

· 研究报告 ·

## 基于叶形特征的切花菊品种鉴别

王江民<sup>1</sup>, 陈发棣<sup>2</sup>, 房伟民<sup>2</sup>, 陈素梅<sup>2</sup>, 管志勇<sup>2\*</sup>, 唐海艳<sup>2</sup>

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

**摘要** 通过测定、计算获得40个切花菊品种叶片的6个定性分级性状及叶片的长宽比、尖削度、裂片长宽比、裂片开张度等14个叶形结构参数。以6个定性分级性状为变量, 用聚类法选取叶形相似性大的18个切花菊品种, 通过多元判别分析法对18个品种叶片的形态结构参数进行数值化鉴别。结果表明, 18个叶形相似的品种多元判别的平均拟合率为88.28%, 达到了判别品种的目的。说明根据叶形的测量数据能对切花菊品种进行有效鉴别。

**关键词** 聚类分析, 切花菊, 品种鉴别, 判别分析, 叶形

王江民, 陈发棣, 房伟民, 陈素梅, 管志勇, 唐海艳 (2013). 基于叶形特征的切花菊品种鉴别. 植物学报 48, 608–615.

菊花(*Chrysanthemum morifolium* Ramat)是菊科(Compositae)菊属(*Chrysanthemum*)植物, 起源于中国, 为中国传统十大名花之一。菊花在中国已有3 000多年的栽培历史, 现有栽培品种3 000余个, 深受人民群众喜爱(雒新艳, 2009)。切花菊是世界四大切花之一, 应用于艺术插花、花篮、花束等装饰, 是产业化程度最高的菊花品种类群, 生产中多采用扦插繁殖, 且繁殖技术操作简单, 繁殖系数高, 多数品种成苗率在90%以上。因为其市场规模大, 切花菊种苗生产利润丰厚, 新品种尤其是新、优品种上市后, 容易被非法扩繁和销售, 侵权现象时有发生, 严重影响了育种者的积极性, 进而影响产业的健康发展。因此在菊花产业中亟需准确而简便的品种鉴别技术。

切花菊品种数量繁多, 为亲缘关系研究带来了挑战, 品种鉴定也愈显重要。以往利用形态确定品种的技术建立在菊花传统四级分类基础上, 通常是以花部特征为主, 但切花菊的花型数量远少于传统品种菊, 通常局限于半球型、单瓣型、大花内曲型等几种(穆鼎, 1999)。结合花色的多样性, 花部特征在鉴别品种时效果有限。单头切花菊与多头切花小菊相比, 花色、花型更为有限, 国内市场生产流通的20余个单头切花菊品种多为白色和黄色两种色系, 花型也基本是半球型, 以花为识别特征进行品种区分难度较大。

目前, 我国菊花新品种保护所依据的菊花品种DUS(新颖性、特异性、稳定性)测试的65个性状中含有40余个数量性状, 性状采集工作量大, 且易受环境影响而变化, 在品种鉴定时必须要有多年多点数据, 鉴定周期长, 实用性不强。但包括切花菊在内的菊花品种群体的叶片具有丰富的形状多样性, 且在无性繁殖后代可以稳定保持, 而通过叶形特征鉴定菊花品种的方法尚未见报道。如果借助叶片可准确鉴定品种, 则能显著提高鉴定效率, 并降低鉴定成本。

本文对神马、优香、精兴之城、精云、大头黄、早黄等40个单头切花菊品种进行田间叶片采样, 利用品种的叶片结构参数对其进行多元判别分析, 以评价叶形特征在鉴别品种工作上的有效性, 为品种流通及种质资源研究提供借鉴。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试切花菊有精云(Seiun)、精海(Jinghai)、中菊白(White Medium chrysanthemum)、硕果(Rich fruit)、Refle white、Salva white、顺发(Shunfa)、传说(Legend)、广菊(Canton chrysanthemum)、希望之光(Light of hope)、四季菊(Four season chrysanthemum)。

收稿日期: 2012-09-12; 接受日期: 2013-01-09

基金项目: 国家农业科技成果转化(No.2010GB2360063)、公益性行业(农业)科研专项(No.200903020)、农业部 948 重点滚动项目(No.2011-G17)和江苏省科技支撑计划(No.BE2011325)

\* 通讯作者。E-mail: guanzhy@njau.edu.cn

mum)、Towering、经典(Sutra)、三宝(Three merits)、秀芳源(Xiufangyuan)、青出于蓝(Qingchuyulan)、铃木映像(Mirror of Suzuki)、月黄(Perpetual yellow)、秋黄(Autumn yellow)、黄寒菊(Yellow winter chrysanthemum)、大头黄(Yellow great flora-disc)、早黄(Early yellow)、克瑞斯塔绿(Crysta green)、丰韵里(Fengyunli)、长紫(Sempiternal purple)、绿云(Green cloud)、阿密若(Amoro)、秋粉(Pink autumn)、白扇(Baishan)、岩白扇(Yanbaishan)、切紫大红(Qiezi-dahong)、九月黄(September yellow)、QD-022、帕莉萨(Palisia)、神马(Jinba)、优香(Youxiang)、精兴之城(City of seikoen-kiku)、球白(White ball)、黄金荷(Golden lotus)、粉罗汉(Pink arhat)共40个品种。所有材料均种植在南京农业大学中国菊花种质资源保存中心。

## 1.2 方法

### 1.2.1 材料采集

在盛花期采集各品种叶样, 每品种采集15棵单株, 采叶部位为中部节位5片成熟叶(全株叶片约30–35枚)。从中挑选8枚, 在鲜活状态下使用AGFA-e40型扫描仪扫描叶片, 扫描时放置标尺作参照, 设置分辨率200 dpi, 图片保存为jpg格式。全套叶片样品分别于2010年和2011年分2次取样。

### 1.2.2 叶片形态指标测量

#### 1.2.2.1 定性分级指标的观测

对供试材料叶片的6个形态学性状进行定性分级。记载的形态性状包括: 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、叶的一次裂刻程度、叶的二次裂刻程度。这6个形态学性状赋值方法分别参考UPOV(国际植物新品种保护联盟)《植物新品种DUS测试指南——菊花》(Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability Chrysanthemum, 2010)及中华人民共和国《植物新品种DUS测试指南——菊花》(中华人民共和国农业部, 2004)中的性状赋值。其中性状1–性状3参照UPOV《DUS测试指南》; 性状5和性状6按照中华人民共和国《DUS测试指南》。性状鉴定严格按照DUS测试指南要求进行。

#### 1.2.2.2 数量性状指标的测量和转化

利用图像测量分析软件SmartScape-2002(上海复日科技有限公司)测量分析叶片, 分别测量全叶长(包括叶身及叶柄)、叶身长、叶身宽、顶裂片及4个侧裂片长度和宽度、上裂开张度、下裂开张度、尖削度共14项尺度指标。将上述尺度指标进行计算转化形成叶形分析的14个叶形结构参数, 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)、顶裂片及4个侧裂片的长宽比(裂片长度/裂片宽度)、上裂刻纵裂比(上裂刻纵裂深/叶身长)、上裂刻横裂比(上裂刻横裂深/叶身宽)、下裂刻纵裂比(下裂刻纵裂深/叶身长)、下裂刻横裂比(下裂刻横裂深/叶身宽)、叶片尖削度(图1中的 $\alpha$ )、上裂片开张度(图1中的 $\beta$ )及下裂片开张度(图1中的 $\gamma$ )。

#### 1.2.3 数据分析

应用SAS9.0统计软件(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)以6个定性分级指标为变量对40个品种进行聚类分析, 根据聚类结果对类间距离相近的组内品种进

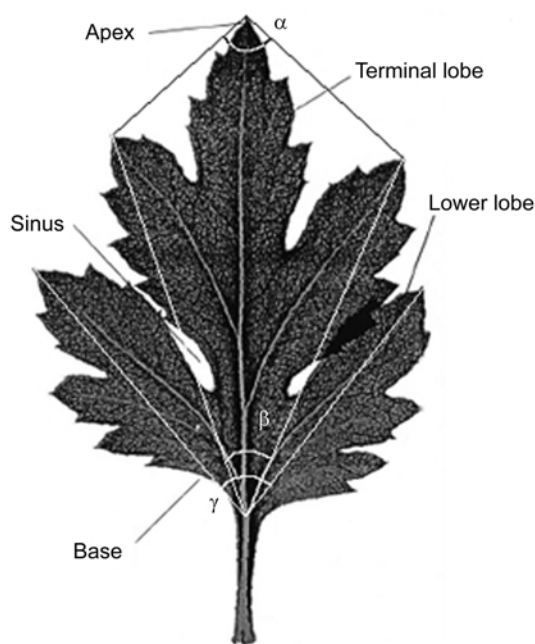


图1 典型菊花叶片的相关特征(改自Warren, 2000)

Figure 1 A typical chrysanthemum leaf showing the characters (Revised from Warren, 2000)

行判别分析。本实验选取涵盖品种数最多的一组品种进行判别分析。

以参试品种共14个叶形结构参数的观测值构成 $A \times 8 \times 14$ 的数据矩阵进行判别分析(A为参试品种数,本研究为18),判别分析方法见高惠璇(2001)的专著《实用统计方法与SAS系统》。应用SAS9.0统计软

件进行判别分析。

2 结果与讨论

2.1 叶形结构参数分析

叶形特异性指标在不同品种间均有显著差异(表1)。

表1 40个切花菊品种的叶形特征

Table 1 The foliar morphological characters of 40 cut chrysanthemum cultivars

Name of cut chrysanthemum cultivar	Shape of leaf base	Number of indentations on leaf margin	Depth of indentations on leaf margin	Shape of leaf tip	Depth of lowest lateral sinus	Depth of second lateral sinus
Seiun	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
City of seikoen-kiku	Anisomerous	Few	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Jinghai	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
White Medium chrysanthemum	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Amiro	Anisomerous	Numerous	Deep	Cuspidal	Medium	Medium
Rich fruit	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Refle white	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Salva white	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Shunfa	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Pink autumn	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Deep	Deep
Legend	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
QD-022	Roundish	Medium	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Palisia	Roundish	Medium	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Canton chrysanthemum	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Yellow winter chrysanthemum	Concave	Medium	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Yellow great flora-disc	Concave	Medium	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Light of hope	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Four season chrysanthemum	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Towering	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
White ball	Anisomerous	Medium	Medium	Cuspidal	Shallow	Shallow
Early yellow	Concave	Numerous	Medium	Acuate	Medium	Medium
Sutra	Concave	Numerous	Medium	Acuate	Medium	Medium
Three merits	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Pink arhat	Even	Few	Medium	Cuspidal	Shallow	Shallow
Green cloud	Roundish	Numerous	Medium	Acuate	Medium	Medium
Crysta green	Concave	Numerous	Medium	Acuate	Medium	Medium
Fengyunli	Concave	Numerous	Medium	Acuate	Medium	Medium
Sempiternal purple	Concave	Numerous	Medium	Acuate	Medium	Medium
Xiufangyuan	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Qingchuyulan	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Mirror of suzuki	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Golden lotus	Anisomerous	Medium	Medium	Roundish	Shallow	Shallow
Jinba	Obtuse	Few	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Youxiang	Obtuse	Few	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
Qiezidahong	Concave	Medium	Medium	Roundish	Medium	Medium
Baishan	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Deep	Deep
Yanbaishan	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Deep	Deep
Perpetual yellow	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium
September yellow	Roundish	Numerous	Medium	Roundish	Medium	Medium
Autumn yellow	Concave	Numerous	Medium	Cuspidal	Medium	Medium

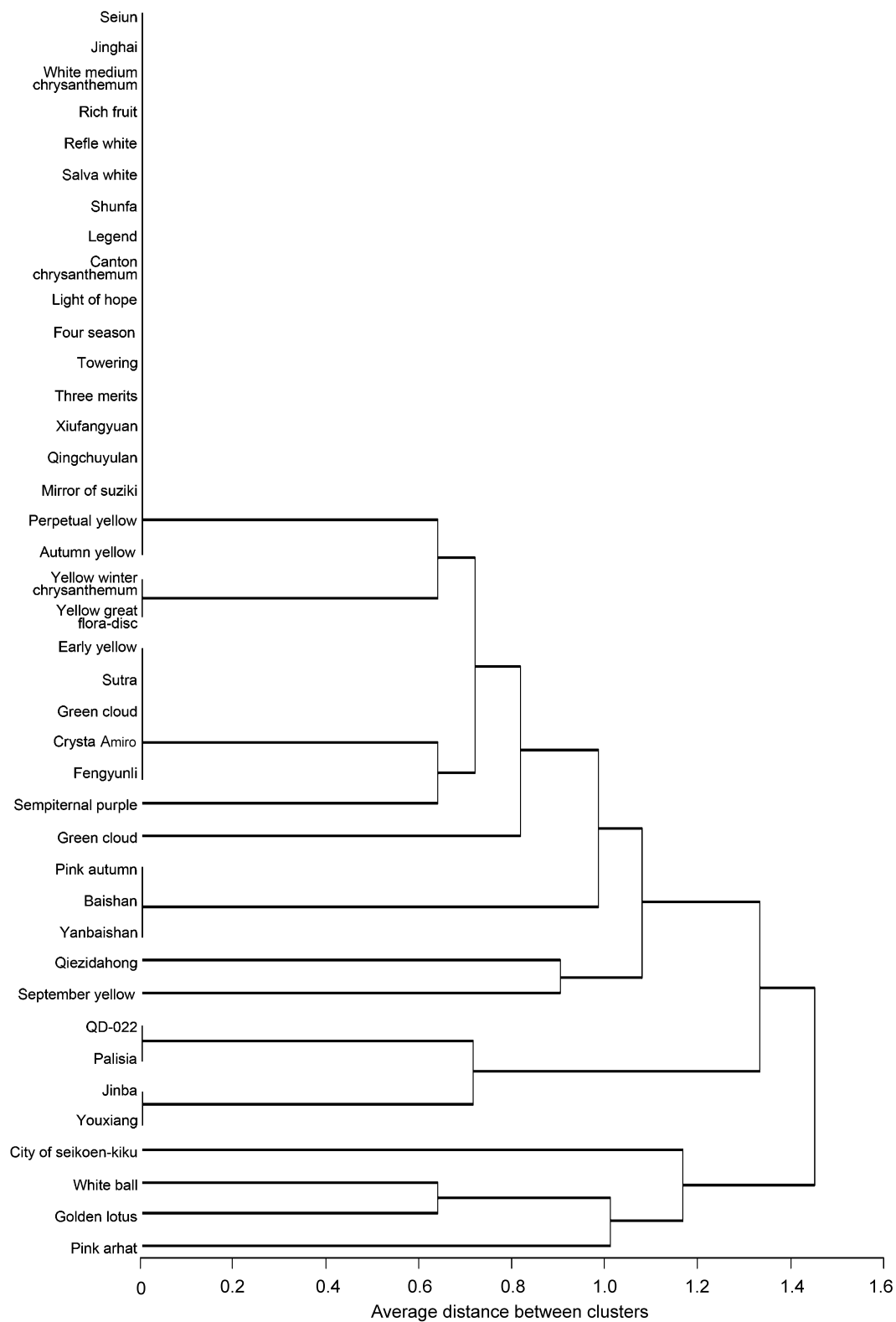


图2 基于叶形特征的40个切花菊品种的聚类图

Figure 2 Phylogenetic relationship of 40 cultivars of cut chrysanthemum based on foliar morphological characters

表2 18个切花菊品种的叶形指标

Table 2 The foliar morphological parameters of 18 cut chrysanthemum cultivars

Name of cut chrysanthemum cultivar	Ratio of leaf length to width	Ratio of leaf petiole length	Ratio of terminal lobe length to width	Ratio of right upper lobe length to width	Ratio of left upper lobe length to width	Ratio of right lower lobe length to width	Ratio of left lower lobe length to width	Ratio of terminal lobe length to leaf length	Ratio of length from tip to lateral sinus to leaf length	Ratio of terminal lobe width to leaf width	Ratio of lowest lateral sinus to leaf width	Extent of acumination of leaf tip	Notch acuity of upper lobe	Notch acuity of lower lobe
Seiun	1.22±0.08	0.18±0.03	1.21±0.06	2.13±0.12	2.22±0.20	1.76±0.18	1.66±0.08	0.38±0.02	0.73±0.03	0.27±0.02	0.33±0.04	92.77±4.47	41.83±2.64	89.38±5.56
Jinghai	1.17±0.08	0.18±0.02	1.24±0.12	2.30±0.27	2.20±0.14	1.78±0.15	1.64±0.14	0.38±0.04	0.73±0.02	0.25±0.04	0.33±0.12	97.33±4.53	44.01±5.37	93.47±7.22
White Medium chrysanthemum	1.25±0.08	0.15±0.03	1.17±0.13	2.27±0.20	1.99±0.14	1.73±0.14	1.79±0.19	0.39±0.03	0.71±0.01	0.30±0.04	0.33±0.05	91.63±4.34	47.07±6.52	89.71±7.06
Rich fruit	1.23±0.06	0.21±0.03	1.18±0.12	2.27±0.30	2.14±0.27	1.84±0.13	1.57±0.05	0.34±0.04	0.69±0.02	0.27±0.05	0.34±0.08	90.91±2.59	39.54±2.62	91.77±5.96
Reffe white	1.31±0.08	0.23±0.03	1.09±0.14	2.42±0.15	2.54±0.24	2.29±0.08	2.14±0.20	0.34±0.06	0.65±0.03	0.27±0.03	0.37±0.04	94.45±4.87	35.20±2.77	75.26±5.19
Salva white	1.21±0.06	0.21±0.02	1.15±0.14	2.41±0.16	2.30±0.16	1.76±0.17	1.68±0.13	0.36±0.05	0.71±0.02	0.27±0.03	0.37±0.03	93.80±6.39	41.06±3.75	90.46±6.79
Shunfa	1.27±0.06	0.15±0.02	1.25±0.15	2.23±0.23	2.08±0.13	1.69±0.14	1.58±0.08	0.41±0.06	0.71±0.03	0.28±0.02	0.33±0.03	86.50±7.88	44.99±3.81	88.86±7.60
Legend	1.33±0.06	0.19±0.01	1.22±0.15	2.10±0.30	1.96±0.15	1.96±0.15	1.74±0.08	0.36±0.04	0.64±0.02	0.32±0.03	0.37±0.05	89.05±6.37	41.73±1.51	75.74±4.17
Canton chrysanthemum	1.39±0.07	0.24±0.01	1.40±0.19	2.03±0.25	2.07±0.10	1.80±0.10	1.73±0.11	0.36±0.04	0.65±0.06	0.28±0.02	0.33±0.02	78.90±8.14	35.00±3.15	71.57±5.66
Light of hope	1.29±0.08	0.24±0.02	1.06±0.13	2.22±0.21	2.24±0.20	1.93±0.29	1.86±0.10	0.33±0.04	0.64±0.03	0.31±0.03	0.40±0.07	91.02±3.94	40.16±3.90	80.20±6.23
Four season chrysanthemum	1.34±0.06	0.23±0.02	1.42±0.16	2.74±0.16	2.42±0.16	1.87±0.09	1.88±0.16	0.41±0.05	0.68±0.03	0.29±0.02	0.45±0.06	82.20±6.14	42.26±1.98	88.53±4.50
Towering	1.20±0.07	0.26±0.02	1.19±0.12	2.47±0.14	2.12±0.13	1.87±0.17	1.82±0.17	0.32±0.04	0.59±0.04	0.28±0.01	0.43±0.04	98.22±4.40	39.19±2.98	79.36±5.58
Three merits	1.25±0.04	0.23±0.02	1.09±0.10	2.50±0.23	2.51±0.23	1.95±0.11	1.85±0.13	0.33±0.02	0.63±0.04	0.32±0.04	0.43±0.06	89.27±5.43	41.14±3.44	79.06±4.73
Xiufangyuan	1.37±0.05	0.17±0.02	1.23±0.14	2.32±0.19	2.07±0.10	1.74±0.23	1.61±0.12	0.32±0.03	0.62±0.03	0.30±0.02	0.36±0.06	91.98±5.01	38.24±3.33	77.42±7.20
Qingchuyuan	1.22±0.08	0.16±0.03	1.30±0.17	2.27±0.26	2.08±0.08	1.85±0.08	1.82±0.15	0.37±0.04	0.67±0.03	0.28±0.01	0.33±0.06	91.28±3.25	43.39±3.24	85.82±3.58
Mirror of suzuki	1.30±0.04	0.22±0.02	1.23±0.16	2.31±0.22	2.07±0.22	1.92±0.18	1.82±0.22	0.36±0.05	0.64±0.04	0.29±0.02	0.38±0.04	81.95±4.15	36.14±4.89	75.94±6.11
Perpetual yellow	1.27±0.08	0.19±0.03	1.17±0.12	2.19±0.24	2.29±0.20	1.72±0.24	1.57±0.07	0.32±0.04	0.67±0.03	0.26±0.03	0.28±0.04	83.48±4.60	35.67±3.71	75.42±5.60
Autumn yellow	1.31±0.09	0.19±0.02	1.15±0.09	2.48±0.28	2.33±0.14	1.88±0.22	1.80±0.09	0.37±0.03	0.68±0.05	0.31±0.04	0.41±0.08	78.82±4.25	39.59±4.76	75.94±6.95
F value	6.33	12.41	4.42	3.61	5.90	3.57	6.38	3.88	8.22	3.21	3.88	9.77	5.95	9.27
P value	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1
Significant difference	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

表中数据为平均值±标准差(n=8); \*\* 表示方差分析达到差异极显著水平(P<0.01)。Values in the table are means±standard error of eight replicates; \*\* indicates significant difference at 0.01 level among different cultivar.



由表1可知,各指标在品种间有不同程度的差异,均是品种判定的有效指标。但多重比较结果表明:没有一个单项指标能够区分40个参试品种,故要综合所有指标对品种间叶片相似度进行分析。

## 2.2 品种的聚类分析

根据聚类分析结果(图2)可以看出,在40个切花菊品种中,最大的1组聚集了包括精云、精海、中菊白、硕果、Refle white、Salva white、顺发、传说、广菊、希望之光、四季菊、Towering、经典、三宝、秀芳源、青出于蓝、铃木映像、月黄、秋黄共计18个品种,说明这1组品种的叶形是大花型切花菊品种分布较为集中的叶形,彼此间相似度大。因此,如果能对这18个品种的叶片特征进行判别分析,则可区别其它品种。18个品种的叶片特征指标见表2。

## 2.3 品种的判别分析

18个切花菊品种的判别分析结果见表3。在18个品种中,精云、秋黄等6个品种的8张叶片均能准确归类,判别拟合率为100%;精海、月黄等5个品种8张叶片中各有1张叶片归类到相似的品种,判别拟合率为87.5%;中菊白、三宝、希望之光等5个品种8张叶片中各有2张叶片归类到相似品种,判别拟合率为75%;Salva white判别拟合率为62.5%,广菊判别拟合率为50%,此2品种的判别效果较差。18个品种总体判别拟合率为84.72%。除2个品种判别效果较差外,16个品种总体判别拟合率为88.28%,判别效果较好,能达到鉴别品种的目的。

## 2.4 讨论

近年来,许多学者从形态学(戴思兰等,1995;许莹修,2005;吴国盛等,2009)、酶学(丁玲等,2008)、细胞学(李畅等,2008)和分子生物学(缪恒彬等,2008)等多个角度对菊花及菊属植物的种间、品种间亲缘关系进行了研究。以蛋白质标记、DNA分子标记为基础的分析技术应用于品种鉴别也日益成熟,但在实施时涉及复杂的技术环节,并对样品的质量、检测试剂及测试设备等都有严格要求,且成本高,鉴定的操作人员需经过专门培训,故很难在生产企业和育种中普及。

形态指标具有采集简便,费用低廉的优点。然而,植株的表型是基因型和环境因素共同作用的结果,且

涉及大量质量性状和数量性状。其中二元形态性状虽可被明确定义、准确识别和清晰描述,具有表现稳定、可靠性与重复性强等优点,但这类性状较为稀少,在研究品种多样性时作用有限。与二元形态性状相比,叶片上存在较多的多元定性分级性状,利用这些性状可以对品种进行快速的初步分类和鉴别。数量性状具有连续变化的特征,可以通过相互间的比值进行转化,转化后的指标往往显示出规律性特征。这种方法在葡萄(*Vitis vinifera*)的叶型特征描述中被成功使用(祁栋灵等,2005)。规律性的数量性状能提高鉴定的准确度和精度。

菊花叶片具有较为丰富的多样性,李鸿渐(1993)主要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,为通过叶形来区分鉴定菊花品种提供了有效的手段。各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(尹克林等,1998)。通过对叶形结构的多元判别分析,易混淆的3个葡萄品种蛇龙珠、赤霞珠及夏桑平均拟合率为86.8%(宋来庆等,2004),说明可以很好地区分各品种。

本实验从叶片上采集了14个叶形结构参数,涵盖了叶形变化的多维度的数据,通过对叶形结构参数的多元判别分析可以将叶形类似的多个品种同时加以区分,且能够保证较高精确度。传统分类学根据形态学特征对植物进行区分,它是植物系统学最有效、最直接的研究方法。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(陈家宽等,1988;徐克学,1989;钟扬等,1989),因此在现代分类学研究中得到了广泛应用(Farris, 1970; Stace, 1980)。笔者在中国菊花种质资源保存中心比较切花菊品种资源时也发现部分品种具有完全相同的叶形,追溯其选育过程,发现这些品种具有完全相同的亲本和选育过程,它们在花色上具有明显的形态差异。在这种情况下,借助花部特征(如花色)即可轻易鉴别。

## 参考文献

- 陈家宽,孙祥钟,王徽勤,钟扬,黄德世(1988).中国慈姑属的数量分类研究.武汉大学学报(自然科学版)(1),107-114.

- 戴思兰, 钟扬, 张晓艳 (1995). 中国菊属植物部分种的数量分类研究. 北京林业大学学报 **17**, 9–15.
- 丁玲, 陈发棣, 滕年军, 房伟民 (2008). 菊花品种间过氧化物酶、酯酶同工酶的遗传多样性分析. 中国农业科学 **41**, 1142–1150.
- 高惠璇 (2001). 实用统计方法与SAS系统. 北京: 北京大学出版社. pp.135–180.
- 李畅, 陈发棣, 赵宏波, 陈素梅 (2008). 栽培小菊17个品种的核型多样性. 园艺学报 **35**, 71–80.
- 李鸿渐 (1993). 中国菊花. 南京: 江苏科学技术出版社. pp. 19–22.
- 雒新艳 (2009). 大菊品种资源遗传多样性研究. 博士论文. 北京: 北京林业大学.
- 缪恒彬, 陈发棣, 赵宏波, 房伟民, 石丽敏 (2008). 应用ISSR对25个小菊品种进行遗传多样性分析及指纹图谱构建. 中国农业科学 **41**, 3735–3740.
- 穆鼎 (1999). 切花菊. 太原: 山西科学教育出版社.
- 中华人民共和国农业部 (2004). 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南——菊花. 中华人民共和国农业行业标准.
- 祁栋灵, 周庆阳, 刘三军, 李靖 (2005). 利用叶形结构数值分析葡萄种质亲缘关系的研究. 中国南方果树 **34**(3), 64–66.
- 宋来庆, 赵玲玲, 韩爱华, 尹克林, 张阳梅 (2004). 我国主要酿酒葡萄品种的叶形结构鉴别研究. 西南农业大学学报(自然科学版) **26**, 693–695.
- 吴国盛, 陈发棣, 陈素梅, 赵宏波, 房伟民 (2009). 部分菊属与亚菊属植物的形态学聚类及亲缘关系分析. 南京农业大学学报 **32**, 155–159.
- 徐克学 (1989). 生物演化的数学模型. 生物数学学报 **7**, 92–97.
- 许莹修 (2005). 菊花形态性状多样性和品种分类的研究. 硕士论文. 北京: 北京林业大学.
- 尹克林, 梁武, 诸葛宏庆 (1998). 酿酒葡萄品种蛇龙珠的叶形结构数值鉴别. 园艺学报 **25**, 189–190.
- 钟扬, 陈家宽, 黄德世 (1989). 数量分类的方法与程序. 武汉: 武汉大学出版社.
- Farris JS (1970). Methods for computing Wagner Trees. *Syst Zool* **19**, 83–92.
- Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability Chrysanthemum (2010). International Union for the Protection of New Varieties of Plants.
- Stace CA (1980). Plant Taxonomy and Biosystematics. London: Edward Arnold.
- Warren D (2000). Image analysis in chrysanthemum DUS testing. *Comput Electron Agr* **25**, 213–220.

## Differentiation of Cut Chrysanthemum Cultivars Based on Multiple Foliar Morphological Parameters

Jiangmin Wang<sup>1</sup>, Fadi Chen<sup>2</sup>, Weimin Fang<sup>2</sup>, Sumei Chen<sup>2</sup>, Zhiyong Guan<sup>2\*</sup>, Haiyan Tang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agri-food Quality Standard & Testing Technology Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China; <sup>2</sup>College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

**Abstract** By examining 40 cut chrysanthemum varieties, we obtained 6 qualitative classification characters and 14 leaf structure parameters, including ratio of leaf length to width, extent of acumination of leaf tip, ratio of lobe length to width, and notch acuity of lobe. We selected 18 varieties with similar leaf appearance after clustering by the 6 qualitative classification traits. The 18 varieties were differentiated numerically by multiple discriminant analysis. Varieties with similar leaf appearance were distinguished, and the mean identifiable fitness of the 18 cultivars was 88.28% on multiple discriminant analysis. With these leaf measurement data, we can effectively differentiate different cultivars of cut chrysanthemum.

**Key words** cluster analysis, cut chrysanthemum, cultivar differentiation, discriminant analysis, foliar morphological parameters

Wang JM, Chen FD, Fang WM, Chen SM, Guan ZY, Tang HY (2013). Differentiation of cut chrysanthemum cultivars based on multiple foliar morphological parameters. *Chin Bull Bot* **48**, 608–615.

\* Author for correspondence. E-mail: guanzhy@njau.edu.cn

(责任编辑: 白羽红)