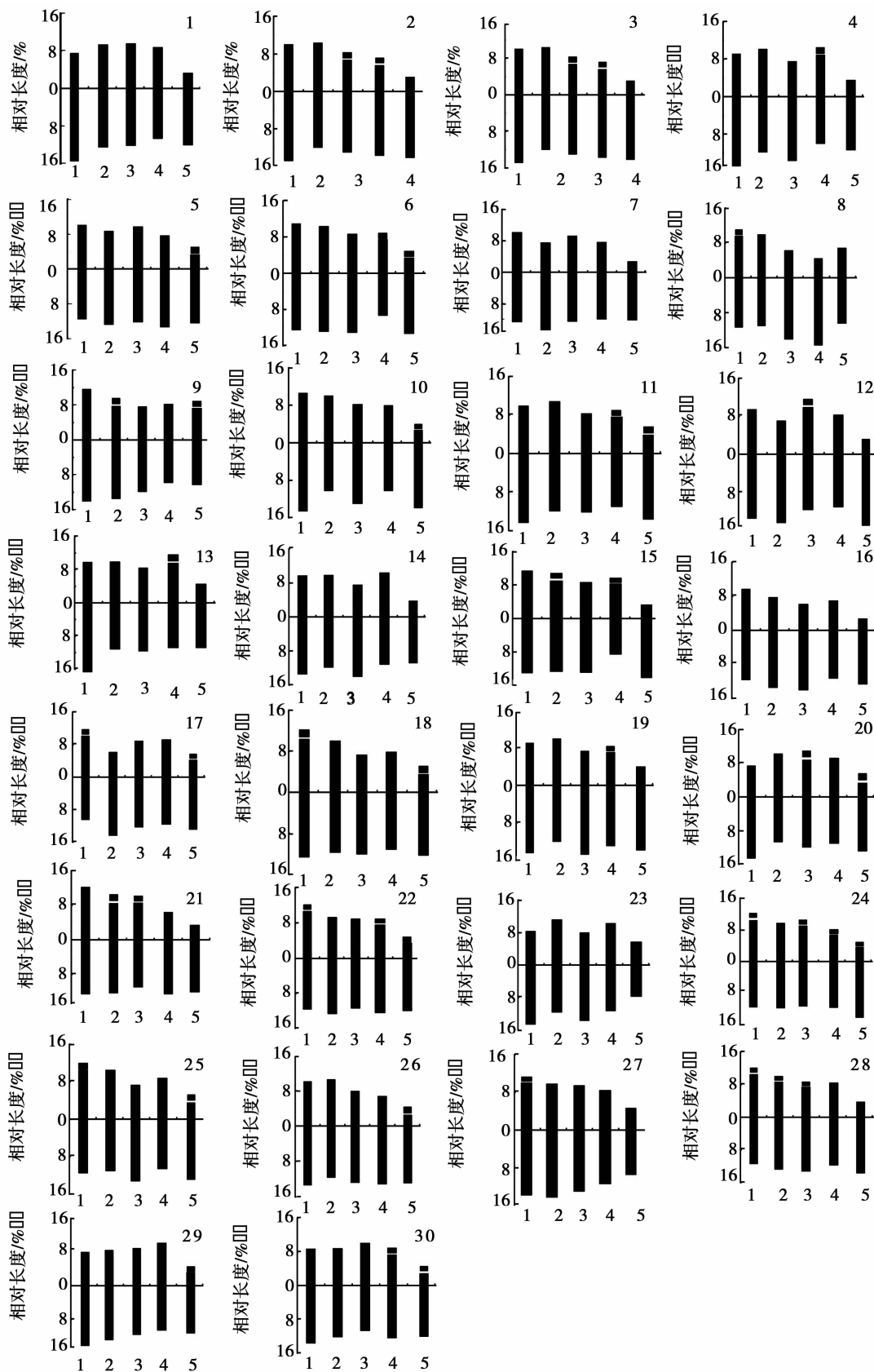


图1 30个中原传统牡丹品种有丝分裂中期图(1~30为牡丹品种编号,详见表1。)



染色体序号

图2 30个中原传统牡丹品种的染色体核型模式图(1~30为牡丹品种编号,详见表1。)

Stebbins^[16]认为,核型不对称性能反映核型或植物的进化程度。由臂比均值数据分析得到‘瓔珞宝珠’(2.18)‘洛阳红’(2.17)‘昆山夜光’(2.17)和‘青龙卧墨池’(2.14)臂比均值最大,‘一品朱衣’(1.39)‘宫样妆’(1.41)‘种生红’(1.52)‘赤龙焕彩’(1.65)最小。这说明‘瓔珞宝珠’‘洛阳红’‘昆山夜光’和‘青龙卧墨池’进化程度较高;‘一品朱衣’‘宫样妆’‘种生红’和‘赤龙焕彩’进化程度最低,这与核型类型分析结果基本一致。

所有材料的核型不对称系数在 57.62 ~ 79.87 之间。按照 Stebbins 核型对称性原则,将 30 个牡丹品种按核型不对称系数从高到低依次为‘银粉金鳞’>‘假葛巾紫’>‘瓔珞宝珠’>‘洛阳红’>‘玉板白’>‘青龙卧墨池’>‘十八号’>‘黑花魁’>‘青山贯雪’>‘茄蓝丹砂’>‘乌龙捧盛’>‘万花盛’>‘小胡红’>‘黄花魁’>‘胡红’>‘桃红献媚’>‘盛丹炉’>‘赤龙焕彩’>‘黑海金龙’>‘大棕紫’>‘蓝田玉’>‘豆绿’>‘姚黄’>‘昆山夜光’>‘赵粉’>‘酒醉杨妃’>‘金玉交章’>‘种生红’>‘宫样妆’>‘一品朱衣’。表明‘银粉金鳞’‘假葛巾紫’‘瓔珞宝珠’和‘洛阳红’的核型不对称性最高,较进化;‘一品朱衣’‘宫样妆’‘种生红’和‘金玉交章’的核型最对称,较原始。

根据染色体最长/最短值的分析结果可以得出以下结论:‘青山贯雪’‘盛丹炉’‘洛阳红’‘小胡红’的核型不对称性最高,而‘万花盛’‘一品朱衣’‘假葛巾紫’‘蓝田玉’和‘宫样妆’核型较对称。

30 个品种的臂比大于 1.7 的比例均为 40% 或 20%,臂比大于 1.7 的比例越高,说明核型越不对称,进而说明进化程度越高。由此得出‘一品朱衣’‘宫样妆’‘赤龙焕彩’和‘蓝田玉’等 9 个品种核型较对称,较原始。

根据牡丹传统品种染色体的 4 个重要性状,采用赋值方法^[18-19],可方便地求得反映各品种发育程度的进化指数(表 3),从而基本上可以反映出各品种的进化水平。各品种的进化指数从小到大依次为‘一品朱衣’=‘宫样妆’(1)<‘金玉交章’=‘种生红’(2)<‘豆绿’(3)<‘黑海金龙’=‘蓝田玉’=‘赤龙焕彩’(4)<‘姚黄’=‘万花盛’=‘小胡红’=‘胡红’=‘大棕紫’=‘赵粉’=‘酒醉杨妃’(5)<‘桃红献媚’=‘盛丹炉’=‘茄蓝丹砂’=‘假葛巾紫’=‘黑花魁’(6)<‘玉板白’=‘昆山夜光’=‘黄花魁’=‘十八号’=‘乌龙捧盛’=‘银粉金鳞’

=‘青龙卧墨池’(7)<‘青山贯雪’=‘瓔珞宝珠’(8)<‘洛阳红’(9),说明‘一品朱衣’和‘宫样妆’最原始,‘金玉交章’和‘种生红’次之,‘洛阳红’‘青山贯雪’和‘瓔珞宝珠’进化程度高。

2.2 花色间的进化关系比较

对七大花色的核型参数进行方差分析,结果表明:花色间臂比均值、核型不对称系数、最长/最短、臂比大于 1.7 的比例及进化指数差异均不显著。所试材料中品种单一的花色,如绿色、粉色带紫色和蓝色,其臂比均值及进化指数都较其他花色低,说明绿色、粉色带紫色和蓝色品种的进化程度偏低;而其他的七大花色中臂比均值从小到大依次为红色<黄色<紫色<粉色<紫红色<白色<黑色;粉色品种的核型不对称系数最大,黄色品种的核型不对称系数最小;而白色品种的染色体最长/最短值最大,以紫色和黑色的染色体最长/最短值为最小;白色、粉色和黑色的臂比大于 1.7 的比例比较一致,均为 40%,其他花色不一致;进化指数从小到大依次为黄色<红色<紫色<粉色<紫红色<黑色<白色,以白色品种和黑色较一致。这说明了红色品种和黄色品种的进化程度较低,而黑色品种和白色品种进化程度高。

2.3 核型参数主成分分析

利用 SPSS 16.0 软件对牡丹品种核型参数进行主成分分析,结果表明:臂比均值、核型不对称系数和染色体最长/最短值的贡献率达到 85% 以上,说明这 3 个成分所包含的信息量全面反映 4 个核型参数的大部分信息。第 1 主成分的贡献率达到 46.92%,说明臂比均值对牡丹品种的核型进化指数的分析起到重要作用。4 个核型参数的重要性排序为臂比均值>核型不对称系数>染色体最长/最短值>臂比大于 1.7 的比例。‘银粉金鳞’(2.043 1)‘洛阳红’(1.470 8)‘青山贯雪’(1.278 9)‘瓔珞宝珠’(0.989 2)‘十八号’(0.912 6)的第一因子臂比均值得分最大,‘宫样妆’‘一品朱衣’和‘金玉交章’3 个品种的得分最低。说明臂比均值在其进化指数分析时起到关键作用,也进一步表明前 5 个牡丹品种较进化,后 3 个品种最原始。

3 结论与讨论

染色体特征参数在研究木本类群系统演化方面是很稳定的指标^[21-22],是细胞分类学的重要指标^[23-25],在植物种属间和种内,染色体常有不同程度

的分化,为探讨种属间的进化关系及种内的变异格局提供了重要的依据^[26]。对核型参数采用分支系统学的常规编序、赋值方法进行赋值,再对各品种的核型参数的赋值累加求得进化指数,此方法既简单方便,又能很好地反映植物的核型进化程度,已经在很多植物的核型进化关系上得到很好的应用,如小麦^[27]、沙棘^[28]、赖草属^[29]、仲彬草属^[30]、鹅观草属^[31]等。

本研究通过对 10 大花色的 30 个中原牡丹传统品种的核型分析发现:所有试验材料均为二倍体($2n = 10$),并且核型类型较原始,以 2A 型为主,这也许与中原牡丹群历史最悠久,起源早有关;同时也发现‘一品朱衣’和‘宫样妆’核型类型最原始,‘洛阳红’、‘盛丹炉’和‘茄蓝丹砂’进化程度最高。根据 Stebbins 核型进化理论^[16],比较所有材料的核型公式得出‘宫样妆’和‘赤龙焕彩’2 个品种的核型是本试验材料中最原始的,均为 $2n = 8m + 2sm$ 。

通过对牡丹品种 4 个核型参数的主成分分析,发现臂比均值、核型不对称系数和染色体最长/最短值可以代表 4 个核型参数的 85% 以上,其中臂比均值贡献最大,在牡丹品种的核型进化指数的分析中起到重要作用。‘银粉金鳞’、‘洛阳红’、‘青山贯雪’、‘瓔珞宝珠’、‘十八号’的第一因子臂比均值得分最大,进化程度最高,而‘宫样妆’、‘一品朱衣’和‘金玉交章’3 个品种的得分最低,进化程度最低。这结论与依据 4 个核型参数及进化指数分析得到的结论基本一致。

本研究对花色间的核型差异进行了分析,花色间的核型差异不显著。根据第一因子臂比均值和综合指标进化指数得到,试验材料中品种单一的花色中,粉色带紫色品种(宫样妆)最原始,其次为绿色(豆绿),最进化的为蓝色(蓝田玉)。其余七大花色中,臂比均值从小到大依次为红色 < 黄色 < 紫色 < 粉色 < 紫红色 < 白色 < 黑色;进化指数从小到大依次为黄色 < 红色 < 紫色 < 粉色 < 紫红色 < 黑色 < 白色,可以看出相近色系的品种进化程度相近,深色系比浅色系原始,这对中原牡丹传统品种进化关系的进一步研究奠定基础。

参考文献:

[1] 王莲英. 中国牡丹品种图志[M]. 北京:中国林业出版社,1997
 [2] 李懋学,张赞平. 作物染色体及其研究技术[M]. 北京:中国农业出版社,1996:287
 [3] 李懋学,张效方. 三倍体牡丹的细胞遗传学观察[J]. 遗传,1982,4(5):19-21
 [4] 张赞平. 栽培牡丹的核型研究[J]. 豫西农专学报,1988(2):5-12

[5] 杨涤清,朱燮桴. 芍药药、野牡丹和黄牡丹的核型研究[J]. 云南植物研究,1989,11(2):139-144
 [6] 李思峰,于兆英,周俊彦. 黄牡丹的核型分析[J]. 武汉植物研究,1989,7(2):107-111
 [7] 肖调江,龚 洵,夏丽芳,C. Bruce Christie. 滇牡丹复合群的 Giemsa C-带比较研究[J]. 云南植物研究,1997,19(4):395-401
 [8] 裴颜龙. 牡丹复合体的研究[D]. 北京:中国科学院植物研究所,1993:57
 [9] 张赞平,侯小改. 杨山牡丹的核型分析[J]. 遗传,1996,18(5):3-6
 [10] 于兆英,李思峰,周俊彦. 珍稀植物-紫斑牡丹和矮牡丹的核型分析[J]. 西北植物学报,1987,7(1):12-16
 [11] 洪德元,张志宽,朱相云. 芍药属研究(1)-国产几个野生种核型报道[J]. 植物分类学报,1988,26(1):33-43
 [12] 王莲英,刘淑敏,秦魁杰,等. 牡丹及其栽培品种的染色体组型[J]. 北京林学院学报,1983(1):63-69
 [13] 张赞平,李懋学,袁甲正. 牡丹染色体的 Ag-NO_R 和 Giemsa C-带研究[J]. 武汉植物学研究,1990,8(2):101-105
 [14] 于 玲,何丽霞,李嘉珏. 甘肃紫斑牡丹与中原牡丹类群染色体比较研究[J]. 园艺学报,1997,24(1):79-83
 [15] Levan A, Fredga K, Sandberg A A. Nomenclature for centromere position on chromosome[J]. Hereditas, 1964, 52(3):201-220
 [16] Stebbins G L. Chromosome evolution in higher plants[M]. London: Academic press, 1971:87-123
 [17] Arano H. Cytological studies in subfamily Cardioideae of Japan IX [J]. Bot Mag, 1963, 76:32
 [18] WILEY E O. Phylogenetics: the theory and practice of phylogenetic systematics[M]. New York: Wiley and Sons, 1981
 [19] 徐克学. 数量分类学[M]. 北京:科学出版社,1994
 [20] 侯小改,段春燕,刘素云,等. 中国牡丹染色体研究进展[J]. 中国农学通报,2006,22(2):307-309
 [21] Rees H, Joress R N. Chromosome genetics[J]. Edward Arnold Limited, 1977, 35:526-530
 [22] Moore D M. The chromosomes and plant taxonomy//Street H. Essays in plant[M]. London: Academic Press, 1978:39-56
 [23] Karasawa K. Karyomorphological studies on the two species of *Paphiopedilum* [J]. Bull Hiroshima Bot Gard, 1988, 10:1-6
 [24] Francesco F, Rubini M. Chromosomal evolution in *incervidae* [J]. Biosystems, 1990, 24(2):157-174
 [25] Husaini S W H, Iwo G A. Cytology of some weedy species of the family composite (*Asteraceae*) from Jos Plateau [J]. Nigeria Feddes [J]. Repertorium, 1990, 101:49-62
 [26] Bentzer B, Bothmer R, Engstrand L, et al. Some sources of error in the determination of arm ratios of chromosomes [J]. Bot Not, 1971, 124:65-74
 [27] 林小虎,李兴锋,王黎明,等. 乔本科小麦族三个物种的核型及进化关系分析[J]. 中国草地,2005,27(2):22-26
 [28] 王 彬. 中国沙棘染色体核型及进化研究[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(8):1599-1601
 [29] 智 力,蔡联炳. 赖草属 5 个种的核型与进化[J]. 西北植物学报, 2000, 20(5):876-881
 [30] 张 利,周永红,郑有良,等. 仲彬草属 6 个物种的核型与进化研究[J]. 四川大学学报:自然科学版,2003,40(2):361-366
 [31] 曹 刚,周永红,张海琴,等. 鹅观草属 4 个种的核型与进化[J]. 植物研究,2006,26(2):141-146