

基于表型性状的芍药不同品种群亲缘关系分析

杨柳慧,于晓南

(北京林业大学园林学院/花卉种质创新与分子育种北京市重点实验室/国家花卉工程技术研究中心,北京 100083)

摘要:芍药品种变异丰富,表型性状的研究对各品种进行科学分类及亲缘关系的研究具有重要意义。本研究以芍药 DUS 测试指南(2012 版)为依据,以不同品种群的 47 个芍药品种为研究对象,选取了株高、分枝能力、茎秆颜色等 33 个表型性状(二元性状 9 个,数量多态性状 3 个,定性多态性状 21 个)进行了 R 型聚类分析、主成分分析和 Q 型聚类分析。结果表明:基于 33 个表型性状的聚类结果可以较好地地区分芍药不同品种群的品种,其中国内品种与大多数国外品种亲缘关系较远;杂种芍药品种群的品种由于多亲本参与,起源复杂,聚类结果比较分散;伊藤品种群与杂种芍药品种群存在较近亲缘关系。本研究与前人利用形态和分子标记进行品种分类的结果基本一致,能够较准确地反映品种间、品种群间的亲缘关系。

关键词:芍药;DUS 测试指南;表型性状;聚类分析;亲缘关系

Phylogenetic Relationship Analysis of Different Cultivars Groups of Herbaceous Peony According Morphological Characteristics

YANG Liu-hui, YU Xiao-nan

(Key Laboratory for Flower Germplasm Innovation and Molecular Breeding of Beijing/College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University/National Engineering Research Center for Floriculture, 100083)

Abstract: The cultivars of herbaceous peony are variable, and the study of morphological characters has a great significant in scientific classification. At the same time, it also can provide scientific guidance on how to choose hybrid breeding parent. According to the DUS guidelines(2012) for the conduct of tests of herbaceous peony, 33 major morphological characters(9 qualitative binary characters, 3 quantitative characters and 21 qualitative polymorphic characters) such as height, branching ability and stem color had measured from 47 cultivars peonies. Besides, the author also made analysis of those databases with the methods of Q type cluster, R type cluster and principal component. The result showed the systemic cluster of 33 morphological characters can distinguish different herbaceous peony of different groups well. At the same time, Chinese cultivars of herbaceous peony have a distance with foreign cultivars in phylogenetic relationship. The cluster result of hybrid group is sporadic, there are two reasons: 1) cultivars that belong to hybrid group have a complex origin; 2) multiple parents were participated in the breeding progress. The results were consistent with those in previous studies with the methods of traditional classification system and the methods of molecular markers, it can reflect the phylogenetic relationship between cultivars and cultivars group accurately.

Key words: Herbaceous peony; DUS; morphological characters; systemic cluster; phylogenetic relationship

芍药(*Paeonia* L.)为芍药科芍药属多年生宿根花卉,花期4-6月,花型多样,花色丰富,是我国传

统名花,同时在国际市场上也是备受瞩目的重要切花^[1-4]。美国芍药牡丹协会(American Peony Socie-

收稿日期:2015-04-04 修回日期:2015-05-12 网络出版日期:2016-01-28

URL:<http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20160128.1541.030.html>

基金项目:国家自然科学基金(31400591)

第一作者主要研究方向为芍药资源与育种。E-mail:yangliuhui12@sina.com

通信作者:于晓南,主要研究方向为园林植物资源与育种。E-mail:yuxiaonan626@126.com

ty)将芍药品种分为3个类群,即中国芍药品种群(LG, lactiflora group)、杂种芍药品种群(HG, hybrid group)和伊藤芍药品种群(IG, itoh group)^[5-6]。我国目前的芍药资源均隶属于LG,起源单一,在花色、花型和花期等观赏性状方面存在局限^[7]。近些年来,我国陆续从国外引进一些新品种,但国外引进品种由于育种人、栽种者、引种途径等诸多环节存在不确定因素,易出现品种来源、背景不清的问题,给生产应用和育种带来很大困惑。因此,掌握品种资源的起源、亲缘关系,是芍药进行种质创新的基础。

植物的表型通常具有适应意义和进化意义,表型分析是研究物种变异和进化的传统方法^[8-9]。传统分类学依据形态学特征对植物进行分析,数量分类学(numerical taxonomy)是基于传统分类学与计算机技术结合的产物,从而使得基于形态学特征的研究更加高效^[10]。该方法可以综合生物体各种形态信息,将定性的描述提升为定量的综合分析,通过构建树形图,精确再现研究对象之间的亲疏关系^[11]。

表1 试验材料信息

Table 1 The list of experimental materials

编号 Code	品种名称 Cultivars	品种群 Group	花色 Flower color	瓣化程度 Petalody degree	开花早晚 Flowering phase	编号 Code	品种名称 Cultivars	品种群 Group	花色 Flower color	瓣化程度 Petalody degree	开花早晚 Flowering phase
1	Athena	HG	红白	单瓣	早花	25	Brightness	HG	明红	单瓣	中花
2	Buckeye Belle	HG	酒红	单瓣	中花	26	Coral Sunset	HG	珊瑚红	半重瓣	中花
3	Cream Delight	HG	黄色	单瓣	中花	27	Haleyon	HG	粉红	单瓣	早花
4	John Havard	HG	酒红	单瓣	中花	28	Kansas	LG	紫红	重瓣	晚花
5	Karl Rosenfield	LG	紫红	重瓣	晚花	29	May Lilac	HG	粉红	单瓣	中花
6	Monsieur Jules Elie	LG	淡紫红	重瓣	晚花	30	Pink Teacup	HG	水红	单瓣	中花
7	Red Charm	HG	红色	重瓣	晚花	31	Roselette	HG	粉红	单瓣	中花
8	Scarlett O' Hara	HG	洋红	单瓣	晚花	32	Duchesse de Nemrous	LG	白色	重瓣	中花
9	Red Magic	LG	紫红色	重瓣	晚花	33	Henry Bockstoce	HG	深红	重瓣	晚花
10	Old Faithful	HG	深红	重瓣	晚花	34	Garden Peace	HG	白色	单瓣	中花
11	Little Red Gem	HG	玫红	单瓣	早花	35	Firelight	HG	粉红	单瓣	早花
12	Laddie	HG	玫红	单瓣	早花	36	Fernleaf Hybrid	HG	玫红	单瓣	早花
13	White Innocence	HG	白色	单瓣	中花	37	Lovely Rose	HG	水红	单瓣	晚花
14	Border Charm	IG	黄色	半重瓣	晚花	38	团叶红	LG	淡紫红	重瓣	中花
15	大富贵	LG	紫红	重瓣	中花	39	朱砂判	LG	深红	重瓣	中花
16	种生粉	LG	粉色	重瓣	中花	40	粉玉奴	LG	粉红	单瓣	中花
17	Prairie Charm	IG	黄色	半重瓣	晚花	41	Cytherea	HG	洋红	半重瓣	晚花
18	Prairie Moon	HG	奶油黄	单瓣	中花	42	Edulis Superba	LG	淡紫红	重瓣	晚花
19	Etched Salmon	HG	水红	重瓣	晚花	43	Goldmine	LG	黄色	重瓣	晚花
20	Many Happy Returns	HG	红色	重瓣	中花	44	Carina	HG	油红	半重瓣	晚花
21	Chalice	HG	白色	单瓣	中花	45	Lemon Dream	IG	奶油黄	半重瓣	晚花
22	Old Rose Dandy	IG	暗黄夹杂红	单瓣	晚花	46	Fairy Princess	HG	红色	单瓣	晚花
23	Lemon Chiffon	HG	黄色	半重瓣	晚花	47	Going Bananas	IG	黄色	单瓣	晚花
24	Henry Sass	LG	白色	重瓣	晚花						

近些年来,应用表型性状进行数量分类方法成功进行品种分类、亲缘关系的研究时有报道,如梅花^[12-13]、月季^[14]、菊花^[15-18]和牡丹^[19-20]等。在芍药方面,刘春迎等^[21]、郭先锋等^[22]、刘苏闽等^[23]和郭正祥等^[24]应用表型性状对品种分类有过初步探讨,但是前人的研究都只针对LG的品种,未涉及HG和IG这2个在国际上颇为流行、在我国刚刚起步的品种。本研究以47个隶属于不同品种群的芍药品种为研究对象,参照芍药DUS测试指南^[25],通过33个表型性状(二元性状9个、数量多态性状3个、定性多态性状21个)的观察记录,运用数量分类学方法,探讨品种间、品种群间的亲缘关系。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料共有47个国内外品种,全部栽植于国家花卉工程中心小汤山苗圃(表1),数据采集时间为2014年4-6月。

1.2 试验方法

1.2.1 性状选取及编码 本研究选取 33 个较稳定的性状对 47 个芍药品种的植株生长情况、花和叶的形态进行观察,采用等级数量编码方法进行处理,其中数量多态性状 3 个、定性多态性状 21 个、二元性状 9 个。具体性状及其编码见表 2。

1.2.2 数量性状的测定 每个品种随机选择 5

株进行指标测定。植株高度用卷尺测量,顶生叶和底部叶的裂片数量等则直接计数。叶柄色、花色等直接观测定性。各性状的鉴定分级、赋值方法参照芍药 DUS 测试指南。对各品种开花和谢花时间进行记录,早花品种开花时期为 4 月上中旬,中花品种为 4 月下旬到 5 月上旬,晚花品种为 5 月中下旬。

表 2 性状及其编码

Table 2 Characters and coding

性状编号 Code	性状 Characteristic	编码处理 Coding
1	株高	
2	分枝能力	
3	茎秆颜色是否带红色	低矮(0);中等(1);高(2)
4	茎秆是否下垂以及下垂程度	弱(0);中等(1);强(2)
5	茎秆粗壮程度	是(1);否(0);
6	茎秆是否被绒毛	略微下垂(0);下垂厉害(1);否(2)
7	有无芽鳞	细(0);中等(1);粗(2)
8	顶生叶形状	是(1);否(0);
9	顶生叶是否有裂片以及裂片数量	有(1);否(0)
10	底部叶形状	卵形(0);三出复叶(1);披针形(2);狭长披针形(3)
11	底部叶裂片数量	是,2(0);是,大于2(1);否(2)
12	叶柄颜色是否带红	卵形(0);三出复叶(1);
13	叶尖颜色是否带红	<2(0);2~10(1);>10(2)
14	叶平展程度	是(1);否(0);
15	叶缘是否带骨质锯齿	平展(0);略微收缩(1);皱缩严重(2)
16	是否有侧蕾	是(1);否(0);
17	花色	是(1);否(0);
18	花瓣有无异色	红色系(0);黄色系(1);白色系(2)
19	花瓣数	是,白色系(0)是,黄色系(1);是,红色系(2) 否(3)
20	雄蕊瓣化程度	单瓣(0);半重瓣(1);重瓣(2)
21	花药是否残留	无(0);略微(1);重瓣(2)
22	花丝是否残留以及有无异色	是(1);否(0);
23	花丝颜色	残留,有异色(0);残留,无异色(1);否(2)
24	花丝数量	黄色系0;红色系(1);白色系(2) 无(3)
25	心皮是否被毛以及被毛量	无(0);少数(1);多数(2)
26	心皮颜色是否带异色	是,少量(0);是,较多(1);否(2)
27	柱头颜色	是,白色(0);是,绿色(1);否(2)
28	雌蕊是否有以及大小	红色系(0);白色系(1);绿色系(2);黄色系(3)
29	房衣是否残存以及残存量	是,较小(0);是,中等(1);是,较多(2) 无(3)
30	开花早晚	是,少量(0);是,大量(1);否(3)
31	心皮数	早花(0);中花(1);晚花(2)
32	顶生小叶长宽比	
33	底生小叶长宽比	

1.2.3 数据处理及其方法 数据使用之前,先用 Excel 计算各数量性状的平均值。之后采取

SPSS. 19 软件进行聚类分析。首先采用 Pearson 相关性法进行 R 型聚类分析,对各性状进行分类;其

次运用主成分分析,提取对芍药品种分类贡献较大的性状;最后利用 Pearson 相关性法进行 Q 型聚类分析,对各芍药品种进行分类。

2 结果与分析

2.1 R 型聚类分析

从 R 型聚类的树状图(图 1)可以看出,当选取的标尺为 20 时,33 个性状被划分为 8 大类。第 I 类包括花瓣数、雄蕊瓣化程度、花丝是否残留以及有无异色、花丝颜色、花丝数量、房衣是否残存以及残存量、株高、叶缘是否带骨质锯齿、是否有侧蕾、花径、顶生叶是否有裂片以及裂片数量、叶平展程度和开花早晚 13 个性状。第 II 类包括心皮是否被毛以及被毛量、心皮颜色是否带异色、柱头颜色、雌蕊是否有以及大小和花色 5 个性状。第 III 类包括有无芽

鳞和花瓣有无异色 2 个性状。第 IV 类包括底部叶形状、底生小叶长宽比、底部叶裂片数量和茎秆是否下垂以及下垂程度 4 个性状。第 V 类包括茎秆是否被绒毛、顶生小叶长宽比 2 个性状。第 VI 类包括叶柄颜色是否带红、叶尖颜色是否带红和分枝能力 3 个性状。第 VII 类包括茎秆颜色是否带红色、花药是否残留和顶生叶形状 3 个性状。第 VIII 类包括茎秆粗壮程度 1 个性状。

从性状间的相关性分析,发现部分性状之间的相关程度比较高,例如株高与叶缘是否带骨质锯齿之间的相关系数是 0.668,花瓣数与株高之间的相关系数是 0.508,但是有很多性状之间的相关程度较低,例如分枝能力与茎秆是否被毛之间的相关系数为 0.048,底部叶形状与是否有侧蕾之间的相关系数为 0.004,整体来说多数性状较为独立。

2.2 主成分分析

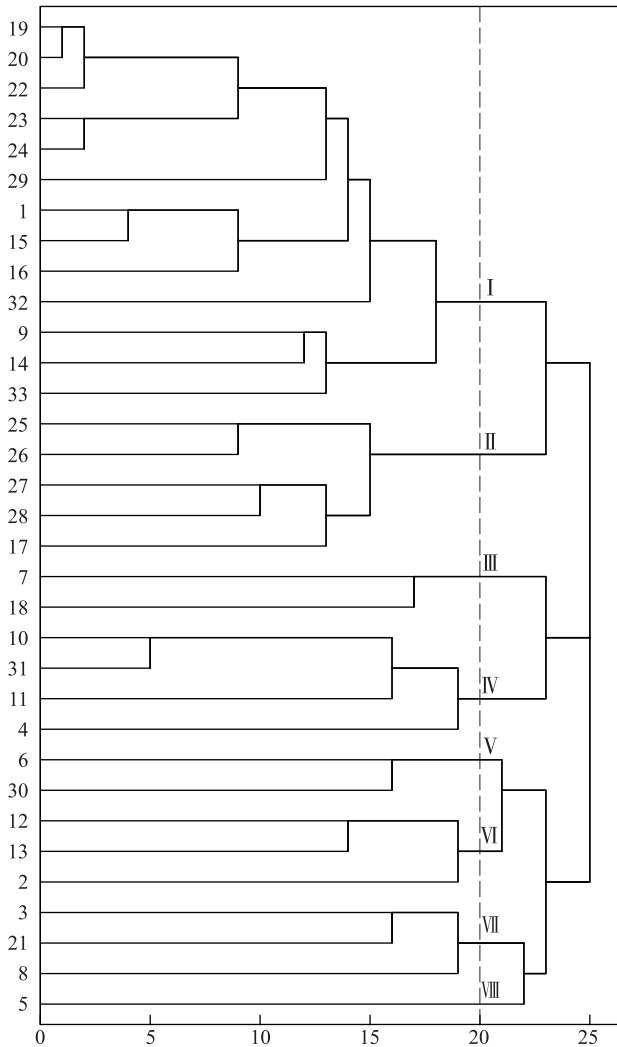
从 R 型聚类可以看出,仅部分性状间的相关系数较高,例如花瓣数与株高,因此为了明确在众多分类性状中较为重要的信息,有必要通过主成分分析,排除重叠和分类意义不大的性状,从而使得重要性状突显,提高品种划分的科学性。

在主成分分析中,各变量的特征值越大,说明变量综合原始变量的能力越强,为了让选取的主成分尽量能够充分反映原始变量的变动,一般都要求累计贡献率不小于 75% [26]。如表 3 所示,可看到前 3 个主成分的特征值均大于 1,累计贡献率为 91.764% (≥75%),而其余性状的贡献率不高,说明在芍药中存在重要性状,故有必要提取 3 个主成分进行主成分分析。将初始因子载荷矩阵和性状抽

表 3 主成分的特征值、贡献率和累计贡献率

Table 3 Eigenvalue, contribution and cumulative contribution rate of principal components

成分 Components	初始特征值 Initial eigenvalue		
	特征值 Eigenvalue	贡献率 (%) Contributive ratio	累积贡献率 (%) Cumulative contributive ratio
1	40.829	86.871	86.871
2	1.207	2.567	89.438
3	1.093	2.326	91.764
4	0.648	1.378	93.142
5	0.479	1.019	94.161
6	0.398	0.847	95.008
7	0.288	0.612	95.621
8	0.251	0.534	96.155
9	0.227	0.483	96.638
10	0.210	0.447	97.085



欧式距离 Euclidean distance

数字为性状编号 The numbers are codes of trait

图 1 R 型聚类分析树状图

Fig. 1 Dendrogram of R cluster

提系数表综合起来,得到用于芍药分类的 33 个性状相对应的主成分载荷量和总载荷量(表 4),从而根据总载荷量对各性状的重要性进行排序。

由表 4 可以得知,第 1 主成分的贡献率为 94.67%,其中心皮数的载荷率在 4.014,花瓣有无异色、顶生叶是否有裂片及其裂片数量、顶生叶形状、雄蕊瓣化程度和茎秆是否下垂以及下垂程度 6 个性状也表现出较大的载荷量,绝对值都在 1.5 以

上,这些性状的信息载荷量最大,对分类最为重要。第 1 主成分主要反映心皮数、花瓣有无异色和顶生叶裂片情况等的信息。第 2 主成分的贡献率为 2.8%,其中雄蕊瓣化程度的载荷率在 6.249,而花丝颜色、花瓣数、花丝是否残留以及有无异色、房衣是否残存以及残存量、株高和花丝数量的载荷量较大,均在 2 以上,说明这些性状对芍药的分类较为重要。

表 4 各性状在主成分分析中的载荷量

Table 4 The amount of lord of each character in principal component

性状编号 Characteristic code	主成分 1 Component 1	主成分 2 Component 2	主成分 3 Component 3	总载荷量 Total lord	排名 Ranking
31	4.014	0.429	-7.394	3.625	1
18	2.949	0.449	-0.795	2.7843	2
9	1.987	0.852	0.356	1.914	3
8	1.853	-0.545	0.603	1.7542	4
20	1.567	6.249	-2.11	1.6051	5
4	1.676	-2.262	0.111	1.5261	6
30	1.44	0.944	-1.287	1.3571	7
23	1.099	5.998	2.701	1.2767	8
29	1.155	2.907	-0.218	1.1693	9
22	1.135	3.191	-0.055	1.1625	10
1	1.095	2.723	0.216	1.1183	11
24	0.996	2.823	1.573	1.0618	12
19	0.928	4.658	-1.27	0.9768	13
5	1.078	-0.495	-1.199	0.9763	14
10	1.005	0.14	-0.387	0.9456	15
28	0.953	-0.784	1.941	0.9294	16
26	0.858	0.763	1.181	0.8635	17
25	0.86	0.451	0.998	0.852	18
33	0.8858	0.2162	-0.1787	0.8401	19
11	0.965	-1.56	-1.697	0.827	20
12	0.822	-0.063	0.583	0.7912	21
21	0.827	-1.856	-0.604	0.7157	22
27	0.628	0.843	2.169	0.673	23
7	0.687	-0.413	0.773	0.6584	24
14	0.637	0.828	-0.043	0.6251	25
2	0.611	-0.253	1.257	0.6032	26
13	0.526	0.482	0.162	0.5156	27
32	0.4831	-0.2918	0.2345	0.4551	28
17	0.426	0.133	1.182	0.4369	29
16	0.362	1.289	-0.507	0.366	30
15	0.273	1.338	-0.144	0.2922	31
6	0.249	-0.332	0.255	0.2329	32
3	0.206	-0.188	-0.368	0.1804	33

第 3 主成分的贡献率为 2.53%,心皮数的载荷量绝对值最大为 7.394,雄蕊瓣化程度、花丝颜色、柱头颜色、花丝数量、雄蕊是否有及其大小和底部叶裂片

数量的载荷量较大,绝对值均在 1.5 以上。

而从各性状的总载荷量来看,对芍药品种分类最重要的性状有心皮数、花瓣有无异色、顶生叶是否

有裂片及数量、顶生叶形状、雄蕊瓣化程度、茎秆是否下垂以及下垂程度、开花早晚和花丝颜色这些性状总载荷量都在 1.2 以上,重要性占据了前 8 位。而房衣是否残存以及残存量、花丝是否有残留以及有无异色、株高、花丝数量、花瓣数、茎秆粗壮程度、底部叶形状、雌蕊是否有及其大小、心皮颜色是否带异色、心皮是否被毛及量、底生小叶长宽比和底部叶裂片数量这些性状的总载荷量在 0.8 以上,重要性占据了前 20 位。而叶尖颜色是否带红、顶生小叶长宽比、花色、是否有侧蕾、叶缘是否带骨质锯齿、茎秆是否被绒毛和茎秆颜色是否带红色这些的总载荷量在 0.5 以下,占据了所有性状的后 7 位,从主成分分析的结果来看对芍药品种分类贡献最小。

2.3 Q 型聚类分析

根据主成分分析的结果可提取总载荷量在前 20 的性状参与到 Q 型聚类分析,花色虽然在主成分分析中总载荷量较低,但其对芍药品种的性状分类有重要意义,因此共选取 21 个性状进行品种的聚类。

从 Q 型聚类分析树状图(图 2)可以看出,当选取的标尺为 15 时,47 个芍药品种被分为 8 类。第 I 类包括种生粉、Many Happy Returns、Red Magic 等 9 个品种。这 9 个品种都是株高偏高,顶生叶片无裂片,底部叶为三出复叶,花色主要集中在白色系与红色系,花瓣无异色,重瓣花,雄蕊几乎完全瓣化,花期偏晚。

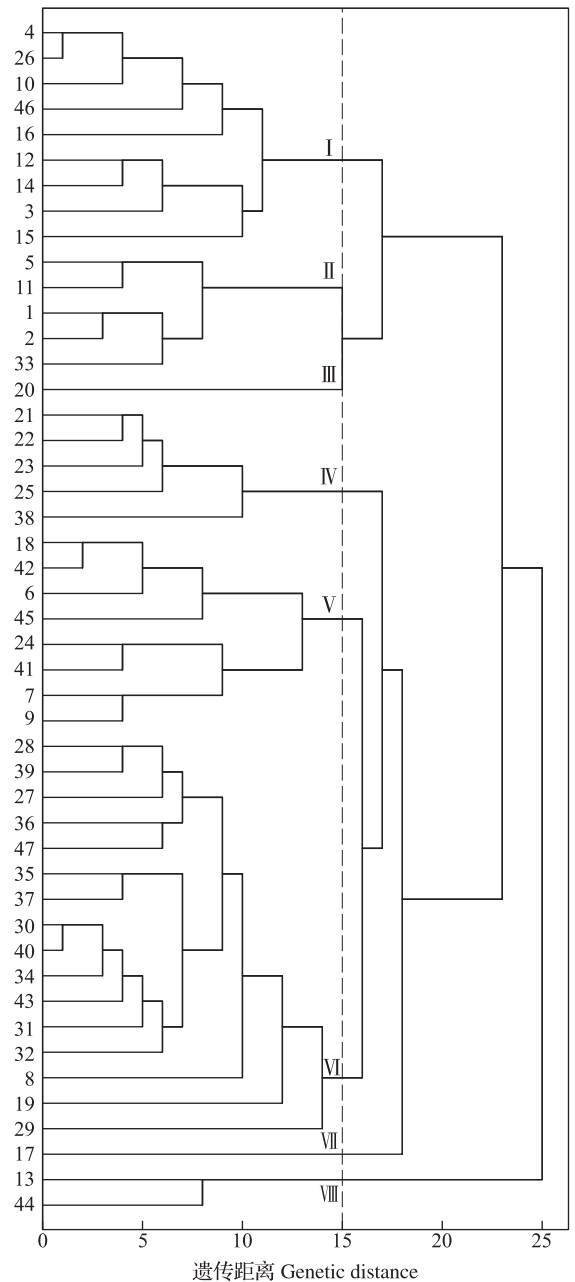
第 II 类包括粉玉奴、Karl Rosenfield、团叶红等 5 个品种。这 5 个品种株高较高,顶生叶无裂片,底部叶为三出复叶,花色为红色系,花瓣无异色,花瓣数除粉玉奴之外全为重瓣花,花期偏早。

第 III 类仅包括 Garden Peace 1 个品种。该品种株高较高,较粗壮,顶生叶无裂片,底部叶为卵形叶,白色系,花瓣有异色,单瓣花,花期居中,微香。

第 IV 类包括 Pink Teacup、Firelight 等 5 个品种,这 5 个品种株高偏低,除 Little Red Gem 顶生叶都无裂片,底部叶除 Halcyon 为卵形叶外,都是三出复叶,红色系,花瓣无异色,单瓣花,花期偏早。

第 V 类包括 Fernleaf Hybrid、Laddie 等 8 个品种。这 8 个品种株高总体偏高,顶生叶裂片数量除 Fernleaf Hybrid 和 Laddie 有大量裂片,其余均无裂片,底部叶形状为三出复叶,红色系花,花瓣无异色,单瓣花居多,花期偏早。

第 VI 类包括 Carina、Scarlet O' Hara 等 16 个品种。这一类群品种较多,株高总体偏低,顶生叶除



数值表示品种编号 The numbers are cultivars codes

图 2 Q 型聚类分析树状图

Fig. 2 Dendrogram of Q cluster

Coral Sunset 有少量裂片外无裂片,底部叶形状为三出复叶,花色多样,有红色系黄色系白色系,花瓣无异色或者有红色异色,单瓣或者半重瓣花,花期偏晚。

第 VII 类包括 Athena 1 个品种。该品种株高偏低,顶生叶无裂片,底部叶形状为三出复叶,花色为红色系,花瓣无异色,单瓣花,花期早。

第 VIII 类包括 Goldmine 和 Henry Sass 2 个品种。这 2 个品种株高偏高,顶生叶无裂片,底部叶形状为

三出复叶,花色 Goldmine 为黄色系, Henry Sass 为白色系,重瓣花,有大量花丝,花丝颜色为白色,花期晚。

3 结论与讨论

3.1 表型性状的聚类分析

Q 型聚类结果显示,第 I 类除 Henry Bockstoece 外均为 LG 品种,但是 Henry Bockstoece 的杂交进程有 *P. lactiflora* 的参与。第 II 类中的品种除 Old Faithful 之外均为 LG 品种,由此可见,大多数 LG 品种特别是 5 个国内品种聚类距离比较近,但与大多数国外品种距离较远,说明国内品种与大多数国外品种亲缘关系比较远。第 III 类的 Garden Peace,从父母本的情况来看,也有 *P. lactiflora* 的参与,故与前两类聚类距离比较靠近。第 V 类中 Laddie、Roselette 和 May Lilac 3 个品种均为 *P. tenuifolia* 种源下品种。第 VI 类中 Old Rose Dandy、Border Charm、Lemon Dream、Going Bananas 和 Prairie Charm 为 IG 品种,而其他品种隶属于 HG,虽然他们所属品种群不同,但是被聚为一类,表明 IG 品种亲本也许与其他品种亲本相同或者相近。第 VII 类为 *P. tenuifolia* 种源下品种。

传统分类以植物的外部形态为依据,芍药在各地形成了 3 大品种群^[5],本次聚类结果与其基本一致,例如 IG 和大多数 LG 的品种各自聚类在一起,同时又在不同的分类单元, HG 的品种大多数属于多种起源,亲本丰富,故聚类结果比较分散,这说明聚类结果与传统分类体系基本吻合。季丽静^[27]利用 SSR 分子标记对 89 个欧美芍药品种及部分重要亲本原种的研究发现,可根据芍药的种源不同划分为不同的小组。本研究的聚类结果显示 IG 品种都能聚在第 VI 类,第 V 类的部分品种也为 *P. tenuifolia* 种源下品种。不同品种群的芍药品种大多数都具备较远的亲缘关系,这与季丽静^[27]的聚类结果基本一致。

3.2 利用表型性状开展亲缘关系的研究

基于形态的数量分类方法与分子、生化分类方法相比,具备经济、简单易行的特点。刘春迎等^[21]对 60 个芍药栽培品种选取了 56 个表型性状应用聚类分析与逐步回归分析,得到了亲缘关系的树状聚类图。郭先锋等^[22]对 27 个芍药栽培品种和 5 个近缘种选取了 21 个表型性状,运用聚类分析揭示出 27 个芍药栽培品种与 5 个野生种之间的亲缘关系,为相关的研究奠定了基础、提供了借鉴。刘苏闽

等^[23]对 33 个芍药栽培品种选取了 34 个表型性状,通过聚类结果可以看出各品种及类群之间亲缘关系的远近。由此可见,前人在对芍药栽培品种选取一定数量表型性状,运用聚类分析的方法,进行亲缘关系分析是可行的,但前人的研究范围均未囊括 LG 和 IG 的品种,本研究可以填补这一空白。

植物表型性状繁多,因此在对植物性状进行数量分析的时候,为了提高分析结果的准确性,对性状的选择就显得更加重要。用于数量分类的性状通常有 3 种:二元性状、数量多态性状和定性多态性状^[28]。二元性状表型为有、无,性状易于观测和记录,但数量有限;数量多态性状通常呈现连续变化的结果;受环境影响较大,难以达到分类所要求的可靠性和重复性,在性状选取中应尽可能减少数量多态性状,定性多态性状在植物形态中最为丰富,同时也具备分类所要求的可靠性和重复性^[29]。植物新品种特异性 (distinctness)、一致性 (uniformity) 和稳定性 (stability) 测试简称 DUS 测试,是植物新品种保护的技术基础和授权的科学依据,涉及大量的性状^[30]。本研究参考了芍药 DUS 测试指南的性状,采用了 33 个性状对 47 份隶属于不同品种群的芍药品种进行了表型多样性研究,分别有 9 个二元性状、3 个数量多态性状和 21 个定性多态性状。结果表明,利用这些表型性状能很好地对 47 份材料进行聚类分析,其结果能与其他学者的研究结果互相支持。由此说明,2012 年颁布的 DUS 测试指南,虽然仅仅针对 LG 的品种,但也适用于 HG 和 IG 这 2 个芍药品种群;表型性状在研究不同芍药品种群的芍药品种间的亲缘关系时能够充分利用。

参考文献

- [1] 于晓南,苑庆磊,宋涣芝.中西方芍药栽培应用简史以及花文化比较研究[J].中国园林,2011(3):77-81
- [2] Ji L J, Wang Q, Jaime A, et al. The genetic diversity of *Paeonia* L. [J]. *Scient Horticult*, 2012, 143: 62-74
- [3] Dark SOS. Meiosis in diploid and tetraploid *Paeonia* species [J]. *J Genet*, 1936 (32): 353-372
- [4] Ji L J, Jaime A, Teixeira da S, et al. Development and application of 15 novel polymorphic microsatellite markers for sect. *Paeonia* (*Paeonia* L.) [J]. *Biochem System Ecol*, 2014 (54): 257-266
- [5] 秦魁杰. 芍药 [M]. 北京:中国林业出版社, 2004: 43-44
- [6] Hong D Y, Pan K Y, Turland N J. *Paeoniaceae* in flora of China [M]. St. Louis: Science Press and Missouri Botanic Garden Press, 2001
- [7] 于晓南,宋涣芝,王琪,等.北美新芍药品种引种适应性初报 [J]. 园林绿化, 2011 (12): 50-51
- [8] 陈家宽,孙祥钟,王徽勤,等.中国慈姑属的数量分类研究

- [J]. 武汉大学学报:自然科学版,1988,13(1):107-114
- [9] 王江民,陈素梅,滕年军,等. 基于形态性状的菊属与亚菊属植物亲缘关系的研究[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(6):1031-1037
- [10] 戴思兰,陈俊愉. 中国菊属一些种的分支分类学研究[J]. 武汉植物学研究,1997,15(1):27-34
- [11] 史密斯 P,索卡尔 R. 数值分类学 数值分类的原理与应用[M]. 赵铁桥,译. 北京:科学出版社,1984:97-98
- [12] 杨果,李彦,吕英民,等. 梅花品种数量分类研究[J]. 北京林业大学学报,2010,32(2):46-51
- [13] 毛汉书,马燕,王忠芝,等. 中国梅花品种数量分类研究[J]. 北京林业大学学报,1992,14(10):59-66
- [14] 王辉,谢利娟,罗丹,等. 深圳外来月季品种的数量分类研究[J]. 西南林业大学学报,2013,33(2):81-87
- [15] 王青,戴思兰,何晶,等. 盆栽多头菊主要观赏性状聚类分析及其在育种中的应用[C]//中国园艺学会观赏园艺专业委员会:中国观赏园艺研究进展. 北京:中国林业出版社,2012:192-197
- [16] 李娜娜,张德平,戴思兰. 遗传距离及聚类分析在切花菊亲本选配中的应用[J]. 东北林业大学学报,2011,39(11):46-49
- [17] 洪艳,白新祥,孙位,等. 菊花品种花色表型数量分类研究[J]. 园艺学报,2012,39(7):1330-1340
- [18] 雒新艳,戴思兰. 大菊品种表型性状的分类价值[J]. 北京林业大学学报,2010,32(3):135-140
- [19] 王晓琴. 香格里拉滇牡丹遗传多样性研究[D]. 北京:北京林业大学,2009
- [20] 庞利铮,成防云,钟原,等. 紫斑牡丹关联分析群体的表型分析[J]. 北京林业大学学报,2012,34(11):115-120
- [21] 刘春迎,王连英. 芍药品种的数量分类研究[J]. 武汉植物学研究,1995,13(2):116-126
- [22] 郭先锋,王莲英. 我国栽培芍药与几个近缘种的数量分类学研究[J]. 园艺学报,2005,32,(3):473-476
- [23] 刘苏闽,赵明,何小弟,等. 芍药性状聚类分析及其在育种上的作用[J]. 江苏农业科学,2009(6):240-242
- [24] 邹正祥. 中国观赏芍药品种的资源调查与促成栽培评价[D]. 北京:北京林业大学,2006
- [25] 全国植物新品种测试标准化技术委员会. NY/T 2225-2012 植物新品种特异性、一致性、和稳定性测试指南:芍药[S]. 北京:中国标准出版社,2012
- [26] 曹荷艳. 不同种系百合品种表型性状分类研究[C]//中国园艺学会观赏园艺专业委员会. 中国观赏园艺研究进展. 北京:中国林业出版社,2013:66-73
- [27] 季丽静. 观赏芍药部分新种质 SSR 遗传多样性分析及 DNA 指纹图谱构建[D]. 北京:北京林业大学,2013
- [28] 戴思兰,钟杨,张晓艳. 中国菊属植物部分种的数量分类研究[J]. 北京林业大学学报,1995,17(4):9-15
- [29] 周兰英,王永清,张丽,等. 46 种杜鹃花属植物表型性状的数量分类[J]. 林业科学,2009,45(8):65-75
- [30] 马世青,郑学莉. 植物新品种保护基础知识[M]. 北京:蓝天出版社,1999:50-51