

切花小菊 49 个品种绿心特性分析和综合评价标准的构建

赵倩茹, 房伟民, 管志勇, 陈发棣, 滕年军*

(南京农业大学园艺学院, 农业部景观设计重点实验室, 南京 210095)

摘 要: 研究了切花小菊绿心特性及影响绿心品质的关键指标, 旨在为绿心切花小菊品种选育奠定基础。结果发现: (1) 供试的切花小菊品种盛花初花心颜色 L^* 、 h 、 C^* 值变化范围分别为 37.18 ~ 54.05、 93.69° ~ 114.76° 、42.84 ~ 64.09, 盛花初绿心相对面积变化范围为 13.05% ~ 100.00%, 绿心持续期在 0 ~ 15 d 之间; (2) 选用综合计分法和主成分分析法, 得出盛花初花心颜色、盛花初绿心相对面积、绿心持续期、花心变黄时间和盛花末绿心观赏性等 5 个指标的权重值依次为 0.273、0.237、0.252、0.136、0.101; (3) 通过各指标定级打分、计算权重及加权总分的聚类分析, 将 49 个切花小菊品种分为优、良、中、差 4 个等级, 其品种数分别为 10、12、16 和 11。结果表明: 切花小菊绿心特性主要由盛花初花心颜色、盛花初绿心相对面积和绿心持续期决定, 切花小菊绿心特性综合评价标准可用于绿心切花小菊的评价与育种。

关键词: 切花小菊; 绿心; CIELAB; 评价; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S 682.1⁺1

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2017) 12-2338-13

Analysis of Green-center Characteristics and Establishment of Green-center Comprehensive Evaluation Standard for 49 Spray Cut Chrysanthemum Cultivars

ZHAO Qianru, FANG Weimin, GUAN Zhiyong, CHEN Fadi, and TENG Nianjun*

(College of Horticulture, Nanjing Agricultural University; Key Laboratory of Landscaping Agriculture, Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China)

Abstract: In this study, green-center characteristics of spray cut chrysanthemum and the key factors influencing green-center quality were systematically investigated for the purpose of establishing foundation for the breeding of green-center spray cut chrysanthemum. It was found that L^* , h , C^* of inflorescence center color at the beginning of full flower stage were 37.18 – 54.05, 93.69° – 114.76° and 42.84 – 64.09, respectively. The relative area of green center at the beginning of full flower stage was 13.05% – 100.00%, and the duration of green center was 0 – 15 days. In addition, the weights of five parameters (i.e. the inflorescence center color at the beginning of full flower stage, the relative area of green center at the beginning of full flower stage, the duration of green center, the yellowing time of inflorescence center, and the ornamental value of green center at the end of full flower stage) were 0.273,

收稿日期: 2017 - 10 - 11; **修回日期:** 2017 - 11 - 13

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31471901, 31672182); 江苏省自然科学基金项目 (BK20161449); 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (KYTZ201602)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: njteng@njau.edu.cn)

0.237, 0.252, 0.136, and 0.101, respectively, by comprehensive scoring method and principal component analysis. Furthermore, 49 cultivars were divided into 4 groups of excellent, good, medium and poor, and the numbers of cultivars in each group were 10, 12, 16 and 11, respectively by grading and scoring of each index, weight calculation and cluster analysis of weighted total scores. Taken together, these results suggest that green-center characteristics are mainly determined by the inflorescence center color at the beginning of full flower stage, the relative area of green center at the beginning of full flower stage, and the duration of green center. The green-center comprehensive evaluation standard will be useful for evaluation and development of green-center spray cut chrysanthemum.

Keywords: spray cut chrysanthemum; green-center; CIELAB; evaluation; principal component analysis; clustering analysis

菊花在花卉产业中占有重要地位(李鸿渐, 1993; 陈俊愉, 2001; Anderson, 2007; 王江 等, 2016; Zhang et al., 2016), 尤其是近年来, 切花小菊深受人们喜爱, 具有广阔的市场(王小光 等, 2013; Wang et al., 2014; 周厚高 等, 2015)。传统切花小菊中间两性管状花是黄色, 而绿心切花小菊中间两性管状花则为绿色, 后者比前者观赏价值更高(朱安超, 2014)。目前, 优质的绿心切花小菊品种较少, 有待加强选育工作(Anderson, 2007; Lim et al., 2008)。然而, 迄今为止没有一个完备的绿心切花小菊品质评价标准, 在一定程度上影响了绿心切花小菊选育进程。因此, 有必要建立一套绿心切花小菊评价标准。

本研究中通过“调查—选定指标—指标分级—计算权重—计算加权总分—分类”的系列试验, 对切花小菊绿心性状进行分析评价, 旨在建立一套绿心切花小菊综合评价标准, 为绿心切花小菊观赏性状评价及新品种选育提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2014 年 10—12 月秋菊盛花期在“南京农业大学湖熟花卉基地”进行。在对种质资源圃内切花小菊品种的花心(头状花序中心两性管状花)颜色表现变化初步调查后, 选取了 49 个具有代表性且观赏性较高的单瓣、半重瓣非托桂型切花小菊品种(表 10)作为试验材料, 其中商业品种 30 个, 南京农业大学自主选育的新品种(系) 19 个。

1.2 绿心相关的花器官性状调查和指标测定

于秋季各品种始花期, 即小区内 50%的植株至少有 1 个头状花序开放时(中华人民共和国农业部, 2012), 在小区内不同植株上选取 5 朵大小一致, 发育正常的刚露色的花序挂牌, 每天观察并拍照, 花序进入衰败期末(管状花几乎全部开放)结束调查(朱安超, 2014)。

花心颜色: 用 KONICA MINOLTA CR-400 色差仪在标准光源 D₆₅ 下测定花心颜色, 仪器上读出 CIELAB 均匀色空间 3 个坐标值: L^* 、 a^* 、 b^* , 其中 L^* 代表亮度, a^* 代表红绿度, b^* 代表黄蓝度。通过公式计算色相(h)和彩度(C^*)(本恩, 2002; Torskangerpoll et al., 2005; 洪艳 等, 2012)。每朵花重复测量 3 次, 取平均值。

绿心相对面积: 用游标卡尺测量花心绿色部分直径和花心直径, 计算二者近似圆面积的比值。

绿心持续期：为花心变黄日期与初开期（开始）日期之间的天数。

表观花粉量：在散粉盛期，根据花粉的采集难易程度、采粉量以及散粉时对雌蕊柱头上的花粉驻留情况，把表观花粉量分为多、中等、少、无等 4 个等级（王小光，2013）。

开放的管状花花色：指管状花开放（散粉）至柱头伸出时顶端花冠和柱头的颜色，借助英国皇家园艺比色卡（Royal Horticultural Society Colour Chart，简称 RHSCC）与待测样品比色，寻找最接近的颜色代码（白新祥，2007）。

1.3 权重计算方法

请 6 位行业专家对各指标的重要性进行打分，参考曾宪海等（2010）、王凯红（2011）和韩小孩（2012）的方法，对各专家打分值进行标准化，计算各专家间的相关系数矩阵以及主成分贡献率和累计贡献率，并按累计贡献率大于或等于 85% 确定主成分个数，根据相关系数矩阵与初始因子载荷矩阵之间的关系求出特征向量矩阵（得分系数矩阵，可由软件直接算出），建立主成分方程表达式并计算各指标综合得分值，各指标综合得分值与所有指标综合得分值之和的比值即为各指标的权重。

1.4 各指标数据聚类分析及加权总分计算

运用 IBM SPSS Statistics 20.0 软件对 49 个品种的定量指标数据及加权总分进行系统聚类分析，为各指标定级打分和绿心评价等级划分提供依据。样品间的距离用欧式距离公式或欧式距离平方公式进行计算，类间距离用 Ward 法或组间连接法计算（薛巍，2009）。根据各品种的各指标得分值和各指标权重计算各品种加权总分（何臻，2015）。

2 结果与分析

2.1 切花小菊开花阶段划分与绿心性状调查结果

对 49 个小菊品种花心颜色变化过程调查后发现，花心最佳观赏期和颜色变化关键期主要在盛花期，故在参考 Yang 等（2014）对菊花花期划分的基础上将盛花期细分为盛花前期和盛花后期，具体划分为，露色期：舌状花充分显色，未展开；初开期：外轮舌状花初步展开，花心部分露出；盛花前期：最外轮舌状花展至最大开放度的 70%~100%，花心完全显露，管状花未散粉/柱头伸出；盛花后期：舌状花展开到最大，外轮管状花散粉/柱头伸出；衰败期：40%~50%（2~3 轮）管状花散粉/柱头伸出，舌状花开始出现萎缩（图 1）。同时，定义盛花初为盛花期初始阶段，即盛花前期的开始时间；盛花末为盛花期的结束阶段，即盛花后期即将结束、衰败期即将开始的时间；这两个关键时间的绿心性状差异性最大、代表性最强，同时特征明显容易判断，有利于各品种统一调查分析。

对 49 个切花小菊品种盛花期花心颜色，花心绿色面积，颜色变化过程等进行观测和分析后，得到以下结论：（1）典型的黄心小菊品种较少，优质的绿心小菊也较少，大多数是品质一般的绿心小菊。（2）盛花期是观察绿心性状的最佳时期。（3）绿心性状主要与花心颜色及绿心相对面积有关。（4）花心变黄特点：从花心露出到衰败期结束，花心由外向内颜色逐步由绿变黄，不同品种变黄速度不同。（5）花心变黄时间比盛花期越晚的品种绿心观赏性越好；反之越差。绿心小菊品种多在盛花后期或衰败期变黄，部分在盛花前期变黄；黄心小菊品种大部分在盛花初或盛花初之前已大面积变黄。（6）少数在盛花末或衰败期仍具有绿心观赏性的绿心品种，主要是由于其开放的管状花

花冠和柱头仍呈现较绿的颜色，且不散粉或散粉很少，整个花心仍能保持大面积较绿的颜色，这是绿心性状育种的一个新方向。

由此，定义花心变黄的标准：当 40%~50%的花心面积（2~3 轮管状花）变黄时，即认为花心变黄，同时，定义绿心小菊和黄心小菊：盛花初花心变黄面积大于或等于 40%的品种是黄心小菊；盛花初花心变黄面积小于 40%的品种是绿心小菊。在此基础上，设定盛花初花心颜色、盛花初绿心相对面积、绿心持续期、花心变黄时间和盛花末绿心观赏性等 5 个指标表征绿心性状。

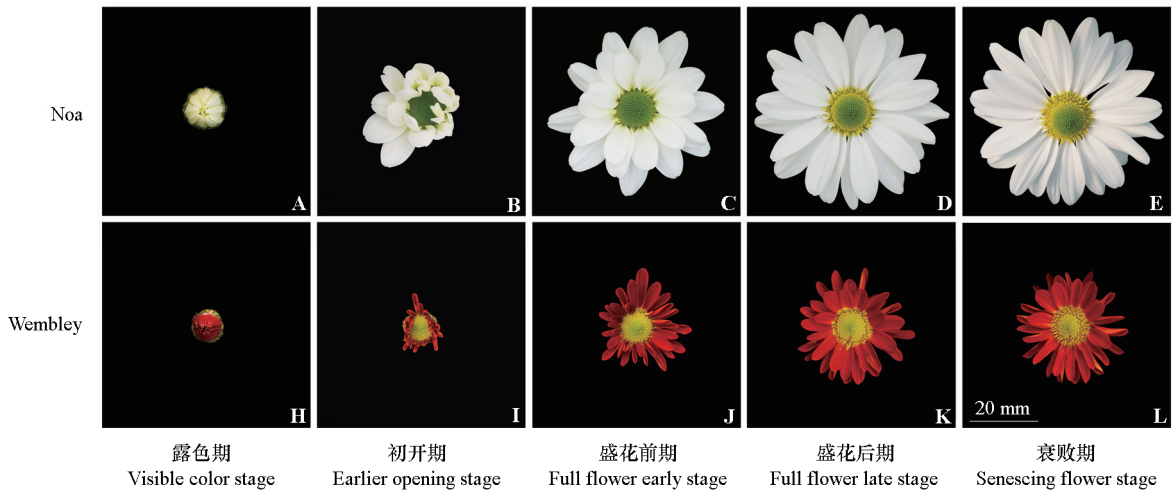


图 1 切花小菊不同开花阶段的花序形态

Fig. 1 Inflorescence morphology of spray cut chrysanthemum during different flowering stages

2.2 切花小菊绿心评价指标和定级标准的确定

2.2.1 盛花初花心颜色指标的定级得分标准

根据色差仪测得的盛花初花心颜色数据的聚类结果，将 49 个品种在花心颜色方面分成了 5 大类（表 1，图 2），5 个类别的 a^* 、 b^* 值变化范围接近，难以区分，而 L^* 、 h 、 C^* 值能够较好区分各类

表 1 切花小菊盛花初花心颜色聚类分析结果

Table 1 The clusters of spray cut chrysanthemum cultivars according to the inflorescence center color at the beginning of full flower stage											
类群 Cluster	品种数 Number of cultivar	实测值 Measured value					定级范围 Grading range			特征 Feature	得分 Scoring
		红绿度 a^*	黄蓝度 b^*	明度 L^*	彩度 C^*	色相 h°	L^*	C^*	h°		
I	5	- 18.65 ~ - 16.72	39.44 ~ 43.60	37.18 ~ 42.62	42.84 ~ 46.95	111.80 ~ 114.76	< 43	< 47	> 111	深绿 Dark green	4
II	7	- 18.38 ~ - 13.56	42.45 ~ 48.25	43.03 ~ 49.78	44.83 ~ 51.63	106.85 ~ 112.08	43 ~ 50	44 ~ 52	106 ~ 113	浅绿 Light green	3
III	12	- 17.28 ~ - 11.93	50.41 ~ 54.85	38.56 ~ 45.14	52.46 ~ 56.87	102.76 ~ 107.84	38 ~ 45	52 ~ 57	103 ~ 109	深黄绿 Dark yellow- green	2
IV	18	- 18.32 ~ - 12.59	50.19 ~ 59.84	44.30 ~ 50.96	51.75 ~ 62.58	104.08 ~ 108.36	45 ~ 51	52 ~ 63	103 ~ 109	浅黄绿 Light yellow- green	1
V	7	- 13.34 ~ - 3.94	56.53 ~ 63.39	47.85 ~ 54.05	57.55 ~ 64.09	93.69 ~ 102.68	> 47	> 57	< 103	黄色 Yellow	0

别。根据 L^* 、 h 、 C^* 值, 结合比色卡观测情况, 参考《中华人民共和国植物新品种特异性、一致性和稳定性的测试指南——菊花》(中华人民共和国农业部, 2012), 将 5 个类别分别命名为深绿色, 浅绿色, 深黄绿色、浅黄绿色和黄色, 并简化了各类别 L^* 、 h 、 C^* 值分布, 避免重合, 得到花心颜色指标的定级得分标准 (表 1)。

盛花初大多数品种 (42 个, 占 85.71%) 花心颜色表现为黄绿色或绿色, 其中较绿的品种有 12 个, 如 Qx-163、‘Noa’、‘Neva’、‘南农金光’ 等, 可以作为育种材料。黄色的品种较少, 只有 7 个, 占整体 14.29%。

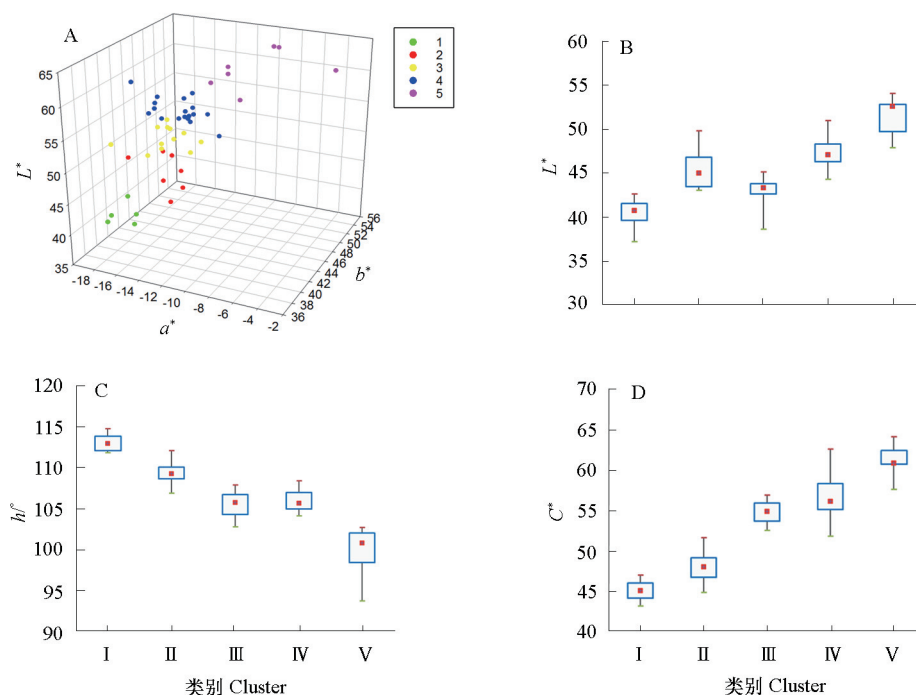


图 2 各类别切花小菊盛花初花心颜色表型分布图

A: L^* 、 a^* 、 b^* 分布图; B、C、D: 各类别盛花初花心颜色参数 L^* 、 h 、 C^* 值箱线图。

Fig. 2 The distribution of the inflorescence center color at the beginning of full flower stage of spray cut chrysanthemum cultivars

A: Coordinate systems of L^* , a^* and b^* ; B, C, D: The box plot of different clusters of the inflorescence center color at the beginning of full flower stage according to L^* , h and C^* .

2.2.2 盛花初绿心相对面积指标的定级得分标准

测得盛花初绿心相对面积变化范围为 13.05%~100.00%, 对所得数据进行系统聚类分析, 将 49 个品种聚为 4 类, I 类和 II 类为绿心品种, III 类和 IV 类为黄心品种, 与实际观察结果及对变黄标准的定义: 超过或等于 40% 的花心面积变黄相一致。盛花初大多数 (77.55%) 品种绿心面积较大, 表现为绿心, 如 ‘Noa’、‘南农金光’、‘Neva’、‘南农冰雪’ 等 (表 2)。

2.2.3 绿心持续期指标的定级得分标准

测得切花小菊绿心持续期在 0~15 d 之间, 对所得数据进行聚类分析, 可聚为 6 类, 绿心持续期 8 d 以上的品种有 18 个, 占总体的 36.73%, 如 ‘Noa’、‘南农金光’、‘南农冰雪’、‘Classy’ 等, 其余品种绿心持续期较短, 总体绿心持续期指标的表现偏低, 说明选育绿心持续期长的品种

是今后绿心性状选育的重点和方向（表 3）。

表 2 盛花初绿心相对面积指标定级范围及得分标准

Table 2 The grading and scoring standards of the relative area of green center at the beginning of full flower stage

类群 Cluster	品种数 Number of cultivar	盛花初绿心相对面积定级范围/% Grading range of the relative area of green center at the beginning of full flower stage	特征 Feature	得分 Scoring
I	25	≥ 80	花心全绿 Flower center full of green	3
II	13	60 ~ 79.99	绿心黄边 Center green edge yellow	2
III	9	30 ~ 59.99	黄心带绿 Center yellow edge green	1
IV	2	< 29.99	花心全黄 Flower center full of yellow	0

表 3 绿心持续期指标定级范围及得分标准

Table 3 The grading and scoring standards of the duration of green center

类群 Cluster	品种数 Number of cultivar	绿心持续期的定级范围/d Grading range of the duration of green center	特征 Feature	得分 Scoring
I	2	≥ 13	极长 Extremely long	5
II	5	10 ~ 12.9	很长 Quite long	4
III	11	8 ~ 9.9	长 Long	3
IV	17	4.1 ~ 7.9	一般 Medium	2
V	7	2.1 ~ 4	短 Short	1
VI	7	≤ 2	极短 Extremely short	0

2.2.4 花心变黄时间评价指标及定级标准

根据花心变黄时间与盛花期的关系，将其分为 4 个等级（表 4）。49 个品种中有 38 个绿心品种，在盛花期开始之后才变黄，其中在盛花后期（不包括盛花末）变黄的品种有 23 个，能保持绿心到盛花末或之后的品种有 4 个，分别为：‘Noa’、‘Neva’、Qx-115 和 Qx-168。

表 4 花心变黄时间的定级范围及得分标准

Table 4 The grading and scoring standards of the yellowing stage of inflorescence center

等级 Grade	品种数 Number of cultivar	花心变黄时间指标的定级范围 Grading range of the yellowing time of inflorescence center	得分 Scoring
I	4	盛花末或衰败期变黄 Yellowing at the end of the full flower stage or the senescing flower stage	3
II	23	盛花后期（不包括盛花末）变黄 Yellowing at the full flower late stage (excluding the end of the full flower stage)	2
III	11	盛花前期（不包括盛花初）变黄 Yellowing at the full flower early stage (excluding the beginning of the full flower stage)	1
IV	11	盛花初或盛花初之前变黄 Yellowing at the beginning of the full flower stage or before	0

2.2.5 盛花末绿心观赏性评价指标及定级标准

对盛花末绿心相对面积的数据进行系统聚类，可聚为 3 大类群：2.00% ~ 34.81%、37.76% ~ 41.62%、46.22% ~ 49.36%，前一类几乎无观赏性，后两类需要根据管状花花冠和柱头的颜色、表观散粉量等调查结果进一步判断绿心观赏性。

综合考虑，得出盛花末绿心观赏性指标的定级得分标准（< 35%，35% ~ 45%，> 45%，表 5）。待测品种中，75.51%不具有盛花末绿心观赏性，盛花末观赏性较高的只有 3 个品种，分别是：‘Noa’、‘Neva’ 和 ‘Qx-115’。

表 5 盛花末绿心观赏性指标的定级范围及得分标准
Table 5 The grading and scoring standards of the ornamental value of green center at the end of full flower stage

等级 Grade	品种数 Number of cultivar	盛花末绿心相对面积/% The relative area of green center at the end of full flower stage	未散粉管状花花冠 The corolla of the tubular flowers without loosing powders	散粉管状花花冠 The corolla of the tubular flowers losing powders	得分 Scoring
I	3	> 45	绿色 Green	偏绿, 散粉少, 观赏性较高 Partial green, none or a few pollen quantity and high ornamental value	2
II	9	35 ~ 45	黄绿色 Yellow-green	偏黄, 散粉多, 观赏性一般 Partial yellow, moderate or vast pollen quantity and medium ornamental value	1
III	37	< 35	黄色 Yellow	黄色, 散粉多, 观赏性低 Yellow, moderate or vast pollen quantity and medium ornamental value	0

2.3 切花小菊绿心性状评价指标权重的确定

对选定的盛花初花心颜色、盛花初绿心相对面积、绿心持续期、花心变黄时间和盛花末绿心观赏性等 5 个关键指标, 请 6 位专家对其重要性打分 (表 6)。

结果 (表 6) 可见这 5 个绿心指标对绿心评价的重要性存在差异, 需要进行各指标权重的计算。对各专家的打分值标准化, 进行主成分分析, 由表 7 可看出, 两个主成分总贡献率达到 96.472%, 能够综合大多数专家的意见, 因此选取两个主成分较为合适, 即将 6 个专家简化为 2 个主成分。

表 6 绿心评价指标专家打分表
Table 6 The experts scoring table on the green-center evaluation indexes

指标 Index	专家 Expert					
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆
盛花初花心颜色 The inflorescence center color at the beginning of full flower stage	5	5	5	5	5	4
盛花初绿心相对面积 The relative area of green center at the beginning of full flower stage	5	4	4	5	5	5
绿心持续期 The duration of green center	4	5	5	5	4	4
花心变黄时间 The yellowing time of inflorescence center	3	2	2	3	2	2
盛花末绿心观赏性 The ornamental value of green center at the end of full flower stage	2	2	1	2	1	1

注: 5—非常重要; 4—比较重要; 3—一般重要; 2—不太重要; 1—不重要。

Note: 5 - Extremely important; 4 - Quite important; 3 - Moderate important; 2 - Little important; 1 - Not important.

表 7 主成分分析解释总变量
Table 7 Total variance explained of PCA (principal component analysis)

主成分 Principal component	初始特征值 Initial eigenvalue		
	合计 Total	方差的贡献率/% Contribution rate of variance	累积贡献率/% Contribution rate of variance
1	4.546	75.774	75.774
2	1.242	20.698	96.472
3	0.174	2.892	99.364
4	0.024	0.397	99.761
5	0.014	0.239	100.00
6	8.88E-17	1.48E-15	100.00

由表 8 得到 2 个主成分综合得分值中各专家的贡献系数, 将贡献系数代入可分别得到 2 个主成分的综合得分值 F_1 值和 F_2 值的计算公式。

表 8 成分得分系数矩阵
Table 8 Component score coefficient matrix

主成分 Principal component	专家贡献系数 Expert contribution coefficient					
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆
1	0.471	0.383	0.205	0.127	- 0.098	- 0.267
2	- 0.256	- 0.116	0.098	0.183	0.381	0.501

$F_1 = 0.471E_1 + 0.383E_2 + 0.205E_3 + 0.127E_4 - 0.098E_5 - 0.267E_6 \dots\dots\dots (1)$

$F_2 = - 0.256E_1 - 0.116E_2 + 0.098E_3 + 0.183E_4 + 0.381E_5 + 0.501E_6 \dots\dots\dots (2)$

将表 6 中各指标的专家打分值带入公式 (1) 和公式 (2), 即可得到各指标 F_1 值和 F_2 值。由表 7 和 F_1 、 F_2 值即可得到各指标的综合得分值 $F_z = 75.774/96.472 \times F_1 + 20.698/96.472 \times F_2$ 。

将 F_z 代入下面公式得出权重 ω :

$$\omega_i = F_{zi} / \sum_{i=1}^n F_{zi}$$

其中: ω_i 为第 i 个指标的权重值, n 为指标数, $n = 5$ 。

得出 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 、 ω_5 分别为 0.273、0.237、0.252、0.136、0.101, 即盛花初花心颜色、盛花初绿心相对面积、绿心持续期、花心变黄时间、盛花末绿心观赏性 5 项指标的权重分别是 0.273、0.237、0.252、0.136、0.101 (表 9)。

由此看出, 按照重要性排名, 依次是盛花初花心颜色、绿心持续期、盛花初绿心相对面积、花心变黄时间和盛花末绿心观赏性指标, 其中盛花初花心颜色、绿心持续期和盛花初绿心相对面积权重较大且互相接近, 是衡量绿心特性的 3 个主要指标, 对绿心性状的综合评价起着关键作用。这与实际观察情况相符。

表 9 绿心评价指标的综合得分值及权重计算
Table 9 The synthesis score and weight of the green-center evaluation indexes

指标 Index	F_1 成分 1 得分值 Score of component 1	F_2 成分 2 得分值 Score of component 2	F_z 综合得分值 Synthesis score	ω 权重 Weight
盛花初花心颜色 The inflorescence center color at the beginning of full flower stage	4.372	3.454	4.173	0.273
盛花初绿心相对面积 The relative area of green center at the beginning of full flower stage	3.517	3.973	3.613	0.237
绿心持续期 The duration of green center	3.999	3.329	3.853	0.252
花心变黄时间 The yellowing time of inflorescence center	2.240	1.509	2.082	0.136
盛花末绿心观赏性 The ornamental value of green center at the end of full flower stage	1.802	0.602	1.544	0.101

2.5 切花小菊绿心性状综合评价结果及等级划分

利用各指标得分值和权重计算出切花小菊各品种加权总分值, 并对其进行系统聚类分析, 得到聚类结果 (表 10), 49 个切花小菊品种可分成 4 类, 加权总分值越大, 绿心性状综合评价越高, 将 4 个类别按加权总分值大小排序, 依次为 1 (优)、2 (良)、3 (中)、4 (差) 4 个等级。

表 10 切花小菊绿心性状加权总分聚类结果及各绿心性状指标得分情况

Table 10 The clusters of the weighted total score of green-center traits and the scores of green-center evaluation indexes

等级 Group	品种 Cultivar	盛花初花心颜色 The inflorescence center color at the beginning of full flower stage	盛花初绿心相 对面积 The relative area of green center at the beginning of full flower stage	绿心持续期 The duration of green center	花心变黄时间 The yellowing time of inflorescence center	盛花末绿心 观赏性 The ornamental value of green center at the end of full flower stage	加权总分 Weighted total score
1 优 Excellent	Noa	4	3	4	3	2	3.39
	南农金光	4	3	4	2	1	3.15
2 良 Good	Nannong Jinguang						
	Neva	4	3	3	3	2	3.14
	南农冰雪	3	3	5	2	0	3.07
	Nannong Bingxue						
	Classy	2	3	5	2	1	2.93
	南农碧云	3	3	4	2	0	2.81
	Nannong Biyun						
	Qx-163	4	3	3	2	0	2.80
	南农绯云	4	3	3	2	0	2.80
	Nannong Feiyun						
	セイアメリマロン	3	3	4	1	0	2.68
	南农方舟	2	3	4	2	0	2.58
	Nannong Fangzhou						
	セイアメリロゼ	3	3	3	1	0	2.42
	Qx-115	2	3	2	3	2	2.41
	Bacardi	3	3	2	2	1	2.41
	Qx-168	1	3	3	3	1	2.32
	Qx-213	2	3	3	2	0	2.32
	南农红霞	3	3	2	2	0	2.31
	Nannong Hongxia						
	南农翠玫	1	3	3	2	1	2.19
	Nannong Cuimei						
	Qx-093	2	3	2	2	1	2.17
	南农红云	3	2	3	1	0	2.15
	Nannong Hongyun						
	南农小清新	1	3	3	2	0	2.09
	Nannong						
	Xiaoqingxin						
	ストラダピンク	1	3	3	2	0	2.09
3 中 Medium	Grand White	2	3	2	2	0	2.07
	Grand Rose	2	3	2	1	0	1.93
	Qx-098	1	2	3	2	1	1.91
	南农冰泉	1	3	2	2	0	1.83
	Nannong Bingquan						
	Celisa	1	3	2	2	0	1.83
	Qx-096	2	2	2	2	0	1.80
	Grand Orange	1	3	2	1	0	1.70
	Qx-008	1	2	2	2	1	1.66
	Qx-097	1	2	2	2	1	1.66
	南农红橙	2	2	2	1	0	1.66
	Nannong Hongcheng						
	King Fisher	1	2	2	2	0	1.56
	旭風車	2	2	1	2	0	1.55
	红小	1	2	2	1	0	1.42
	Amadea	1	2	2	1	0	1.42
	南农菲紫	1	2	2	1	0	1.42
	Nannong Feizi						
	Biarritz Red	2	2	1	1	0	1.41
	南农粉腐	2	2	1	1	0	1.41
	Nannong Fenyan						
4 差 Poor	南农丰收	1	1	1	0	0	0.76
	Nannong Fengshou						
	南农金柠檬	1	1	1	0	0	0.76
	Nannong						
	Jinningmeng						
	南农炫彩	1	1	1	0	0	0.76
	Nannong Xuancai						

续表 10

等级 Group	品种 Cultivar	盛花初花心颜色 The inflorescence center color at the beginning of full flower stage	盛花初绿心相对面积 The relative area of green center at the beginning of full flower stage	绿心持续期 The duration of green center	花心变黄时间 The yellowing time of inflorescence center	盛花末绿心观赏性 The ornamental value of green center at the end of full flower stage	加权总分 Weighted total score
	南农香橙 Nannong Xiangcheng	0	1	1	0	0	0.53
	Qx-113	1	1	0	0	0	0.51
	秀幔戴花 Xiuman Daihua	0	1	0	0	0	0.27
	南农夕云 Nannong Xiyun	0	1	0	0	0	0.27
	南农洋红 Nannong Yanghong	0	1	0	0	0	0.27
	Qx-009	0	1	0	0	0	0.27
	Wembley	0	0	0	0	0	0
	小丽 Xiaoli	0	0	0	0	0	0

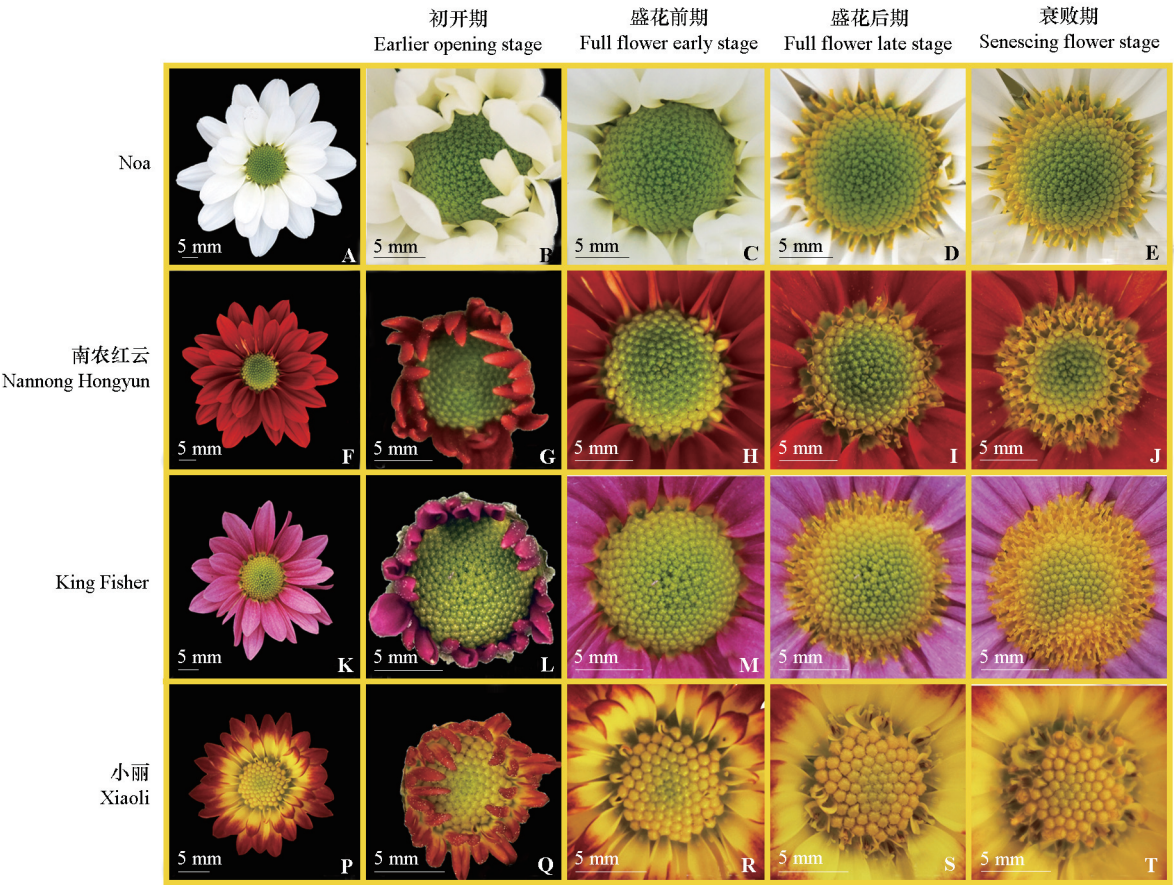


图 3 绿心切花小菊评价标准各等级代表品种及花心动态变化图

‘Noa’: 第 1 等级代表品种; ‘南农红云’: 第 2 等级代表品种; ‘King Fisher’: 第 3 等级代表品种; ‘小丽’: 第 4 等级代表品种。

Fig. 3 The representative cultivars of all groups of the evaluation standard of green-center spray cut chrysanthemum and the dynamic variation of inflorescence center

‘Noa’: The first group; ‘Nannong Hongyun’: The second group;

‘King Fisher’: The third group; ‘Xiaoli’: The forth group.

第1等级优, 加权总分值 > 2.5 , 共10个品种, 表现为盛花初花心全绿, 主要是深绿色和浅绿色品种、个别深黄绿色品种, 绿心持续期很长, 平均11 d, 几乎全部品种都在盛花后期变黄, 有4个品种在盛花末仍有一定绿心观赏性, 有2个品种能持续到衰败期变黄, 并有延长绿心观赏期的潜力; 如‘Noa’(图3), 可作为育种材料或改良后作为优良绿心品种推广。

第2等级良, 加权总分值 $2.0 \sim 2.5$, 共12个品种, 表现为盛花初花心全绿, 主要为浅绿色、深黄绿色和浅黄绿色品种, 绿心持续期平均8 d, 大部分在盛花后期变黄, 有5个品种在盛花末仍有一定绿心观赏性, 有1个品种有延长绿心观赏期的潜力; 该类在盛花期绿心观赏性较好, 绿心性状良好, 如‘南农红云’(图3)。

第3等级中, 加权总分值 $1.1 \sim 2.0$, 共16个品种, 表现为盛花初绿心黄边, 颜色为深浅黄绿色, 保持绿色时间一般, 平均5 d, 在盛花前期和后期变黄的品种各占一半, 有3个品种在盛花末仍有部分绿心观赏性, 但不具有延长绿心观赏期的潜力; 该类在盛花期绿心观赏性一般, 变黄速度较快, 绿心性状表现中等, 如‘King Fisher’(图3)。

第4等级差, 加权总分值 < 1.1 , 共11个品种, 表现为盛花初花心呈现黄心带绿或全黄, 颜色主要是黄色, 整个花期花心保持绿色时间很短, 平均2 d, 变黄很快, 在盛花前期或之前已变黄, 几乎无绿心观赏性, 该类是典型的黄心品种, 如‘小丽’(图3)。

每一等级特征鲜明, 不同等级差异较大, 能区分不同品质的绿心小菊, 与实际观察结果基本吻合。

3 讨论

绿心切花小菊的管状花为绿色, 观赏价值较高, 尤其舌状花为白色相衬时, 其观赏价值更高(Anderson et al., 1988; 朱安超, 2014)。绿心切花小菊已经成为新的育种目标。然而目前行业内对切花小菊的绿心性状评价尚无标准, 绿心小菊品质参差不齐(Kishimoto et al., 2004; Anderson, 2007)。不同黄绿深浅的花心颜色和差异较大的绿心持续期, 是绿心品质优劣差异较大的原因所在, 然而颜色评判的主观性和绿心持续期划定的不确定性, 给切花小菊绿心性状的评价带来困难, 也使绿心品种的选育难以统一标准。

本研究中参考 Yang 等(2014)对切花小菊花期划分的方法, 通过比较不同品种在各个发育阶段的花心颜色、绿心相对面积等指标, 进行绿心性状评价, 同时参照《中华人民共和国植物新品种特异性、一致性和稳定性的测试指南——菊花》(中华人民共和国农业部, 2012), 把盛花期作为评价绿心性状的关键时期, 明确绿心和黄心的区分, 确定花心变黄时间。在此基础上以初开期花心露出为绿心期的开始, 花心变黄时间为绿心期的结束, 统计各品种的绿心(观赏)持续期, 比较各品种绿心观赏性。同时, 考虑到不同品种间花期长短对绿心绝对观赏期的影响, 引入了“花心变黄时间”, 对花心变黄与盛花期的相对关系进行比较, 变黄时间相对盛花期越晚, 绿心相对观赏期越长, 观赏性越高。49个切花小菊品种中有个别绿心小菊, 如‘Noa’, 在散粉期不散粉或散粉很少, 开放的管状花花冠、柱头颜色偏绿, 整体仍然表现绿色, 延长了绿心观赏期, 提高了绿心观赏性, 因此设定了“盛花末绿心观赏性”这个指标, 主要在盛花期末即将进入衰败期时观察绿心观赏性, 评判标准包括盛花末绿心相对面积, 开放的管状花花冠、柱头颜色以及表观散粉量。该指标体现了花心延长绿心观赏性的潜力, 可看作是额外的绿心观赏期, 同时与盛花初绿心观赏性对比呼应, 共同反映了整个盛花期绿心观赏性。

本评价标准最终选取盛花初花心颜色、盛花初绿心相对面积、绿心持续期、花心变黄时间和盛花末绿心观赏性等 5 个指标从盛花初、盛花末、变黄时间 3 个点和绿心持续期 1 个时间段, 对切花小菊绿心性状进行综合评价分析。参考尹冬梅 (2009) 的菊花近缘种属植物耐涝性评价方法和刘晓静 (2004) 的评价草坪质量综合外观质量法, 对各指标定级打分, 再利用综合评分法和主成分分析法计算各指标权重 (韩小孩, 2012), 并进行加权总分聚类, 得到绿心性状优、良、中、差 4 个等级, 建立了一套全面直观、简便易行的切花小菊绿心性状综合评价标准, 为切花小菊绿心性状评价提供了统一标准, 也为进一步选育绿心切花小菊新品种奠定了基础。同时依据此标准筛选出 ‘Noa’、‘南农金光’、‘Neva’、‘南农冰雪’、‘Classy’、‘南农碧云’、‘Qx-163’、‘南农绯云’、‘ストラダピンク’、‘南农方舟’ 等 10 个优质绿心小菊品种, 可作为优良绿心品种推广应用或用于绿心切花小菊育种。

References

- Anderson N O. 2007. Chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Tzvelv) // Anderson N O. Flower breeding and genetics. Berlin: Springer: 389 – 437.
- Anderson N O, Ascher P D, Widmer R E. 1988. Thin-layer chromatographic analysis of flower color phenotypes in *Dendranthema grandiflorum*, Ramatuelle inbreds and clonal cultivars. Euphytica, 37 (3): 229 – 239.
- Bai Xin-xiang. 2007. Phenotype analysis of flower coloration of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Beijing: Beijing Forestry University. (in Chinese)
- 白新祥. 2007. 菊花花色形成的表型分析. 北京: 北京林业大学.
- Berns S R. 2002. Color technology principle. Li Xiaomei, Ma Ru, Chen Lirong, trans. Beijing: Chemical Industry Press. (in Chinese)
- 本 恩. 2002. 颜色技术原理. 李小梅, 马 如, 陈立荣, 译. 北京: 化学工业出版社.
- Chen Jun-yu. 2001. Taxonomy of flower cultivars of China. Beijing: China Forestry Publishing House. (in Chinese)
- 陈俊愉. 2001. 中国花卉品种分类学. 北京: 中国林业出版社.
- Han Xiao-hai. 2012. Method for determining the weight of indicators based on principal component analysis. Journal of Sichuan Ordinance, 33 (10): 124 – 126. (in Chinese)
- 韩小孩. 2012. 基于主成分分析的指标权重确定方法. 四川兵工学报, 33 (10): 124 – 126.
- He Zhen. 2015. Studies on evaluation of standard cut flower of chrysanthemum branching characteristics and heredity analysis [M. D. Dissertation]. Nanjing: Nanjing Agricultural University. (in Chinese)
- 何 臻. 2015. 标准切花菊分枝特性评价及其遗传分析 [硕士论文]. 南京: 南京农业大学.
- Hong Yan, Bai Xin-xiang, Sun Wei, Jia Feng-wei, Dai Si-lan. 2012. The numerical classification of chrysanthemum flower color phenotype. Acta Horticulturae Sinica, 39 (7): 1330 – 1340. (in Chinese)
- 洪 艳, 白新祥, 孙 卫, 贾锋炜, 戴思兰. 2012. 菊花品种花色表型数量分类研究. 园艺学报, 39 (7): 1330 – 1340.
- Kishimoto S, Maoka T, Nakayma M, Ohmiya A. 2004. Carotenoid composition in petals of chrysanthemum [*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura]. Phytochemistry, 65 (12): 2781 – 2787.
- Li Hong-jian. 1993. Chrysanthemum in China. Nanjing: Jiangsu Scientific and Technical Press. (in Chinese)
- 李鸿渐. 1993. 中国菊花. 南京: 江苏科学技术出版社.
- Lim Jin-hee, Shin Hak-ki, Park kun, Cho Hae-ryong, Rhee Hye-kyung, Kim Mi-seon, Joung Hyang-young. 2008. A new spray chrysanthemum cultivar, ‘Cherry Blossom’ with resistant to white rust, single flower type and bright pink petals for cut flower. Korean Journal of Breeding, 40 (4): 439 – 442.
- Liu Xiao-jing. 2004. A new method for evaluation of turf quality – Comprehensive appearance quality method. Journal of Gansu Agricultural University, 39 (6): 651 – 655. (in Chinese)
- 刘晓静. 2004. 草坪质量评价新方法——综合外观质量法. 甘肃农业大学学报, 39 (6): 651 – 655.

- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. 2012. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability - chrysanthemum (*Chrysanthemum* × *morifolium* Ramat./*Chrysanthemum* × *grandiflorum* Ramat.) . NY/T 2228-2012. (in Chinese)
- 中华人民共和国农业部. 2012. 植物新品种特异性、一致性和稳定性的测试指南——菊花. NY/T 2228-2012.
- Torskangerpoll K, N  b   R, Nodland E, Ovstedal Do, Andersen Om. 2005. Anthocyanin content of *Tulipa* species and cultivars and its impact on petal colours. *Biochemical Systematics and Ecology*, 33 (5): 499 - 510.
- Wang Jiang, Ding Bing, Li Yu-hua. 2016. A new ground cover chrysanthemum cultivar 'Jinzun' . *Acta Horticulturae Sinica*, 43 (5): 1015 - 1016. (in Chinese)
- 王 江, 丁 兵, 李玉花. 2016. 地被菊新品种 '金樽' . 园艺学报, 43 (5): 1015 - 1016.
- Wang Kai-hong, Liu Xiang-ping, Zhang Le-hua, Lin Jia-hui, Li Li. 2011. Physiological-biochemical response of five species in *Rhododendron* L. to high temperature stress and comprehensive evaluation of their heat tolerance. *Journal of Plant Resources and Environment*, 20 (3): 29 - 35. (in Chinese)
- 王凯红, 刘向平, 张乐华, 凌家慧, 李 立. 2011. 5 种杜鹃幼苗对高温胁迫的生理生化响应及耐热性综合评价. 植物资源与环境学报, 20 (3): 29 - 35.
- Wang Xiao-guang, Fang Wei-min, Chen Fa-di, Teng Nian-jun. 2013. Determination of pollen quantity and powdery characteristics of 41 varieties of cut flower chrysanthemum. *Acta Horticulturae Sinica*, 40 (4): 703 - 712. (in Chinese)
- 王小光, 房伟民, 陈发棣, 滕年军. 2013. 切花小菊 41 个品种花粉量的测定与散粉特性分析. 园艺学报, 40 (4): 703 - 712.
- Wang Xiao-guang, Wang Hai-bin, Chen Fa-di, Jiang Jia-fu, Fang Wei-min, Liao Yuan, Teng Nian-jun. 2014. Factors affecting quantity of pollen dispersal of spray cut chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*) . *BMC Plant Biology*, 14: 5.
- Xue Wei. 2009. SPSS statistical analysis method and application. 2nd Ed. Beijing: Electronic Industry Press. (in Chinese)
- 薛 薇. 2009. SPSS 统计分析方法及应用. 2 版. 北京: 电子工业出版社.
- Yang Ying-jie, Ma Chao, Xu Yan-jie, Wei Qian, Imtiaz M, Lan H Hai-bo, Gao Shan, Cheng Li-na, Wang Mei-yan, Fei Zhang-jun, Hong Bo, Gao Jun-ping. 2014. A Zinc finger protein regulates flowering time and abiotic stress tolerance in chrysanthemum by modulating gibberellin biosynthesis. *Plant Cell*, 26: 2038 - 2054.
- Yin Dong-mei. 2011. Evaluation of waterlogging resistance and resistance to waterlogging mechanism of rhizoma species[Ph. D. Dissertation]. Nanjing: Nanjing Agricultural University. (in Chinese)
- 尹冬梅. 2011. 菊花近缘种属植物耐涝性评价及耐涝机理研究[博士学位]. 南京: 南京农业大学.
- Zeng Xian-hai, An Feng, Cai Ming-dao, Chen Jun-ming, Lin Wei-fu. 2010. Analysis of the principal component and the subordinate function on rubber seedling drought resistance under hypertonic solution Stresses. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 26 (1): 260 - 264. (in Chinese)
- 曾宪海, 安 锋, 蔡明道, 陈俊明, 林位夫. 2010. 高渗胁迫后橡胶树萌发籽苗抗旱性主成分及隶属函数分析. 中国农学通报, 26 (1): 260 - 264.
- Zhang Feng-jiao, Hua Li-chun, Fei Jiang-song, Wang Fan, Liao Yuan, Fang Wei-min, Chen Fa-di, Teng Nian-jun. 2016. Chromosome doubling to overcome the chrysanthemum cross barrier based on insight from transcriptomic and proteomic analyses. *BMC Genomics*, 7: 585.
- Zhou Hou-gao, Wang Wen-tong, Qiao Zhi-qin, Wang Yan-jun, Wang Hong-chang, Wang Feng-lan, Huang Zi-feng, He Ze-ming. 2015. A new chrysanthemum cultivar 'Binfen' . *Acta Horticulturae Sinica*, 42 (1): 201 - 202. (in Chinese)
- 周厚高, 王文通, 乔志钦, 王燕君, 王鸿昌, 王凤兰, 黄子锋, 何泽明. 2015. 切花小菊新品种 '缤纷' . 园艺学报, 42 (1): 201 - 202.
- Zhu An-chao. 2014. Investigation on green-center formation mechanism of spray cut chrysanthemum[M. D. Dissertation]. Nanjing: Nanjing Agricultural University. (in Chinese)
- 朱安超. 2014. 绿心切花小菊管状花绿色形成机理研究[硕士论文]. 南京: 南京农业大学.