

基于形态性状的菊属与亚菊属植物亲缘关系研究

王江民¹, 陈素梅², 滕年军², 陈发棣², 房伟民², 管志勇²

(¹云南省农业科学院质量标准与检测技术研究所, 昆明 650205; ²南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

摘要:依据菊花 DUS 测试指南中性状观测和分级的方法, 记录了菊属、亚菊属 31 个物种叶片和花序的 8 个定性多态性状, 测量了各物种叶片的 14 个形态指标, 并将其转换为 7 个数量多态性状, 分别基于定性多态性状代码和叶片数量多态性状数值利用聚类分析研究其亲缘关系, 将 2 次聚类结果进行比较。结果表明, 基于定性多态性状和叶片数量多态性状的聚类结果均可对菊花近缘属植物进行亲缘关系分析, 并前人利用分子标记的亲缘关系研究及植物学传统分类的研究结果一致, 能够较准确地反映种间亲缘关系。而利用菊花 DUS 测试相关定性多态性状的信息进行亲缘关系研究, 具有准确度高、采样简便、工作量小的优点。

关键词:菊属; 定性多态性状; 数量性状; 聚类; 亲缘关系; DUS 测试

Phylogenetic Relationship Analysis of Several Species from *Chrysanthemum* and *Ajania* According Multivariate Morphological Characteristics

WANG Jiang-min¹, CHEN Su-mei², TENG Nian-jun², CHEN Fa-di², FANG Wei-min², GUAN Zhi-yong²

(¹Institute of Agricultural Quality Standard and Detecting Technology of Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205;

²College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

Abstract: Eight morphological characteristics of 31 *Chrysanthemum* and *Ajania* leaf and inflorescence were recorded based on the characteristics evaluation and classification in DUS test guidelines. Depend on the characteristics codes and 7 quantitative characters calculated from 14 foliar morphological traits, the phylogenetic relationship of these species were respectively analyzed through clustering analysis. Comparing the two clustering analysis results, we found that the results from multivariate morphological traits and multiple quantitative traits from leaf could accurately reflect phylogenetic relationship of species from *Chrysanthemum* and its related genera. In addition, such results were consistent with those in previous studies with the methods of molecular markers and traditional morphological classification. However, clustering analysis using DUS test related multivariate morphological characteristics was more effective and had the advantages of higher accuracy, easier sampling, and less labor.

Key words: *Chrysanthemum*; multivariate morphological characteristics; cluster; phylogenetic relationship DUS test

菊花(*Chrysanthemum morifolium* Ramat)属菊科(Compositae)菊属(*Chrysanthemum*)植物,起源于中国,是深受喜爱的传统名花^[1]。野生种质资源常携带栽培物种缺乏的某些抗逆性,可通过远缘杂交和其他技术转移至栽培物种,是栽培物种抗性育种的重要基础材料。近年来,野生资源多样性研究备受

关注^[2-4]。菊花近缘种属植物丰富,对近缘种属野生资源的研究是菊花种质创新的基础。

遗传多样性是生物多样性最重要的成分,物种或种群进化潜力和适应环境的能力取决于其遗传多样性的^[5]大小;表型通常具有适应意义和进化意义^[6],表型分析是研究物种变异和进化的传统方法

收稿日期:2013-03-27 修回日期:2013-05-13 网络出版日期:2013-10-22

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20131022.1536.005.html>

基金项目:教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-10-0492);国家自然科学基金项目(31171983);南京农业大学基本业务费自主创新重点项目(KYZ201112)

第一作者研究方向为花卉品种测试。E-mail: jiangminwang2003@163.com

通信作者:管志勇,研究方向为花卉种质资源与育种。E-mail: guanzhy@njau.edu.cn

之一。目前,利用形态性状揭示植物的遗传多样性仍然为许多学者所应用^[7-8]。

传统分类学根据形态学特征对植物进行区分,由传统分类学与统计学及计算机技术结合产生的数量分类学方法,使基于形态学特征的研究更加高效^[9-10]。该方法能有效评价个体的相似性并进行归类处理,还可用于分析种间亲缘关系,因此在现代分类学研究中得到了广泛应用^[11-12]。

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^[13]。二元性状表现为有、无,对应的编码为 0、1,此类性状最易于观测和记录,但植物形态上可用的二元性状通常有限;数量多态性状由于受环境影响多呈现连续变化,缺乏规律性和直观性,难以达到分类所要求的可靠性和重复性。用于数量分类性状并非越多越好^[14],某些无关性状可能会带来干扰,采用与分类密切相关的性

状,能提高结果的可检验性,是数量分类的关键。菊花近缘属植物具有丰富的定性多态性状,但此类性状用于分类和亲缘关系研究的报道较少。菊花近缘属植物群体的叶片具有丰富的形状多样性,而通过叶形特征分析菊花近缘属植物亲缘关系的方法鲜见报道。本试验以 31 份菊属和亚菊属野生种质资源为试材,分别通过定性多态性状及叶片数量多态性状的观察记录并进行数量分类,对比前人基于分子标记的亲缘关系研究结果,探讨这类性状在菊花近缘属物种间亲缘关系研究上的可行性。

1 材料与方法

1.1 材料

试材为南京农业大学中国菊花种质资源保存中心收集保存的 27 份菊属及 4 份亚菊属野生种质资源(表 1)。

表 1 31 份供试材料

Table 1 31 Plant materials used in this study

学名	中文名	倍性	花色	采集地
Scientific name	Chinese captions	Ploidy	Flower color	Accession
<i>Chrysanthemum indicum</i> (Chengdu)	成都野菊	4	黄色	四川成都
<i>Ch. indicum</i> (Nanjing)	南京野菊	4	黄色	江苏南京
<i>Ch. indicum</i> (Huangshan)	黄山野菊	4	黄色	安徽黄山
<i>Ch. indicum</i> (Wuyishan)	武夷山野菊	4	黄色	福建武夷山
<i>Ch. indicum</i> (Taishan)	泰山野菊	4	黄色	山东泰山
<i>Ch. indicum</i> (Lushan)	庐山野菊	4	黄色	江西庐山
<i>Ch. indicum</i> (Yuntaishan)	云台山野菊	4	黄色	河南云台山
<i>Ch. zawadskii</i>	紫花野菊	6	紫红	安徽黄山
<i>Ch. vestitum</i>	毛华菊	6	白色	安徽天柱山
<i>Ch. dichrum</i>	异色菊	4	黄色	河北内丘
<i>Ch. nankingense</i>	菊花脑	2	黄色	江苏南京
<i>Ch. nankingense</i> (tetraploid)	四倍体菊花脑	4	黄色	人工创制 ^[15]
<i>Ch. indicum</i> (Japan)	日本野菊	4	黄色	日本千叶
<i>Ch. crassum</i>	大岛野路菊	10	白色	日本石川
<i>Ch. zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	岩菊变种	2	白色	日本广岛
<i>Ch. japonense</i> (Tokyo, Japan)	东京野路菊	6	白色	日本东京
<i>Ch. japonense</i> (Chiba, Japan)	万叶野路菊	6	白色	日本万叶植物园
<i>Ch. okiense</i>	阴岐油菊	4	黄色	日本广岛
<i>Ch. ornatum</i>	萨摩野菊	8	白色	日本广岛
<i>Ch. indicum</i> var. <i>maruyamanum</i>	乙立寒菊	4	黄色	日本广岛
<i>Ch. × shimotomaii</i>	虹滨菊	6	黄色	日本广岛
<i>Ch. japonense</i> var. <i>delile</i>	濂户野路菊	6	白色	日本万叶植物园
<i>Ch. boreale</i>	泡黄金菊	2	黄色	日本筑波
<i>Ch. makinoui</i> var. <i>wakasaense</i>	若狭滨菊	6	白色	日本筑波
<i>Ch. yoshinaganthum</i>	那贺川野菊	4	白色	日本筑波
<i>Ch. japonense</i> var. <i>ashizuriense</i>	足楷野路菊	6	白色	日本筑波
<i>Ajania przewalskii</i>	细裂亚菊	4	黄色	四川马尔康
<i>A. pacificum</i>	矾菊	10	-	日本筑波
<i>A. shiwogiku</i> var. <i>kinokuniense</i>	纪伊潮菊	8	-	日本筑波
<i>A. shiwogiku</i>	盐菊	10	-	日本筑波
<i>A. × marginatum</i>	花矾菊	8	黄色	日本筑波

- 表示无舌状花 - indicates that ray florets are absent

所有试材均种植在南京农业大学中国菊花种质资源保存中心,采用常规栽培管理及病虫害防护措施,保证环境及栽培条件一致。测试性状于 2010 年、2011 年记录 2 个生长周期。叶片性状在主蕾显色后观测,花部性状在盛花期观察,每份材料观察记载 10 株。

1.2 数据采集与分析

1.2.1 定性多态性状的采集

对试验材料的 6 个叶片性状和 2 个花部性状进行记载,包括:叶片最低位侧裂刻深度、叶片基部形状、叶片边缘锯齿数量、叶片边缘锯齿程度、叶先端形状、叶裂片数量、舌状花有无、舌状花花色。性状 1~5 的鉴定分级、赋值方法参照国际植物新品种保护联盟(UPOV)的《植物新品种特异性、一致性和稳定性的测试指南-菊花》(适用范围包括菊属 *Chrysanthemum*, 亚菊属 *Ajania* 植物)^[16], 性状 6~8 按照 UPOV TGP/7(测试指南的研制)的基本原理进行分级和赋值^[17](表 2)。蕾期进行叶片的观察与采样,每份材料采集 10 株,叶片采集部位为茎段中部上下 1~2 叶位,每株采集叶片不超过 5 片,用 AGFA-e40 型扫描仪扫描叶片,扫描叶片时放置标尺作参照,扫描参数分辨率 200dp。叶片样品分别于 2010 年、2011 年共取样 2 次。花部性状于盛花期进行测定。性状鉴定方法按照 DUS 测试指南要求进行。

表 2 性状及编码

Table 2 Characteristics and corresponding code

性状	表现	编码
Characteristics	Individual type	Code
叶裂片数量	近不裂、三裂、三/四/五裂、 五裂、五/六裂、七裂	1、3、4、5、6、7
头状花序有无舌状花	有舌状花、无舌状花	1、2
花色	紫红色、白色、黄色	1、2、3

1.2.2 叶片数量多态性状的采集

利用图像测量分析软件 SmartScape-2002(上海复日科技有限公司)分别测量全叶长(包括叶身及叶柄)、叶身长、叶身宽,顶裂片及 2 个侧裂片长度和宽度,叶片尖削度(图 1 中的 α),裂片开张度(图 1 中的 β)共 11 项尺度指标。除叶片尖削度,裂片开张度可直接作为叶形指标外,将上述其余 9 个尺度指标进行计算转化成 5 个叶形指标,

分别为:叶身长宽比(叶身长/叶身宽)、叶柄叶长比(叶柄长/全叶长)、顶裂片长宽比(裂片长度/裂片宽度,下同)、左侧裂片的长宽比、右侧裂片的长宽比。

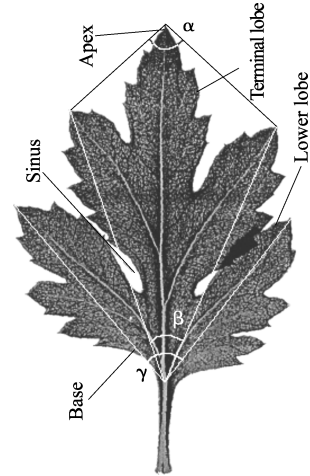


图 1 典型菊花叶片的相关特征^[18]

Fig 1 A typical chrysanthemum leaf showing the characters^[18]

1.2.3 统计分析

以 31 份种质资源作为分类单元,先后基于物种的 8 个定性多态性状的代码和物种的 7 个叶形指标变量(数量多态性状)计算欧氏距离,采用算术平均数的非加权成组配对法(UPGMA, unweighted pair group method with arithmetic mean)进行 2 次聚类分析,聚类用 SAS 软件 9.0 版(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)进行。通过类间距离推测种间亲缘关系,比较 2 次聚类用于亲缘关系分析的有效性。

2 结果与分析

2.1 品种间性状多样性

由表 3 可知,供试 31 个菊花近缘属植物的表型在各个性状上均表示出多样性,其中叶片基部形状、叶裂片数量的 Shannon 多样性指数较大,分别为 1.1812 和 1.1073;叶裂片数量、叶片最低位侧裂刻深度 Simpson 多样性指数较大,分别为 0.6681 和 0.6576,8 个定性多态性状可用于聚类分析。

由表 4 可知,供试 31 个菊属及亚菊属植物叶片的表型在 7 个指标上存在极显著差异,7 个数量多态性状可用于聚类分析。

表 3 31 份供试材料的定性多态性状多样性

Table 3 Diversity index of classificatory morphological characteristics of 31 plant materials

多样性指数	叶片最低位侧裂刻深度	叶片基部形状	叶片边缘锯齿数量 No. of indentations	叶片边缘锯齿程度	叶先端形状	叶裂片数量	有无舌状花	花色
Diversity index	Depth of lowest lateral sinus	Predominant shape of base	leaf margin	Depth of indentations	Predominant shape of tip on leaf	No. of leaf splinter	Absent ray floret or not	Color of ray floret
Shannon 多样性指数	1.0846	1.1812	1.0445	0.9595	1.0681	1.1073	0.3845	0.7585
Simpson 多样性指数	0.6576	0.6410	0.6327	0.5702	0.6472	0.6681	0.2247	0.4787

表 4 31 份供试材料的叶部数量多态性状

Table 4 Numerical foliar morphological parameters of plant materials from *Chrysanthemum* and *Ajania*

供试材料 Plant material	叶身长宽比 Ratio of leaf lengthand width	叶柄叶长比 Length ratio of leaf andpetiole	顶裂片长宽比 Ratio of terminal lobe lengthand width	右上裂片长宽 比 Ratio of right upper lobe lengthand width	左上裂片长宽 比 Ratio of left upper lobe lengthand width	叶片尖削度 Acumination extent of leaf tip	上裂片开张度 Notch acuity of upper lobe
四倍体菊花脑	1.11 ± 0.05	0.25 ± 0.02	0.90 ± 0.17	2.01 ± 0.24	2.10 ± 0.31	93.36 ± 8.03	50.64 ± 5.95
岩菊变种	1.32 ± 0.07	0.27 ± 0.03	1.58 ± 0.23	2.49 ± 0.33	2.89 ± 0.32	90.79 ± 8.92	46.28 ± 8.34
异色菊	1.13 ± 0.09	0.43 ± 0.04	1.98 ± 0.24	1.71 ± 0.16	1.82 ± 0.24	89.90 ± 11.02	64.07 ± 9.40
毛华菊	0.98 ± 0.09	0.34 ± 0.03	1.27 ± 0.07	1.41 ± 0.09	1.57 ± 0.08	81.80 ± 6.17	106.10 ± 4.89
泡黄金菊	1.47 ± 0.07	0.18 ± 0.02	1.62 ± 0.20	1.96 ± 0.15	2.37 ± 0.23	65.64 ± 4.24	47.48 ± 2.50
成都野菊	1.53 ± 0.09	0.19 ± 0.02	1.78 ± 0.18	2.71 ± 0.07	3.18 ± 0.42	65.65 ± 4.72	43.33 ± 3.22
东京野路菊	1.00 ± 0.12	0.53 ± 0.04	1.13 ± 0.09	1.88 ± 0.14	1.78 ± 0.23	98.24 ± 5.06	81.36 ± 9.32
那贺川野菊	1.18 ± 0.06	0.29 ± 0.02	1.59 ± 0.20	2.20 ± 0.23	2.17 ± 0.28	89.86 ± 3.93	61.08 ± 4.19
若狭滨菊	1.02 ± 0.05	0.32 ± 0.06	1.33 ± 0.16	1.93 ± 0.15	1.95 ± 0.22	89.54 ± 6.24	92.44 ± 9.24
阴歧油菊	1.22 ± 0.11	0.27 ± 0.04	1.57 ± 0.15	2.00 ± 0.14	2.53 ± 0.27	85.86 ± 3.98	38.88 ± 2.75
濑户野路菊	0.98 ± 0.05	0.40 ± 0.02	1.33 ± 0.11	2.02 ± 0.17	2.36 ± 0.23	86.81 ± 2.56	94.72 ± 3.97
万叶野路菊	1.01 ± 0.05	0.24 ± 0.04	1.41 ± 0.06	2.04 ± 0.13	2.04 ± 0.12	95.55 ± 4.96	67.42 ± 4.10
足楷野路菊	0.93 ± 0.06	0.54 ± 0.03	1.14 ± 0.07	2.11 ± 0.15	2.14 ± 0.16	88.68 ± 5.30	96.74 ± 8.10
庐山野菊	1.27 ± 0.07	0.23 ± 0.03	1.03 ± 0.14	2.12 ± 0.17	2.21 ± 0.19	83.13 ± 5.98	46.90 ± 4.84
黄山野菊	1.10 ± 0.04	0.23 ± 0.02	1.34 ± 0.05	2.09 ± 0.13	1.96 ± 0.13	86.25 ± 3.96	78.21 ± 7.63
大岛野路菊	1.00 ± 0.02	0.43 ± 0.09	1.13 ± 0.12	2.09 ± 0.22	2.13 ± 0.27	88.29 ± 1.47	83.65 ± 5.51
虹滨菊	1.04 ± 0.08	0.24 ± 0.03	1.10 ± 0.10	2.28 ± 0.24	2.25 ± 0.16	96.36 ± 7.86	72.34 ± 6.38
南京野菊	1.25 ± 0.10	0.19 ± 0.03	1.47 ± 0.17	2.23 ± 0.15	2.18 ± 0.22	86.06 ± 8.75	46.88 ± 3.94
萨摩野菊	1.23 ± 0.06	0.25 ± 0.03	1.14 ± 0.09	1.74 ± 0.14	0.71 ± 0.05	75.63 ± 4.06	32.80 ± 1.22
泰山野菊	1.37 ± 0.10	0.26 ± 0.02	1.85 ± 0.24	2.40 ± 0.20	2.33 ± 0.29	80.61 ± 6.95	52.06 ± 9.22
日本野菊	1.34 ± 0.08	0.16 ± 0.01	1.38 ± 0.18	2.30 ± 0.17	2.54 ± 0.23	71.15 ± 6.28	46.19 ± 6.45
乙立寒菊	1.54 ± 0.12	0.16 ± 0.03	1.74 ± 0.10	2.49 ± 0.25	2.48 ± 0.35	65.13 ± 6.26	35.75 ± 2.29
武夷山野菊	1.37 ± 0.11	0.15 ± 0.02	1.84 ± 0.18	2.01 ± 0.18	2.08 ± 0.12	75.36 ± 5.32	57.74 ± 4.67
盐菊	1.79 ± 0.19	0.22 ± 0.02	1.32 ± 0.10	2.98 ± 0.30	3.14 ± 0.37	80.19 ± 11.29	32.75 ± 7.48
花矶菊	1.37 ± 0.05	0.33 ± 0.03	1.25 ± 0.21	2.62 ± 0.24	2.90 ± 0.41	95.15 ± 6.11	38.92 ± 3.08
矶菊	2.04 ± 0.12	0.15 ± 0.03	0.67 ± 0.13	0.39 ± 0.13	0.31 ± 0.07	117.65 ± 6.10	17.64 ± 2.24
纪伊潮菊	1.38 ± 0.06	0.35 ± 0.03	1.47 ± 0.11	3.03 ± 0.11	2.64 ± 0.26	93.99 ± 3.87	37.36 ± 2.27
云台山野菊	1.19 ± 0.07	0.21 ± 0.02	1.65 ± 0.18	2.11 ± 0.14	2.23 ± 0.23	80.60 ± 4.48	61.52 ± 7.45
细裂亚菊	1.14 ± 0.13	0.25 ± 0.02	2.49 ± 0.21	2.11 ± 0.10	2.23 ± 0.31	81.73 ± 7.75	54.63 ± 5.23
菊花脑	1.69 ± 0.11	0.17 ± 0.03	1.41 ± 0.27	2.54 ± 0.31	2.84 ± 0.33	68.68 ± 7.12	29.50 ± 4.64
紫花野菊	1.00 ± 0.08	0.47 ± 0.01	2.07 ± 0.15	2.11 ± 0.16	2.12 ± 0.21	108.39 ± 7.32	52.60 ± 6.10
F 值 F value	10.41	23.43	10.74	13.05	14.48	29.43	17.13
P 值 P value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.001	<0.001	<0.001
显著性 Significant difference	**	**	**	**	**	**	**

表中数据为平均值 ± 标准差 (n=8), ** 表示方差分析达到 $P < 0.01$ 的差异极显著水平

Values in the table are mean ± standard error of eight replicates, ** indicates significant difference at 0.01 level among different cultivars

2.2 依据定性多态性状的聚类分析

根据定性多态性状的聚类分析结果可将 31 份材料分为两大类(图 2): I 类包括盐菊、花矶菊、纪伊潮菊、矶菊 4 份材料均为亚菊属。II 类包括余下的 27 份材料,其中除细裂亚菊外,26 份材料均为

菊属。

II 类中的 27 份材料在距离系数为 0.97 时又可分为 4 亚类;A 亚类仅紫花野菊一种;菊花脑则单独聚为 B 亚类;C 亚类包括毛华菊、大岛野路菊、若狭滨菊、濑户野路菊、万叶野路菊、足楷野路菊、阴歧油

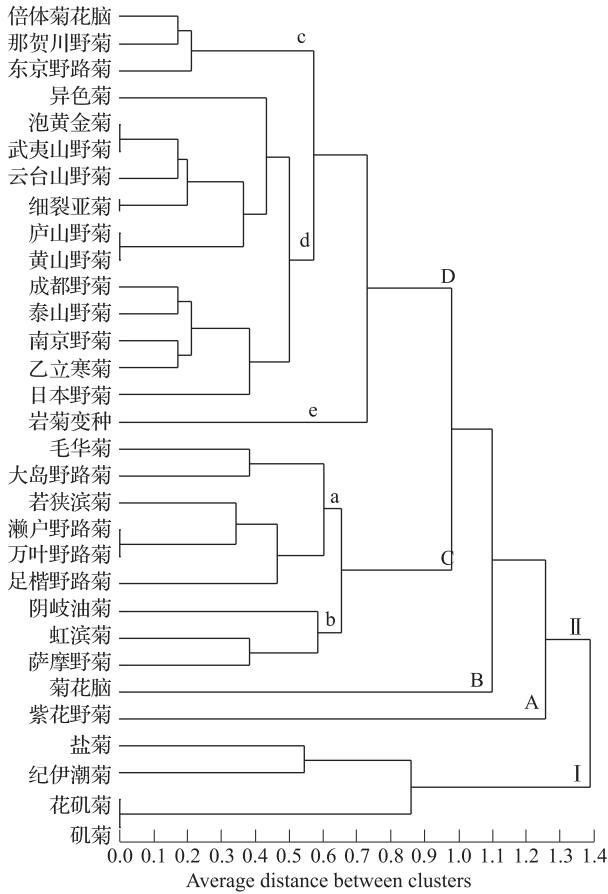


图2 基于定性多态性状的 31 份材料的聚类亲缘关系图
 Fig. 2 Dendrogram of phylogenetic relationship of 31 species based on classificatory morphological characters

菊、虹滨菊、萨摩野菊共 9 份材料,其中除毛华菊外,其余均为分布日本的物种;C 亚类又可以分为 2 个亚亚类,a 亚亚类为毛华菊、大岛野路菊、若狭滨菊、濑户野路菊、万叶野路菊、足楷野路菊 6 份材料;b 亚亚类包括阴岐油菊、虹滨菊、萨摩野菊 3 份材料。

D 亚类为 II 类中最大的亚类,有 16 份材料。考察各自的自然分布区域发现,D 亚类中有 12 份材料是我国原产的物种,我国不同地理居群的 7 种野菊也在此亚类。D 亚类又可以分为 3 个亚亚类,c 亚亚类为四倍体菊花脑、那贺川野菊、东京野路菊,其中那贺川野菊、东京野路菊为日本物种,而四倍体菊花脑是人工创制的种质;d 亚亚类包括异色菊、泡黄金菊、武夷山野菊、云台山野菊、细裂亚菊、庐山野菊、黄山野菊、成都野菊、泰山野菊、南京野菊、乙立寒菊、日本野菊共 12 份材料,其中仅乙立寒菊、日本野菊在日本分布,其余 9 份材料为我国的特有野生资源,而泡黄金菊在中、韩、日均有分布;岩菊变种则单独聚为 e 亚亚类。

2.3 依据数量多态性状的聚类分析

根据叶片数量性状的聚类结果(图 3)可将 31

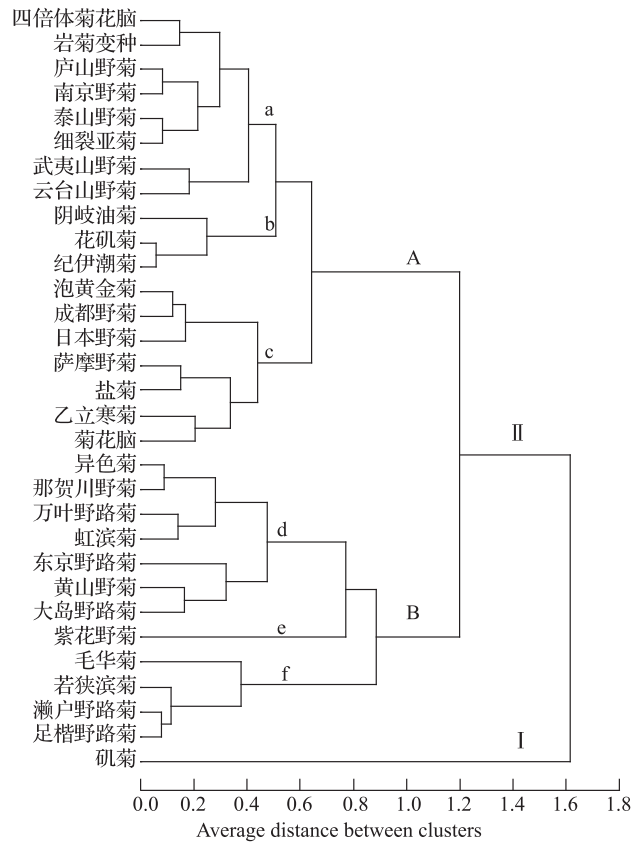


图3 基于数量性状的 31 份材料的聚类亲缘关系图
 Fig. 3 Dendrogram of phylogenetic relationship of 31 species based on numical morphological characters

份材料分为两大类: I 类仅矶菊 1 份材料。II 类包括其余的 30 份材料,其中包括亚菊属植物的 4 份材料和其余 26 个菊属材料。

II 类中的 30 份材料又可分为 2 亚类:A 亚类包括四倍体菊花脑、岩菊变种、庐山野菊、南京野菊、泰山野菊、细裂亚菊、武夷山野菊、云台山野菊、阴岐油菊、花矶菊、纪伊潮菊、泡黄金菊、成都野菊、日本野菊、萨摩野菊、盐菊、乙立寒菊、菊花脑 18 份材料;异色菊、那贺川野菊、万叶野路菊、虹滨菊、东京野路菊、黄山野菊、大岛野路菊、紫花野菊、毛华菊、若狭滨菊、濑户野路菊、足楷野路菊 12 份材料聚为 B 亚类。

A 亚类又可以分为 3 个亚亚类,a 亚亚类为四倍体菊花脑、岩菊变种、庐山野菊、南京野菊、泰山野菊、细裂亚菊、武夷山野菊、云台山野菊共 8 份材料,考察物种自然分布区域发现,除了岩菊变种外,这一亚类的材料基本是以我国自然分布的种及不同地理居群的野菊为主;b 亚亚类包括阴岐油菊、花矶菊、纪伊潮菊 3 份材料,均为分布日本的物种;c 亚亚类为泡黄金菊、成都野菊、日本野菊、萨摩野菊、盐菊、乙立寒菊、菊花脑。

B 亚类可以分为 3 个亚亚类。其中 d 亚亚类包括异色菊、那贺川野菊、万叶野路菊、虹滨菊、东京野路菊、黄山野菊、大岛野路菊 7 份材料,除了黄山野菊外,均为分布日本的物种;e 亚亚类仅紫花野菊 1 份材料;f 亚亚类由毛华菊、若狭滨菊、濑户野路菊、足楷野路菊 4 份材料亚类组成。

3 讨论

本研究中,以定性多态形态性状的聚类中除了亚菊属的细裂亚菊外,亚菊属和菊属的各材料均能够很好地彼此分开,与传统分类结论吻合,也支持欧美的分类体系把亚菊属和菊属分离开来的观点^[19]。但 S. Kitamura^[20]、H. Ohashi 等^[21]认为形态变异和遗传隔离尚不足以把菊属和亚菊属区分开,2 个属间广泛的物种间杂交,二者之间具有较近的亲缘关系,菊属一些物种与亚菊属的亲缘关系比菊属物种间的亲缘关系还要近^[22]。在以叶片形态数量性状为变量的聚类中,除了矾菊以外,亚菊属的其余 4 份材料与菊属聚为一类则与日本学者^[20-21]的上述观点一致。

考察 31 份供试材料的花色发现,在以定性多态性状为变量的聚类中,本试验中的白花材料主要集中在 C 亚类,尤其是其中 a 亚亚类的 6 份材料均为白花。同时在以叶部数量性状为变量的聚类中,虽然用于聚类的变量不涉及花部性状,但白花材料也被聚在一个分类单元,尤其是 B 亚类的 f 亚亚类均为白花。以花色为评判依据,本研究的聚类均显示其合理性。

传统分类以植物的外部形态为依据,《中国植物志》^[23]将中国菊属植物分为 2 亚类 5 系,本研究聚类结果与其基本一致,如菊亚类甘菊系中的紫花野菊,拟亚菊系的异色菊,野菊系的毛华菊、野菊在本研究的两次聚类中均基本被聚在不同的亚类或亚亚类,或相距较远的分类单元,聚类结果与传统分类体系基本吻合。

张鲜艳等^[24]在利用 ISSR 和 SRAP 分子标记对不同地理居群野生菊的研究发现,野生菊不同居群间遗传分化程度较高。本研究中以定性多态形态性状为变量的聚类结果显示,原产日本的菊属 14 份材料有 8 份都聚在 II 类的 C 亚类,而原产我国菊属 11 份材料有 8 份都聚在 D 亚类,这也与吴国盛等^[25]利用另外 7 个定性多态性状及其他 16 个数量性状的研究结论一致;D 亚类中武夷山野菊、云台山野菊 2 个居群与庐山野菊、黄山野菊、成都野菊、泰山野菊、

南京野菊等亲缘关系较远,这与张鲜艳等^[26]利用 ISSR 分子标记结合形态学性状对 12 份不同地理居群野菊进行的研究结论相同。

在以叶片数量性状为变量的聚类中,也反映了菊属不同起源物种间较高的遗传分化程度,A 亚类的 a 亚亚类除岩菊变种 (*Ch. zawadskii* var. *latilobum*) 外均是中国资源,而 b 亚亚类都是日本资源, c 亚亚类除成都野菊和菊花脑外均为日本资源, B 亚类的 d 亚亚类和 f 亚亚类均以日本资源为主, d 亚亚类仅有黄山野菊、异色菊 2 个中国物种, f 亚亚类仅有毛华菊 1 个中国物种。表明中国原产的菊属植物与日本起源的菊属植物间存在较明显的地理隔离,这也与吴国盛等^[25]的结论一致。W. H. Yang 等^[27]根据分子证据建议将南京野菊从野菊中分列成种,在以定性多态形态性状为变量的聚类结果中,南京野菊和分布于日本的乙立寒菊聚为同类,而与中国分布的其他野菊聚类较远,也支持本研究结论;另外,主要分布于江苏南京地区的菊花脑单独聚类为 B 亚类,与分布于中国的菊属其他种亚类组成的 D 亚类的遗传距离较大,这与吴国盛等^[25]的形态聚类结果相同。紫花野菊单独分出聚类为 A 亚类,与包括不同地理分布的野菊、异色菊均相距较远,与周春玲等^[28]基于 AFLP 的亲缘关系结果相同。除此之外,毛华菊聚到了以日本菊属植物为主的 C 亚类中,与分布于日本的大岛野路菊的距离较小,而与分布于我国的菊属其他材料遗传距离较大,这与赵宏波等^[29]利用基于 AFLP 的属间关系的研究及吴国盛等^[25]的研究结果相同。在以叶部数量性状为变量的聚类结果也分别支持上述观点。毛华菊是菊属中比较进化的一个野生种^[30],本研究中其与日本野生菊属植物相聚,这一结论也支持了 M. Nakata 等^[31]根据舌状花颜色和染色体数推测日本的野路菊和毛华菊有很近亲缘关系的结论。

考察 31 份供试材料的染色体倍性发现,两次聚类分析均有规律性的结果,相同倍性的材料多数被聚为一类;在以定性多态形态性状为变量的聚类结果中,如 8 个六倍体材料除 2 份材料外,均分布在 II 类的 C 亚类中,而 D 亚类除了 3 份材料外,其余 13 份材料均为四倍体;在以叶片数量性状为变量的聚类中,8 个六倍体材料均分布在 B 亚类的 d 亚亚类和 f 亚亚类,而 A 亚类的 a 亚亚类除岩菊变种 (*Ch. zawadskii* var. *latilobum*) 外也都是四倍体材料,八倍体和十倍体材料在聚类图中也基本处于临近的位置。

基于形态的数量分类较分子或生化分类方法经济、简便易操作。戴思兰等^[13]对 28 份材料野生菊属植物和栽培品种 35 个形态性状和 2 个生物学性状进行了统计,对获得的数据进行聚类分析;吴国盛等^[25]利用 25 个形态性状进行数量分类研究了涉及亚菊属、菊属部分物种的亲缘关系,发现亚类内的分类单元基本是相同的地理来源,二者研究结果均与传统分类结果较为吻合。

DUS 测试是用于检测植物新品种特异性 (distinctness)、一致性 (uniformity) 和稳定性 (stability), 是植物新品种保护的技术基础和授权的科学依据^[32], 涉及了大量质量性状和数量性状。《植物新品种 DUS 测试指南 - 菊花》(适用于菊属 *Chrysanthemum*, 亚菊属 *Ajania* 植物) 中有诸多形态定性多态性状。菊属及其近缘属植物叶片具有较为丰富的多样性, 李鸿渐^[33]根据叶片长宽比和叶裂刻深度将菊花叶片分为正叶、深刻正叶、长叶、深刻长叶、圆叶、葵叶、蓬叶等类型, 为从叶形上区分鉴定菊花品种提供了有力的手段。品种叶片的结构数值具有稳定性, 可以表示品种特征, 并用于品种间的亲缘关系分析^[34]。

本研究分别采用《植物新品种 DUS 测试指南 - 菊花》中 8 个定性多态形态性状和 7 个叶形数量多态指标, 对 31 份菊属和亚菊属植物进行了表型多样性研究, 结果表明, 利用这些性状能够很好地对 31 份材料进行表型聚类分析, 与其他学者的研究结果能相互支持。与数量多态性状相比, 定性多态形态性状可被明确定义、清晰地描述和准确识别; 只要严格按照性状调查标准进行调查, 就能保证结果的可靠性与重复性, 表现稳定。并且定性多态性状的采集工作量小, 工作效率高。由此说明, 包括定性多态性状在内的形态性状可在研究菊花近缘属物种间亲缘关系时充分利用。

参考文献

- [1] 维新艳. 大菊品种资源遗传多样性研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009
- [2] 程春明, 杨存义, 马启彬, 等. 江西野生大豆遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(6): 928-933
- [3] 马玉敏, 陈学森, 何天明. 中国板栗 3 个野生居群部分表型性状的遗传多样性[J]. 园艺学报, 2008, 35(12): 1717-1726
- [4] 凌瑶, 张新全, 刘伟. 野生狗牙根种质资源的遗传多样性研究简述[J]. 草业科学, 2012, 29(6): 993-996
- [5] 张永明, 金洪, 马万里, 等. 濒危植物绵刺 8 个种群遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 生态学报, 2009, 29(5): 2686-2694
- [6] 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(1): 107-114
- [7] 冯国郡, 李宏琪, 叶凯, 等. 甜高粱种质资源在新疆的多样性表现及聚类分析[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(3): 398-405
- [8] 戴思兰, 陈俊愉. 中国菊属一些种的分支分类学研究[J]. 武汉植物学学报, 1997, 15(1): 27-34
- [9] 徐克学. 生物演化的数学模型[J]. 生物数学学报, 1989, 7(3): 92-97
- [10] 钟杨, 陈家宽, 黄德世. 数量分类的方法与程序[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1989
- [11] Stace C A. Plant taxonomy and biosystematics[M]. London: Edward Arnold, 1980
- [12] Farris J S. Methods for computing Wagner trees[J]. Syst Biol, 1970, 19: 83-92
- [13] 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
- [14] 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): 67-75
- [15] 陈发棣, 蒋甲福, 房伟民. 秋水仙素诱导菊花脑多倍体的研究[J]. 上海农业学报, 2002, 18(1): 46-50
- [16] Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability-*Chrysanthemum*[S]. International Union for the Protection of New Varieties of Plants. Geneva, Switzerland, 2010: 40-46
- [17] UPOV TGP/7 Development of Test Guidelines[S]. International Union for the Protection of New Varieties of Plants. Geneva, Switzerland, 2004
- [18] D Warren. Image analysis in chrysanthemum DUS testing[J]. Comput Electron Agr, 2000, 25: 213-220
- [19] Berner K, Humphries C J. The generic monograph of the Asteraceae Anthemideae[J]. Bull Nat Hist Mus Lond (Bot), 1993, 23: 171-177
- [20] Kitamura S. *Dendranthema* et *Nipponanthemum* [J]. Acta Phytotax Geobot, 1978, 29: 165-170
- [21] Ohashi H, Yonekura K. New combinations in *Chrysanthemum* (Compositae Anthemideae) of Asia with a list of Japanese species[J]. J Jap Bot, 2004, 79(3): 186-195
- [22] 赵宏波, 陈发棣, 郭维明, 等. 菊属与亚菊属属间杂种的鉴定及其分类学意义[J]. 植物分类学报, 2007, 45(5): 661-669
- [23] 林谔, 石铸. 中国植物志: 76 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1983
- [24] 张鲜艳, 陈发棣, 张飞, 等. 不同地理居群野生菊资源的遗传多样性分析[J]. 南京农业大学学报, 2011, 34(1): 29-34
- [25] 吴国盛, 陈发棣, 陈素梅, 等. 部分菊属与亚菊属植物的形态学聚类及亲缘关系分析[J]. 南京农业大学学报, 2009, 32(1): 155-159
- [26] 张鲜艳, 张飞, 陈发棣, 等. 12 份不同地理居群野菊的遗传多样性分析[J]. 南京农业大学学报, 2011, 34(3): 48-54
- [27] Yang W H, Glover B J, Rao G Y, et al. Molecular evidence for multiple polyploidization and lineage recombination in the *Chrysanthemum indicum* polyploidy complex (Asteraceae) [J]. New Phytol, 2006, 171: 876-886
- [28] 周春玲, 戴思兰. 菊属部分植物的 AFLP 分析[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(5/6): 71-75
- [29] 赵宏波, 缪恒彬, 吴国盛, 等. 基于 AFLP 的菊属、亚菊属及其近缘属的属间关系[J]. 中国农业科学, 2010, 43(6): 1302-1313
- [30] 戴思兰, 陈俊愉, 李文彬. 菊花起源的 RAPD 分析[J]. 植物学报, 1998, 40(11): 1053-1059
- [31] Nakata M, Tanaka R, Taniguchi K, et al. Species of wild *Chrysanthemum* in Japan: cytological and cytogenetical views on its entity [J]. Acta Phytotax Geobot, 1987, 38: 241-259
- [32] 卢柏山, 王荣焕, 王风格, 等. 基于 DUS 测试性状的玉米自交系形态多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(1): 103-107
- [33] 李鸿渐. 中国菊花[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1993
- [34] 祁栋灵, 周庆阳, 刘三军. 利用叶形结构数值分析葡萄种质亲缘关系的研究[J]. 中国南方果树, 2005(34): 64-66