

切花小菊 41 个品种花粉量的测定与散粉特性分析

王小光, 房伟民, 陈发棣, 滕年军*

(南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

摘要: 研究了 41 个切花小菊品种的散粉特性及影响散粉量的关键指标, 旨在为培育散粉少或不散粉切花小菊奠定基础。结果发现: (1) 供试的切花小菊品种每花序管状花数的变化范围为 85.6~320.2 个, 绝大多数品种单花花药数为 5 枚, 花药含粉量变幅为 0~1 017 粒, 花序含粉量变幅为 0~807 840 粒; (2) 9 个品种未散粉 (其中 8 个品种的花药内有花粉, 但花药不开裂, 仅 ‘Kingfisher’ 一个品种花药内没有花粉), 11 个品种散粉量较少, 9 个品种散粉量中等, 12 个品种散粉量较多。应用聚类分析分别对各品种花药含粉量和花序含粉量进行了评价, 将花粉量聚类为多、中等、少、无 4 类, 其中, 中等和少的品种占 80%。试验结果表明, 切花小菊散粉量不仅与花序中管状花数和花药含粉量成正比, 而且与花药开裂速度和开裂程度成正比。

关键词: 切花小菊; 花药开裂; 花粉量; 散粉特性

中图分类号: S 682.1⁺¹

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2013) 04-0703-10

Determination of Pollen Quantity and Features of Pollen Dispersal for 41 Spray Cut Chrysanthemum Cultivars

WANG Xiao-guang, FANG Wei-min, CHEN Fa-di, and TENG Nian-jun*

(College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: In this study, feature of pollen dispersal and the key factors influencing quantity of pollen dispersal of 41 spray cut chrysanthemum cultivars were systematically investigated, with an aim to establish foundation for less-dispersing pollen or non-dispersing pollen cultivars breeding. The results showed that: The number of disk floret per inflorescence, anthers per flower, pollen quantity per anther and the pollen quantity per inflorescence were observed among the tested cultivars, which were estimated to be 85.6 - 320.2 disk floret per inflorescence, 5 anthers per flower in the vast majority of cultivars, 0 - 1 017 grains per anther, 0 - 807 840 grains per inflorescence respectively; There were 9 non-dispersing pollen cultivars (the anthers of 8 cultivars have pollens but no cracking, while only ‘Kingfisher’ has no pollens), 11 less-dispersing pollen cultivars, 9 moderate quantity of pollen dispersal cultivars and 12 high quantity of pollen dispersal cultivars among them. Clustering analysis was applied to analyse the pollen quantity

收稿日期: 2012 - 10 - 09; 修回日期: 2013 - 03 - 04

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划项目 (NCET-11-0669); 国家自然科学基金项目 (31171983); 江苏省自然科学基金项目 (BK2010447)

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

per anther and pollen quantity per inflorescence that were grouped into four types: Vast, moderate, a few, none, according to pollen quantity. 80% of tested cultivars are belonged to 'moderate' and 'a few' groups. All the results suggest that not only is the quantity of pollen dispersal of spray cut chrysanthemum positively related to the number of disk floret per inflorescence and pollen quantity per anther, but also it is positively related to the speed and degree of anther cracking.

Key words: spray cut chrysanthemum; anther dehiscence; pollen quantity; pollen dispersal characteristics

菊花 (*Chrysanthemum morifolium*) 原产中国, 在花卉生产中占有十分重要的地位 (李鸿渐, 1993; 陈俊愉, 2001; 孙春青 等, 2010; 汤访评 等, 2011)。切花菊可分为单头型大花品种和多头型切花小菊品种, 由于切花小菊品种具有分枝多、花形花色丰富、着花繁密、开花整齐及花期长等特点, 已成为切花菊生产的一个重要组成部分 (陈林, 2005; 农业部, 2008)。但切花小菊在开放过程中, 随着中间两性管状花散粉量的逐渐增加, 其观赏价值迅速下降。且在开放过程中产生过多的花粉会漂浮到空气中, 对人的呼吸道尤其对花粉过敏者会有不同程度的负面影响 (Anderson, 2007)。因此, 培育散粉量少或不散粉切花小菊新品种具有重要的实际应用价值。

本研究中选用南京农业大学“中国菊花种质资源保存中心”保存的 41 个切花小菊品种为材料, 系统地研究了它们的散粉特性及影响散粉量的相关参数, 并在此基础上根据散粉特性对其进行了分类, 为今后培育散粉量少或不散粉切花小菊新品种提供原始材料, 也为深入阐明影响切花小菊散粉量分子机理奠定重要基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2011 年 10—11 月秋菊盛花期时进行, 在南京农业大学“中国菊花种质资源保存中心”的种质资源圃内调查各菊花品种的表观花粉量并予以分级, 在此基础上于各等级中选择具有代表性的、观赏价值较高的 21 个单瓣平瓣型品种和 20 个托桂型品种 (表 1) 为材料, 调查其花粉量和与散粉特性有关的花器性状。

1.2 部分花器官性状调查

每花序管状花数: 在盛花期, 随机采取每个品种 5 朵大小一致、中等类别的花序, 进行管状花计数。

单花花药数: 每个品种随机解剖 5 朵管状花, 进行花药计数。

表观花粉量: 在各品种散粉盛期, 以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的直接观察结果为依据, 把表观花粉量分为多、中等、少、无 4 个等级。其中柱头上花粉团清晰可见、体积大、数量多, 花粉采集非常容易和采集量很大的为表观花粉量 (散粉量) 多的品种; 柱头上花粉团清晰可见, 但体积较小, 数量较少, 花粉采集相对容易, 花粉可采集量只能达到多花粉品种的一多半的为表观花粉量 (散粉量) 中等的品种; 柱头上看不到花粉团, 只能看见少许花粉的为表观花粉量 (散粉量) 少的品种; 柱头上完全见不到花粉, 开放后的两性花中花药保持完整的为无表观花粉量 (不散粉) 品种。

花药开裂程度: 镜检散粉后的花药开裂情况。在显微镜下扁平放置的完好花药至少有两层细胞,

而在花药的开裂处可以明显观察到只存在一层表皮层细胞, 单层表皮细胞较花药其他多层细胞处明亮透明, 观察花药单层表皮层细胞所占据的横截面积的大小以确定花药的开裂程度。

散粉量: 镜检散粉后的花药, 重复观察散粉后的花药中花粉散失后所留空白空间占花药全部花粉所占据的总空间的比例, 以 0、25%、50%、75%、100% 为临近考量值, 花药内无粉的品种其散粉量定为 0 (以花药含粉量测定及镜检未开放的管状花中的花药结果为准)。

1.3 花粉量的测定

参照沈根华等 (2008) 及叶正文等 (2010) 的方法, 在散粉盛期, 采集供试品种即将散粉的花朵带回实验室, 剥取外边两三轮小花花药, 每品种取 60 枚花药, 放入干净的 10 mL 离心管中, 50 °C 烘箱中干燥, 花药完全开裂花粉散出后, 加入 20% 的 $(\text{NaPO}_3)_6$ 溶液, 定容至 6 mL, 振荡摇匀成悬浮液, 然后用微量进样器吸取 2 μL 悬浮液滴在载玻片上, 在 OLYMPUS BX41 显微镜下观察统计花粉量。花药含粉量 (粒/花药) = (每个载玻片上花粉粒数 \times 3 000) / 60。每个品种重复 6 次, 取平均值。

花序含粉量 (粒/花序) = 每花序管状花数 \times 单花花药数 \times 花药含粉量。

利用 IBM SPSS Statistics 20.0 统计分析软件对花粉量计量结果进行系统聚类分析比较。

2 结果与分析

2.1 切花小菊花器官性状调查结果

2.1.1 每花序管状花数和单花花药数

从开花物候期供试小菊品种的调查结果 (表 1) 来看, 各品种的管状花数差异很大, 21 个单瓣平瓣型品种为 85.6 ~ 320.2 个, 平均为 157.8 个, 最多的是 'Qx-062', 最少的是 'Qx-021'; 20 个托桂型品种为 91.4 ~ 272.8 个, 最多的是 'Qx-052', 最少的是 '南农银山'。各品种的单花花药数也存在差异, 单瓣平瓣型品种单花花药数一般为 5 枚, 但也有的超过 5 枚, 如 'Grand White' 和 'Tigerrag' 2 个品种都为 7 枚, 'Qx-004' 为 6 枚, 而托桂型品种全部为 5 枚。

2.1.2 花药含粉量及花序含粉量

试验结果表明, 41 个品种间单个花药的花粉量差异十分明显。其中单瓣平瓣型品种花药含粉量在 0 ~ 1 017 粒之间, 平均为 575.0 粒, 占供试品种的 51.2%, 花粉量最多的品种是 '南农红枫', 而 'Kingfisher' 没有观察到花粉的存在。托桂型品种的花粉量在 167 ~ 600 粒之间, 平均为 356.4 粒, 花粉量最多的品种是 '南农金冠', 最少的是 'Mundial Improved'。41 个试验品种的平均花药含粉量为 468.3 粒。总体上来说, 托桂型品种的花药含粉量明显少于单瓣平瓣型品种。

菊花品种的花序含粉量不仅与其花药含粉量密切相关, 还与其管状花数、单花花药数密切相关, 前者是后三者之积。单瓣平瓣型花序品种花序含粉量在 0 ~ 807 840 粒之间, 平均为 455 139 粒, 而 'Kingfisher' 没有观察到花粉。托桂型品种的花序含粉量在 110 721 ~ 761 112 粒之间, 平均为 279 182 粒, 花序含粉量最多的品种是 'Qx-052', 最少的是 '南农冰激凌'。同花药含粉量计量结果一致, 托桂型品种的花序含粉量也明显少于单瓣平瓣型品种。

2.1.3 表观花粉量、花药开裂状况和散粉量

表观花粉量是一个花序散粉后能够停驻在柱头上可见的、能够采集到的花粉量。观察结果 (表 1) 表明, 'Kingfisher' 等 9 个品种为无粉品种; 'Noa' 等 11 个品种为少花粉品种; 'Q10-17-2' 等 9 个品种为中等花粉量品种; 'Qx-065' 等 12 个品种为多花粉品种。

表观花粉量与花序含粉量及花药开裂速度和程度密切相关。从试验结果可以看出, 41 个试验品种中花药开裂程度高的有 13 个, 其中 11 个为多花粉品种, 另外 2 个由于花序含粉量少所以其表观花粉量中等; 花药开裂程度中等有 9 个品种, 其中 7 个为中等花粉量品种, 另外 2 个品种花序含粉量少; 开裂程度低及很低的品种有 10 个, 全部为少花粉品种; 不开裂的有 9 个品种, 全部为无粉品种。花药的开裂速度也是影响表观花粉量的重要因素, 菊花花期较长, 散粉是持续时间较长的过程, 散粉后花粉在柱头上停驻的时间很短, 花粉容易散失, 所以花药开裂速度越快, 单位时间内的散粉量越多, 表观花粉量越多。

如图 1 所示, 在同样长的时间内, 在花药含粉量与花序含粉量都相差不大的情况下, ‘Qx-097’ (792 花粉粒/花药, 807 840 花粉粒/花序) 的雌蕊柱头上可以明显看出存在着大量花粉, 而 ‘Grand White’ (641 花粉粒/花药, 655 999 花粉粒/花序) 就基本上看不到花粉, 甚至能较为清晰地看到中间管状花中的花药还是完整的, 通过镜检发现其散粉量只有其总花粉量的 25% 左右, 说明其花药开裂速度较慢, 散出的花粉又很快从柱头上散失, 导致看不到多少花粉。而托桂型品种 ‘南农银山’ 的散粉速度很快, 在开始散粉后 10 d, 当 ‘Qx-097’ 和 ‘Grand White’ 还有很多管状花未散粉时, ‘南农银山’ 却基本散粉完全, 这也是其花药含粉量及花序含粉量都很少, 其表观花粉量却很多的原因。

表 1 单瓣平瓣型和托桂型切花小菊花器性状

Table 1 Inflorescence traits of single and flat type and anemone type spray cut chrysanthemum cultivars

代号 Code	品种 Cultivar	管状花数 Number of disk floret per inflorescence	单花花 药数 Anthers per flower	花药含粉量 Pollen quantity per anther	花序含粉量 Pollen quantity per inflorescence	表观花 粉量 The apparent Pollen quantity	花药开裂 程度 Anther dehiscence degree	散粉量占总花粉量 的比例/% The proportion of quantity of pollen dispersal in total pollen quantity
A1	Kingfisher	212.4 ± 22.7	5	0	0	无 None	不开裂 Non-cracking	0
A2	Qx-115	140.2 ± 8.2	5	217 ± 41	152 117	无 None	不开裂 Non-cracking	0
A3	Qx-154	111.0 ± 9.4	5	550 ± 32	305 250	无 None	不开裂 Non-cracking	0
A4	Qx-008	178.6 ± 6.8	5	592 ± 38	528 656	无 None	不开裂 Non-cracking	0
A5	Wimbledon	140.8 ± 10.9	5	600 ± 45	422 400	无 None	不开裂 Non-cracking	0
A6	Qx-007	88.2 ± 11.5	5	708 ± 86	312 228	无 None	不开裂 Non-cracking	0
A7	Noa	185.8 ± 20.6	5	383 ± 41	355 807	少 A few	低 Low	< 25
A8	Qx-004	137.2 ± 8.8	6	633 ± 61	521 085	少 A few	低 Low	< 25
A9	Grand White	146.2 ± 13.7	7	641 ± 66	655 999	少 A few	低 Low	< 25
A10	Tigerrag	123.8 ± 8.4	7	667 ± 52	578 022	少 A few	低 Low	< 25
A11	Q10-17-2	151.4 ± 11.2	5	317 ± 26	239 969	中等 Moderate	中等 Moderate	50
A12	Qx-062	320.2 ± 16.2	5	450 ± 45	720 450	中等 Moderate	中等 Moderate	50
A13	Wembley	181.8 ± 13.7	5	492 ± 58	447 228	中等 Moderate	中等 Moderate	50
A14	Qx-021	85.6 ± 9.9	5	742 ± 49	317 576	中等 Moderate	中等 Moderate	50
A15	Qx-065	214.4 ± 22.8	5	650 ± 55	696 800	多 Vast	中等 Moderate	50

续表 1

代号 Code	品种 Cultivar	管状花数 Number of disk floret per inflorescence	单花花 药数 Anthers per flower	花药含粉量 Pollen quantity per anther	花序含粉量 Pollen quantity per inflorescence	表观花 粉量 The apparent Pollen quantity	花药开裂 程度 Anther dehiscence degree	散粉量占总花粉量 的比例/% The proportion of quantity of pollen dispersal in total pollen quantity
A16	南农紫勋章 Nannong Zixunzhang	134.4 ± 12.4	5	633 ± 75	425 376	多 Vast	高 High	> 75
A17	Qx-097	204.0 ± 7.3	5	792 ± 38	807 840	多 Vast	高 High	> 75
A18	南农小丽 Nannong Xiaoli	164.2 ± 4.9	5	850 ± 63	697 850	多 Vast	高 High	> 75
A19	南农红枫 Nannong Hongfeng	131.8 ± 9.3	5	1017 ± 68	670 203	多 Vast	高 High	> 75
A20	南农菲紫 Nannong Feizi	172.2 ± 13.5	5	458 ± 49	394 338	多 Vast	高 High	≤ 100
A21	南农红橙 Nannong Hongcheng	90.4 ± 8.3	5	683 ± 61	308 716	多 Vast	高 High	≤ 100
A22	南农冰激凌 Nannong Bingjilin	132.6 ± 9.0	5	167 ± 26	110 721	无 None	不开裂 Non-cracking	0
A23	Monalisa Yellow	119.2 ± 3.1	5	358 ± 38	213 368	无 None	不开裂 Non-cracking	0
A24	Qx-153	120.4 ± 19.7	5	367 ± 41	220 934	无 None	不开裂 Non-cracking	0
A25	Monalisa Rosy	119.2 ± 8.3	5	242 ± 38	144 232	少 A few	很低 Very low	< 25
A26	Qx-050	179.0 ± 12.6	5	525 ± 42	469 875	少 A few	很低 Very low	< 25
A27	Samos Dark	189.8 ± 24.4	5	300 ± 32	284 700	少 A few	低 Low	< 25
A28	Daymark Cream	174.0 ± 15.6	5	310 ± 42	269 700	少 A few	低 Low	< 25
A29	Monalisa	110.2 ± 10.3	5	325 ± 27	179 075	少 A few	低 Low	< 25
A30	南农墨桂 Nannong Mogui	110.4 ± 9.2	5	392 ± 49	216 384	少 A few	低 Low	< 25
A31	Mundial Improved	150.2 ± 10.8	5	167 ± 41	125 417	少 A few	中等 Moderate	50
A32	南农金蝶 Nannong Jindie	181.2 ± 9.7	5	383 ± 26	346 998	中等 Moderate	中等 Moderate	50
A33	南农丽雪 Nannong Lixue	121.8 ± 7.8	5	425 ± 52	258 825	中等 Moderate	中等 Moderate	50
A34	南农金冠 Nannong Jinguan	155.4 ± 12.6	5	600 ± 55	466 200	中等 Moderate	中等 Moderate	50
A35	晚草莓 Wancaomei	163.6 ± 9.7	5	258 ± 38	211 044	中等 Moderate	高 High	≤ 100
A36	南农赤峰 Nannong Chifeng	123.6 ± 9.2	5	292 ± 38	180 456	中等 Moderate	高 High	> 75
A37	Q07-26-12	172.2 ± 4.3	5	308 ± 38	265 188	多 Vast	高 High	≤ 100
A38	南农玉盘 Nannong Yupan	138.4 ± 12.6	5	317 ± 26	219 364	多 Vast	高 High	≤ 100
A39	南农银山 Nannong Yinshan	91.4 ± 9.6	5	350 ± 32	159 950	多 Vast	高 High	≤ 100
A40	Q08-23-1	198.8 ± 22.7	5	483 ± 41	480 102	多 Vast	高 High	> 75
A41	Qx-052	272.8 ± 14.6	5	558 ± 74	761 112	多 Vast	高 High	> 75

注: A1 ~ A21 为单瓣平瓣型品种; A22 ~ A41 为托桂型品种。

Note: A1 - A21 are the single and flat type cultivars; A22 - A41 are the anemone type cultivars.



图 1 单瓣平瓣型品种‘Qx-097’(A~F)、“Grand White”(G~L)和托桂型品种‘南农银山’(M~R)的散粉过程

A、D、G、J、M、P: 开始散粉后 1 d; B、E、H、K、N、Q: 散粉后 7 d; C、F、I、L、O、R: 散粉后 10 d。

Fig. 1 Pollen dispersal process of single and flat type spray cut chrysanthemum cultivars ‘Qx-097’ (A - F), ‘Grand White’ (G - L) and anemone type spray cut chrysanthemum cultivars ‘Nannong Yinshan’ (M - R)

A, D, G, J, M, P: The situation at 1 d after the pollen dispersal; B, E, H, K, N, Q: The situation at 7 d after the pollen dispersal;

C, F, I, L, O, R: The situation at 10 d after the pollen dispersal.

2.2 切花小菊品种花粉量的聚类分析

分别以花药含粉量和花序含粉量为变量，将数据在 0 ~ 1 标准化，采用系统聚类方法中的平方欧式距离类平均法，用 IBM SPSS Statistics20.0 统计分析软件对 41 个供试菊花品种的花粉量计量结果进行分析（图 2）。根据图 2，A 可以看出合适的聚类数为 4，即 41 个供试品种以花药含粉量的多少可明显分成 4 个类群：I 类群包括 4 个品种，占品种总数的 9.8%，花粉量变幅为 742 ~ 1 017 粒，为花粉量多的品种；II 类群包括 18 个品种，花粉量变幅为 425 ~ 708 粒，占品种总数的 43.9%，为中等花粉量的品种；III 类群包括 18 个品种，占品种总数的 43.9%，花粉量变幅为 167 ~ 392 粒，为花粉量少的品种；IV 类群包括 1 个品种，花粉量为 0，为无粉品种（表 2）。花粉量中等及少的品种占了大多数。

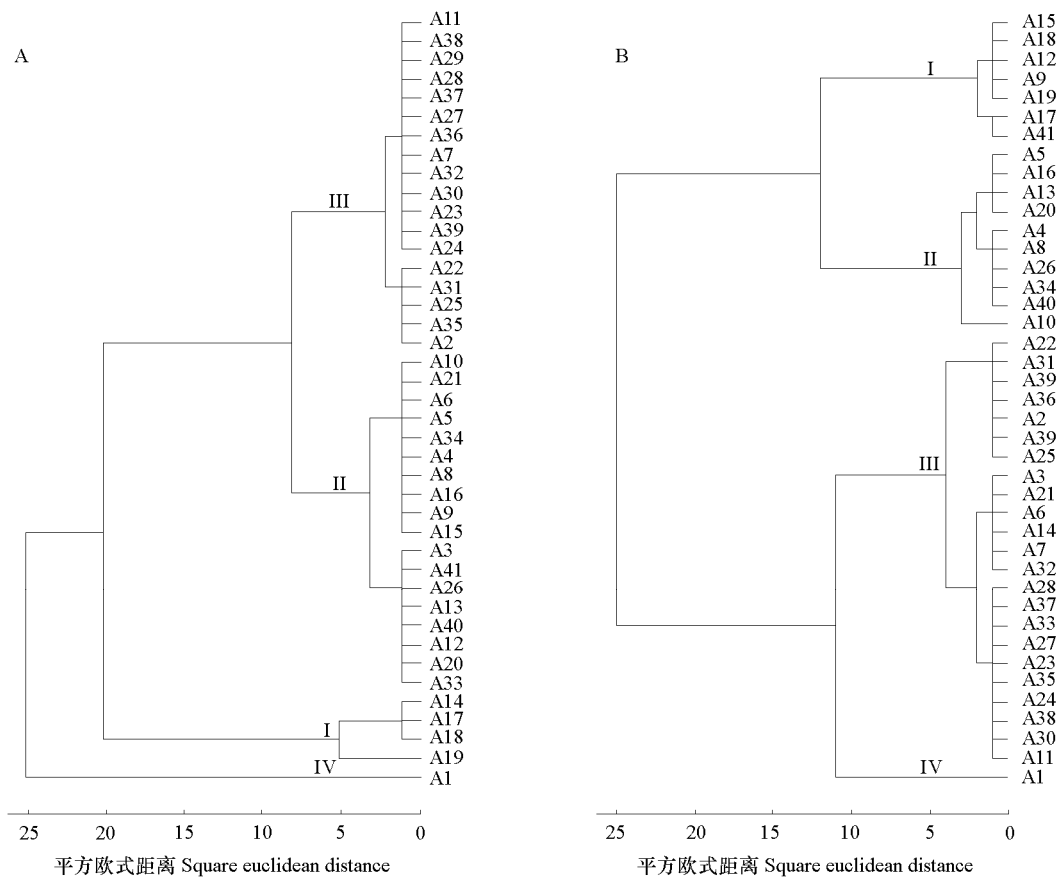


图 2 以花药含粉量 (A) 和花序含粉量 (B) 为变量的聚类谱系图

Fig. 2 Clustering dendrogram by selecting pollen quantity per anther (A) and inflorescence (B) as controlling variable

表 2 不同品种花药含粉量聚类结果

Table 2 Classification of the pollen quantity per anther of different cultivars

类群 Cluster	品种代码 Code of cultivar	品种数 Number of Clusters	平均花粉量 Average of pollen quantity	花粉量变幅 Range of pollen quantity	花粉量等级 Pollen quantity grade
I	A14、A17、A18、A19	4	850 ± 118	742 ~ 1 017	多 Vast
II	A3、A4、A5、A6、A8、A9、A10、 A12、A13、A15、A16、A20、A21、 A26、A33、A34、A40、A41	18	575 ± 86	425 ~ 708	中等 Moderate
III	A2、A7、A11、A22、A23、A24、A25、A27、 A28、A29、A30、A31、A32、A35、 A36、A37、A38、A39	18	303 ± 69	167 ~ 392	少 A few
IV	A1	1	0	0	无 None

根据图 2, B 可以看出合适的聚类数也为 4, 即以花序含粉量的多少可以明显划分为 4 个类群: I 类群包括 7 个品种, 占品种总数的 17.1%, 为花粉量多的品种; II 类群包括 10 个品种, 占品种总数的 24.4%, 为花粉量中等的品种; III 类群包括 23 个品种, 占品种总数的 56.1%, 为花粉量少的品种; IV 类群包括 1 个品种, 为无花粉的品种 (表 3)。以花序的含粉量分类, 花粉量中等及少的品种也占了总品种数的大多数。

表 3 不同品种花序含粉量聚类结果
Table 3 Classification of the pollen quantity per inflorescence of different cultivars

类群 Cluster	品种代码 Code of cultivar	品种数 Number of clusters	平均花粉量 Average of pollen quantity	花粉量变幅 Range of pollen quantity	花粉量等级 Pollen quantity grade
I	A9、A12、A15、A17、A18、A19、A41	7	715 751 ± 53 048	655 999 ~ 807 840	多 Vast
II	A4、A5、A8、A10、A13、A16、A20、A26、 A34、A40	10	473 328 ± 56 001	394 338 ~ 578 022	中等 Moderate
III	A2、A3、A6、A7、A11、A14、A21、A22、A23、 A24、A25、A27、A28、A29、A30、A31、A32、 A33、A35、A36、A37、A38、A39	23	234 696 ± 71 221	110 721 ~ 355 807	少 A few
IV	A1	1	0	0	无 None

3 讨论

由于生产及育种的需要, 培育品质好、观赏价值高的切花小菊新品种已迫在眉睫, 菊花为异花授粉植物, 而杂交育种是花卉育种的常规途径, 也是目前国内外应用最多、最广泛和最有效的育种方法之一 (李辛雷和陈发棣, 2004; 孙春青等, 2009, 2010; Sun et al., 2010, 2011), 因此, 了解切花小菊品种的花粉量和散粉特性就显得非常重要。表观花粉量与花药数量、花药含粉量、花序含粉量及花药壁开裂速度及程度关系密切 (孟金陵, 1995; 胡适宜, 2005; Cecchetti et al., 2008; Julian et al., 2011; Teng et al., 2012), 它直观的反映了一个品种采集花粉的难易程度。表观花粉量的多少因品种而异, 与品种本身的花粉量和散粉能力密切相关, 一个品种的花粉量越多, 散粉能力越强, 其表观花粉量也就越多, 花粉采集的难度也就越低。品种花粉量包括其花药含粉量以及花序含粉量, 但一般以花药含粉量作为衡量一个品种花粉量的标准, 切花小菊不同品种间的花药含粉量差异很大, 多者能够达到 1 000 粒以上, 少者为 0。这种表现与其他植物一致, 叶正文等 (2010) 等对桃 92 个品种的花粉量进行了测定, 桃不同品种的单个花药的花粉量存在明显的差异; 同样在果梅 (侍婷等, 2011)、李 (张建英等, 2006)、梨 (姜雪婷等, 2006)、枣 (刘玲等, 2006) 等植物上也有相同的报道。不同属、种、品种间的花粉量均有差异, 这除了与自身的遗传特性有关外, 还与树体营养及花芽发育状况、当年气候条件、栽培管理水平等有关 (任广兵等, 2007)。不同切花小菊品种的花序含粉量也各不相同, 相差很大, 变幅为 0 ~ 807 840 粒。

对 41 个试验菊花品种进行了系统聚类分析结果显示, 花药含粉量及花序含粉量中多的品种分别只占 9.8% 和 17%, 中等和少的品种两者占了大多数, 超过了总品种数的 80%。但总的来说, 菊花总花粉量是不少的, 41 个品种的花序平均含粉量接近 37 万粒, 除了一个品种没有观察到花粉外, 其他的 40 个品种的花序含粉量分布在 110 721 ~ 807 840 粒之间, 这是一个很大的数量, 然而在散粉时并不是所有的花粉都能够散出, 主要是因为品种间花药的开裂程度和开裂速度存在差异, 花药的开裂速度和开裂程度越高, 品种的散粉量越多, 从花药开裂程度调查结果来看, 41 个品种中有 9 个不开裂, 10 个开裂程度较低, 中等的 9 个, 高的有 13 个。菊花品种间花药开裂状况差异的具体机制现在还不清楚, 有待进一步探索。在其它植物上其影响因素主要有植物自身遗传因素 (Xie et al., 1998; Sanders et al., 2000; Ishiguro et al., 2001) 以及外部环境因素, 如高温会造成花药开裂率降

低等 (Matsui, 2000, 2001; 李文彬 等, 2005)。另外, 切花小菊品种散粉量受到花药开裂的影响, 与之呈正相关关系。

培育散粉量少甚至不散粉的切花小菊品种, 首先要保证父母本具有较好的观赏性状和抗性、以及优异性状具有互补性, 其次是考虑品种散粉量。如表观花粉量少、花药开裂速度慢和开裂程度小的品种是母本的首选, 本研究中供试品种中表观花粉量少和无的品种都是比较理想母本选择, 其中最理想的品种是花药内无花粉的 ‘Kingfisher’。选择父本性状除要与母本互补外, 还要考虑父本散粉特性和授粉所需理想花粉量, 花粉量少、花药开裂程度低的品种是比较符合育种目标的父本选择。

References

- Anderson N O. 2007. *Chrysanthemum (Dendranthema × grandiflora Tzvelv)* // Anderson N O. Flower breeding and genetics. Berlin: Springer: 389 - 437.
- Cecchetti V, Altamura M M, Falasca G, Costantino P, Cardarelli M. 2008. Auxin regulates *Arabidopsis* anther dehiscence, pollen maturation, and filament elongation. *Plant Cell*, 20: 1760 - 1774.
- Chen Jun-yu. 2001. Taxonomy of flower cultivars of China. Beijing: China Forestry Publishing House. (in Chinese)
- 陈俊瑜. 2001. 中国花卉品种分类学. 北京: 中国林业出版社.
- Chen Lin. 2005. Research and analysis of the international market of chrysanthemum. *Greenhouse Hortic*, (8): 20 - 22. (in Chinese)
- 陈林. 2005. 国际多头菊花市场调查与分析. *温室园艺*, (8): 20 - 22.
- Hu Shi-yi. 2005. Reproductive biology of angiosperms. Beijing: Higher Education Press. (in Chinese)
- 胡适宜. 2005. 被子植物生殖生物学. 北京: 高等教育出版社.
- Ishiguro S, Kawai-Oda A, Ueda J, Nishida I, Okada K. 2001. The *defective in anther dehiscence1* gene encodes a novel phospholipase A1 catalyzing the initial step of jasmonic acid biosynthesis, which synchronizes pollen maturation, anther dehiscence, and flower opening in *Arabidopsis*. *Plant Cell*, 13: 2191 - 2209.
- Julian C, Rodrigo J, Herrero. 2011. Stamen development and winter dormancy in apricot (*Prunus armeniaca*). *Annals of Botany*, 108: 617 - 625.
- Jiang Xue-ting, Du Yu-hu, Zhang Shao-ling, Wu Jun. 2006. Pollen viability of 43 pear cultivars and comparison of testing methods. *Journal of Fruit Science*, 23 (2): 178 - 181. (in Chinese)
- 姜雪婷, 杜玉虎, 张绍铃, 吴俊. 2006. 梨 43 个品种花粉生活力及 4 种测定方法的比较. *果树学报*, 23 (2): 178 - 181.
- 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.
- Li Xin-lei, Chen Fa-di. 2004. Advances of genetic improvement and germplasm resources for chrysanthemum. *Chinese Bulletin of Botany*, 21 (4): 392 - 401. (in Chinese)
- 李辛雷, 陈发棣. 2004. 菊花种质资源与遗传改良研究进展. *植物学通报*, 21 (4): 392 - 401.
- Li Wen-bin, Wang He, Zhang Fu-suo. 2005. Effects of silicon on anther dehiscence and pollen shedding in rice under high temperature stress. *Acta Agronomica Sinica*, 31 (1): 134 - 136. (in Chinese)
- 李文彬, 王贺, 张福锁. 2005. 高温胁迫条件下硅对水稻花药开裂及授粉量的影响. *作物学报*, 31 (1): 134 - 136.
- Liu Ling, Wang Jiu-ru, Liu Meng-jun, Zhou Jun-yi. 2006. Pollen number and its germination rate of different Chinese jujube cultivars. *Journal of Plant Genetic Resources*, 7 (3): 338 - 341. (in Chinese)
- 刘玲, 王玖瑞, 刘孟军, 周俊义. 2006. 枣不同品种花粉量和花粉萌发率的研究. *植物遗传资源学报*, 7 (3): 338 - 341.
- Matsui T, Omasa K, Horie T. 2000. High temperature at flowering inhibits swelling of pollen grains, a driving force of thecae dehiscence in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Prod Science*, 3 (4): 430 - 434.
- Matsui T, Omasa K, Horie T. 2001. The difference in sterility due to high temperature during the flowering period among Japonica rice varieties. *Plant Prod Science*, 4 (2): 90 - 93.
- Meng Jin-ling. 1995. *Plant reproductive genetics*. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- 孟金陵. 1995. 植物生殖遗传学. 北京: 科学出版社.

- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. 2008. Statistical data of flower industry in China in 2007. *China Flowers & Horticulture*, (19): 12 - 13. (in Chinese)
农业部. 2008. 2007 年全国花卉业统计数据. *中国花卉园艺*, (19): 12 - 13.
- Ren Guang-bing, Fang Wei-min, Jia Si-zhen, Chen Fa-di. 2007. Investigation on pollen grain quantity and pollen *in vitro* germination characteristics in *Prunus mume*. *Acta Agriculturae Shanghai*, 23 (4): 42 - 46. (in Chinese)
任广兵, 房伟民, 贾思振, 陈发棣. 2007. 梅花花粉量及离体萌发特性研究. *上海农业学报*, 23 (4): 42 - 46.
- Sanders P M, Lee P Y, Biesgen C, James D. Boone, Beals T P, Weiler E W, Goldberg R B. 2000. The *Arabidopsis* delayed dehiscence1 gene encodes an enzyme in the jasmonic acid synthesis pathway. *Plant Cell*, 12: 1041 - 1061.
- Shen Gen-hua, Wang Xiao-qing, Luo Jun, Zhang Shao-ling, Qian Pei-hua, Jin Feng-lei. 2008. Effects of greenhouse culture on pear pollen quantity per anther and pollen viability. *Acta Agriculturae Shanghai*, 24 (3): 54 - 57. (in Chinese)
沈根华, 王晓庆, 骆 军, 张绍铃, 钱培华, 金凤雷. 2008. 大棚栽培对梨花粉量及花粉生活力的影响. *上海农业学报*, 24 (3): 54 - 57.
- Shi Ting, Gao Zhi-hong, Zhang Zhen, Zhuang Wei-bing. 2011. Comparison of biological traits of flowers and the rate of pollen germination among 47 *Prunus mume* cultivars. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27 (4): 227 - 232. (in Chinese)
侍 婷, 高志红, 章 镇, 庄维兵. 2011. 47 个果梅品种开花生物学特性和花粉萌发率比较. *中国农学通报*, 27 (4): 227 - 232.
- Sun Chun-qing, Chen Fa-di, Fang Wei-min, Liu Zhao-lei, Teng Nian-jun. 2010. Advances in research on distant hybridization of *Chrysanthemum*. *Scientia Agricultura Sinica*, 43 (12): 2508 - 2517. (in Chinese)
孙春青, 陈发棣, 房伟民, 刘兆磊, 滕年军. 2010. 菊花远缘杂交研究进展. *中国农业科学*, 43 (12): 2508 - 2517.
- Sun Chun-qing, Chen Fa-di, Fang Wei-min, Liu Zhao-lei, Hou Xi-lin, Teng Nian-jun. 2009. Investigation on the factors leading to infertility in the cross between *Dendranthema lavandulifolium* and *D. grandiflorum* 'Jinlinghuangyu'. *Acta Horticulturae Sinica*, 36 (9): 1333 - 1338. (in Chinese)
孙春青, 陈发棣, 房伟民, 刘兆磊, 侯喜林, 滕年军. 2009. 甘菊与栽培菊 '金陵黄玉' 种间杂交失败原因. *园艺学报*, 36 (9): 1333 - 1338.
- Sun Chun-qing, Chen Fa-di, Teng Nian-jun, Liu Zhao-lei, Fang Wei-min, Hou Xi-lin. 2010. Factors affecting seed set in the crosses between *Dendranthema grandiflorum* and its wild species. *Euphytica*, 171: 181 - 192.
- Sun Chun-qing, Huang Zhi-zhe, Wang Yan-li, Chen Fa-di, Teng Nian-jun, Fang Wei-min, Liu Zhao-lei. 2011. Overcoming pre-fertilization barriers in the wide cross of chrysanthemum by using special pollination. *Euphytica* 178: 195 - 202.
- Tang Fang-ping, Chen Su-mei, Chen Fa-di, Fang Wei-min. 2011. Distant hybridization between chrysanthemum and the intergeneric hybrids of *Dendranthema* and allied genera. *Acta Horticulturae Sinica*, 38 (1): 101 - 107. (in Chinese)
汤访评, 陈素梅, 陈发棣, 房伟民. 2011. 栽培菊与菊属—近缘属杂种远缘杂交的研究. *园艺学报*, 38 (1): 101 - 107.
- Teng Nian-jun, Wang Yan-li, Sun Chun-qing, Fang Wei-ming, Chen Fa-di. 2012. Factors influencing fecundity in experimental crosses of water lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) cultivars. *BMC Plant Biology*, 12: 82.
- Xie D X, Feys B F, James S, Nieto-Rostro M, Turner J G. 1998. COI1: An *Arabidopsis* gene required for jasmonate-regulated defense and fertility. *Science*, 280: 1091 - 1094.
- Ye Zheng-wen, Du Ji-hong, Su Ming-shen, Li Liu-lin, Zhang Shao-ling. 2010. Cluster analysis for the quantity and germinating characteristics of the pollens from 92 peach cultivars. *Acta Horticulturae Sinica*, 37 (4): 525 - 531. (in Chinese)
叶正文, 杜纪红, 苏明申, 李六林, 张绍铃. 2010. 桃 92 个品种的花粉量及其萌发特性的差异. *园艺学报*, 37 (4): 525 - 531.
- Zhang Jian-ying, Zhu Ya-wei, Chen Yun-di. 2006. Determination of the pollen number and pollen germination rate of plum cultivars. *The Journal of Hebei Forestry Science and Technology*, (1): 9, 14. (in Chinese)
张建英, 朱亚伟, 陈运娣. 2006. 李品种花粉量及花粉发芽率的测定. *河北林业科技*, (1): 9, 14.