

研究报告

Research Report

基于表型性状的切花多头菊种质资源表型多样性研究

郭方其^{1*} 吕萍^{2*} 吴超^{1**} 彭娟¹ 秦德辉¹ 黎侠¹ 丁晓瑜¹

1 浙江省农业科学院园艺研究所, 杭州, 310021; 2 杭州市临安区农林技术推广中心, 临安, 311300

* 共同贡献作者

** 通信作者, semporna@126.com

摘要 为了了解引进多头菊品种资源在浙江的适应性以及品种资源的开发利用, 以引种的 56 份多头菊资源为研究对象, 对其 28 个表型性状进行了综合多样性分析。结果表明, 多头菊品种的表型性状存在丰富的变异, 其中 13 个数量性状的遗传多样性指数变化范围为 1.53~2.251, 其中叶宽(2.251)、舌瓣宽度(2.184)和分枝数(2.062)遗传多样性指数较高, 舌瓣数(1.53)遗传多样性指数最低; 15 个质量性状中, 舌状小花花色(2.004)、舌状小花花瓣最宽处横切面形状(1.629)和花心颜色(1.457)遗传多样性指数较高, 花序一级侧枝与茎的夹角(0.428)和茎颜色(0.52)遗传多样性指数最低。数量性状的变异系数范围为 17.85~93.61%。相关性分析表明, 性状间大部分呈现显著性相关, 其中极显著正相关占大部分比例。聚类分析表明, 供试的 56 份多头菊资源可被分成 4 个组群: 第一组为重瓣多头菊品种群; 第二组为重瓣绿菊品种群; 第三组为非重瓣多头菊品种群; 第四组为大花型多头菊品种群。主成分分析表明, 前 9 个主成分的特征值均大于 1, 累计贡献率为 75.55%。

关键词 多头菊资源, 聚类分析, 遗传多样性, 表型性状

Genetic Diversity of Cutting Flower Chrysanthemum Germplasm Resources Based on Morphological Traits

Guo Fangqi^{1*} Lv Ping^{2*} Wu Chao^{1**} Peng Juan¹ Qin Dehui¹ Li Xia¹ Ding Xiaoyu¹

1 Institute of Horticulture, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, 310021; 2 Hangzhou Lin'an Agroforestry Technology Extension Center, Lin'an, 311300

* These authors contributed equally to this work

** Corresponding author, semporna@126.com

DOI: 10.5376/mpb.cn.2020.18.0028

Abstract In order to understand the adaptability of introduced resources of chrysanthemum in Zhejiang and the development and utilization of resources, the resource diversity of 28 Phenotypic traits of 56 introduced resources of chrysanthemum was analyzed. The results showed that the genetic diversity of phenotypic traits was rich in these chrysanthemum germplasms. The variation range of the genetic diversity index of 13 quantitative characters is 1.53-2.251, among which the leaf width (2.251), ligule petals width (2.184) and number of Pedicelr (2.062) are higher, and number of ligule petals (1.53) is the lowest; among the 15 quality characters, the Pedicelr flower color (2.004). Among the 15 quality traits, The ligulate petal colour (2.004), the cross section shape of the widest part of ligulate petal (1.629) and the flower core color (1.457) were higher in the genetic diversity index, and the angle between primary lateral branch and stem (0.428) and stem color (0.52) were the lowest in the genetic diversity index. The

本文首次发表在《分子植物育种》上, 现依据版权所有人授权的许可协议, 采用 Creative Commons Attribution License, 协议对其进行授权, 再次发表与传播

收稿日期: 2020 年 8 月 23 日; 接受日期: 2020 年 8 月 25 日; 发表日期: 2020 年 8 月 25 日

引用格式: 郭方其, 吕萍, 吴超, 彭娟, 秦德辉, 黎侠, 丁晓瑜, 2020, 基于表型性状的切花多头菊种质资源表型多样性研究, 分子植物育种(网络版), 18(28): 1-10 (doi: 10.5376/mpb.cn.2020.18.0028) (Guo F.Q., Lv P., Wu C., Peng J., Qin D.H., and Li X.Y., Ding Xiaoyu, 2020, Genetic diversity of cutting flower chrysanthemum germplasm resources based on morphological traits, Fenzi Zhiwu Yuzhong (Molecular Plant Breeding (online)), 18(28): 1-10 (doi: 10.5376/mpb.cn.2020.18.0028))

variation coefficient of quantitative characters ranged from 17.85% to 93.61%. The correlation analysis showed that most of the characters showed significant correlation, among which the extremely significant positive correlation accounted for the majority. Cluster analysis showed that the resources of 56 varieties of chrysanthemum could be divided into four groups: the first group was the double petal chrysanthemum cultivar group, the second group was the double green chrysanthemum cultivar group, the third group was the non double petal chrysanthemum cultivar group, and the fourth group was the large flower type Chrysanthemum variety group. Principal component analysis showed that the characteristic values of the first nine principal components were all greater than 1, and the cumulative contribution rate was 75.55%.

Keywords chrysanthemum, Cluster analysis, Genetic diversity, Phenotypic traits

菊花(*Chrysanthemum morifolium*.)是世界重要的切花品种之一,随着近些年切花多头菊的品种和花色的日益丰富,且低廉的价格及易栽培的优点,让其在切花市场中已具有极高的市场价值,但多头菊在我国育种历史较短相关研究背景相较薄弱,其是存在高度杂合的异源多倍体植物,遗传背景复杂,种质资源研究工作难度较大,因此通过分析积累丰富多头菊种质资源并进行系统分对我国菊花育种极为重要。

通过对多头菊不同表型性状间的相互关系及遗传多样性的分析,提高了多头菊育种的选择效率并能缩短育种时间。大中型菊花种质资源多样性的研究报道较多,如张玉鸽等(2018, 中国观赏园艺研究进展, 42-50)对 343 份大菊育种材料的不同开花期进行了鉴定分析,对花期相关 10 个性状进行了 3 年的观测,准确定义了大菊开花阶段并对开花期参数进行了研究,根据不同时期划分定义不同品种群,确定无前期处理的大菊品种最佳观赏期 11 月下旬至 12 月上中旬。雒新艳等(2016)进行了中国传统大菊品种数量性状变异及其概率分级测定,本研究观测了 400 个中国传统大菊品种的 18 个数量性状,发现花部性状具有丰富的遗传变异,并获得了数量性状新的分级标准。洪艳等(2012)选用 811 个菊花品种为试验材料,发现 ISCC-NBS 色名表示法对花色的定义更为准确,使用该方法能将菊花品种花色分为 9 类色系,不同色系表型参数分布范围也被准确划分。张亚琼和戴思兰(2011, 中国观赏园艺研究进展, pp.591-596)实验材料为 27 个中国传统菊花品种,考查了不同品种在同一栽植期的 10 个主要观赏性状,结果表明差异较大的性状为株高、节间长、叶片数、花梗长、头状花序高度,对中国传统菊花品种的观赏价值影响较大,可以作为品种鉴定和分类的依据。头状花序高度和叶片长度是比较稳定的性状。张飞等(2009)以 1917 份中国菊花品种以及从中确定的 413 份初选核心种质为试材,比较了两者表型性状差异,检测了初

选核心种质对总体品种资源的代表性,结果表明描述性数据是与总体资源基本一致,质量性状、数量性状和标准差的平均数和符合度均在 95%以上,且表现出不显著的遗传多样性指数。

表型性状的多样性研究在多个物种均有应用,在菊芋(赵孟良等, 2020)、花生(孙东雷等, 2018)、芝麻(吕伟等, 2020)、睡莲(苏群等, 2019)、大蒜(都真真等, 2019)、番茄(芮文婧等, 2019)、陆地棉(李慧琴等, 2019)、薏苡(李祥栋等, 2019)、枣(陈武等, 2017)、板栗(李颖等, 2018; 2019)和杏(刘硕等, 2019)等许多种作物中均有研究报道。

本研究中主要对收集保存的 56 份切花多头菊种质进行表型遗传多样性研究,基于表型性状对资源进行表型统计分析,了解引进多头菊种质资源的遗传多样性、表型变异的丰富程度及不同种质间的遗传关系,相关结果将丰富切花多头菊品种资源表型数据库信息,为切花菊种质资源的利用及品种选育等提供重要参考。

1 结果与分析

1.1 种质资源表型性状的多样性分析

1.1.1 多头菊的相关质量性状分析

多头菊种质资源分析结果可见表 1,表明通过 15 个质量性状测试在供试的 56 份样本中共检测到 74 个变异类型,平均每个性状的变异类型为 5.6 个,但各个性状呈现的变异类型频率分布不相同。Shannon-Wiener 多样性指数(H')变化范围为 0.428~1.629。

舌状小花花瓣最宽处横切面形状的 H' 最高,达到 1.629,其中强势性状的分布频率达到 28.6%;茎颜色以绿色为主,其分布频率为 78.57%,其余均为绿棕色或绿紫色。花序一级侧枝与茎的夹角 H' 最低,为 0.428,大多数品种为紧凑直立株型,其分布频率高达 87.5%。托叶大小的 H' 为 0.844,无或极小的表现型较多,分布频率为 57.14%。叶柄姿态的 H' 为 0.652,

表 1 质量性状分类及资源分布

Table 1 Grades and distribution of quality traits

性状	性状描述级别及分布频率%	遗传多样性指数
Trait	Character description level and distribution frequency %	H'
茎颜色	绿色=78.57, 绿棕色或绿紫色=21.43, 棕色=0, 紫色=0	0.52
Stem color	Green=78.57, Green brown or Green purple=21.43, Brown=0, Purple=0	
托叶大小	无或极小=57.14, 小=37.5, 中=5.36, 大=0	0.844
Stipule size	No or minimum=57.14, minimum=37.5, Middle=5.36, Maximum=0	
叶柄姿态	极向上=0, 向上=64.3, 平伸=35.7, 向下=0, 下垂=0	0.652
Petiole posture	Max up=0 up=64.3, Flat=35.7, Down=0, Droop=0	
叶片最低位一级裂刻深度	浅=7.1, 中=39.3, 深=53.6	0.89
Blade at the lowest level of cutting depth	Shallow=7.1, Middle=39.3, Deep=53.6	
叶片基部形状	锐角=33.9, 钝角=33.9, 圆角=8.9, 平截=23.2, 心形=0, 不对称=0	1.351
Bottom shape of leaf	Acute angle =33.9, Obtuse angle =33.9, Perigon angle =23.2, Heart-shaped=0, Asymmetry=0	
叶片先端形状	锐尖=76.8, 尖=14.3, 圆钝=8.9	0.697
Leaf tip shape	Sharp=76.8 Acute=14.3, Obtuse=8.9	
叶片边缘锯齿深度	浅=28.6, 中=26.8, 深=44.7	1.146
Blade edge serrated depth	Shallow=28.6, Middle=26.8, Deep=44.7	
花心颜色(花药开裂前)	白=3.6, 绿=25, 黄绿=42.9, 淡黄=0, 黄=8.9, 红棕=16.1, 棕=3.6	1.457
Flower core color	White=3.6, Green=25, Yellow green=42.9, Light yellow=0, Yellow=8.9, Red brown=16.1, Brown=3.6	
花心类型	非托桂型=30.4, 托桂型=14.3, 重瓣型=55.4	0.967
Inflorescence type	Non anemone=30.4, Anemone type=14.3, Double type=55.4	
花序一级侧枝与茎的夹角	小=87.5, 中=10.7, 大=1.8	0.428
Angle between primary lateral branch and stem	Small=87.5, Middle=10.7, Large=1.8	
舌状小花主要类型	平瓣=53.6, 内曲=28.6, 匙瓣=14.3, 管瓣=1.8, 漏斗状=1.8	1.114
Main types of ligulate floret	Flat=53.6, Incurvation=28.6, Spoon petals=14.3, Tubiform petals=1.8, Funnel shaped=1.8	
舌状小花花瓣最宽处横切面形状	强凹陷=5.4, 凹陷=28.6, 略凹=17.9, 平=4, 略凸=28.6, 凸=7.1, 强凸=12.5	1.629
Cross section shape of the widest part of ligulate petal	Strong sag=5.4, Riding=28.6, Slightly concave=17.9, Flat=4, Slightly convex=28.6, Bulge=7.1, Strong bulge=12.5	
舌状小花边缘卷曲	强烈内卷=1.8, 中内卷=1.8 弱内卷=7.1 不卷=48.2 弱外卷=33.9 中外卷=7.1 强外卷=0	1.239
Edge curling of ligulate petal	Strong involute=1.8 middle involute=1.8 Slightly involute=7.1 flat=48.2 slightly revolute=33.9 middle revolute=7.1 strong revolute=0	
舌状小花顶端形状	尖=28.6 圆=0 平截=1.8 微凹=42.9 齿状=12.5 乳突状=12.5	1.385
Tip shape of the ligulate petal	流苏状=0 条裂状=1.8 Sharp =28.6 circle =0 flat =1.8 slighntly concave =42.9 dentation =12.5 Mastoid shape=12.5 Tassel shape=0 crack shape=1.8	
舌状小花颜色	白=16.07 粉白=7.14 粉=28.57 红=7.14 紫红=5.36 浅紫=3.57 紫=1.79 深紫=3.57 黄=12.5 橙=3.57 黄红=3.57 橙红=3.57 绿=3.57	2.004
The ligulate petal colour	White=16.07, Pink white=7.14, Pink=28.57, Red=7.14, Purple red=5.36, Light purple=3.57, Purple=1.79, Purple dark =3.57, Yellow=12.5, Orange=3.57, Yellow red=3.57, Orange red=3.57, Green=3.57	

主要为向上姿态,分布频率高达 63.4%。叶片最低位一级裂刻深度主要以深裂刻为主,占供试材料的 53.6%。叶片基部形状以锐角和钝角为主,均占供试材料的 33.9%。叶片先端形状以尖锐形为主,占供试

材料的 76.8%。叶片边缘锯齿深度的 H' 为 1.146, 主要以深锯齿类型为主, 分布频率达到 44.7%。花心颜色的 H' 为 1.457, 42.7% 的供试材料表现出黄绿色花心。花心类型的 H' 为 0.967, 调查种质材料以重瓣为主, 占总共调查种质材料的 55.4%。舌状小花主要类型以平瓣为主, 占 53.6%。舌状小花边缘卷曲以不卷和弱外卷为主, 占 48.2 和 33.9%。舌状小花顶端形状以微凹为主, 占总调查材料的 42.9%。

1.1.2 多头菊数量性状分析

56 份多头菊种质资源数量性状的变异系数在 17.85%~93.61% 之间, 遗传多样性指数(H') 在 1.53~2.251, 表型多样性丰富(表 2)。

花朵花瓣数, 花瓣舌瓣长, 花瓣舌瓣宽, 花瓣管瓣长和管瓣宽都是多头菊花朵外观的主要指标, 其中舌瓣宽和管瓣宽大小的变异系数最大, 均为 93% 左右。

在植株外观性状中, 株高、叶数、分枝长和分枝

数中, 株高的变异系数最小, 为 17.85%, 但 H' 大于均值为 2.021。

切花菊器官外观指标中, 花数、花直径、叶长和叶宽等指标的变异系数比植株外观性状小一些, 但遗传多样性指数较高, 叶宽的 H' 为最高 2.251。

1.2 多头菊种质资源数量性状相关性分析

对 13 个数量性状进行相关性分析(图 1), 结果(表 3)表明, 叶片长度和叶片宽度与花朵直径、舌瓣长、舌瓣宽、株高和分枝长均极显著正相关, 与管瓣长显著正相关, 与叶数、分枝数和花数呈极显著负相关。株高与其它性状均呈极显著正相关, 只有与分枝数和花数呈极显著负相关。舌瓣长宽与叶长宽、花直径、管瓣长宽、株高和分枝长极显著正相关, 而分枝数和花数极显著负相关。分枝数与大部分性状呈显著负相关, 而花数也同样。

表 2 多头菊种质资源数量性状遗传多样性分析

Table 2 Analysis of genetic diversity of quantitative traits of chrysanthemum germplasm

性状 Trait	最大值 Max	最小值 Min	标准差 SD	平均值 Mean	变异系数(%) CV(%)	遗传多样性指数 H'
株高(cm) Plant height (cm)	110	40	13.15	73.69	17.85	2.021
叶数 Number of blade	46	13	6.36	27.88	22.80	2.024
分枝长度(cm) Pedicel length (cm)	48	9	7.08	29.95	23.63	1.909
分枝数 Number of Pedicel	15	4	1.97	8.51	23.14	2.062
花数 Number of inflorescence	59	5	7.50	17.49	42.90	1.597
叶长(cm) Leaf length (cm)	18.26	1.03	2.44	11.84	20.62	1.754
叶宽(cm) Leaf width (cm)	10.42	3.02	1.45	6.51	22.32	2.251
花直径 Flower diameter	12.45	2.31	2.17	5.50	39.51	1.952
舌瓣数 Number of ligule petals	672	11	129.10	172.12	75.01	1.53
舌瓣长(cm) ligule petals length (cm)	9.32	0.17	1.25	2.62	47.59	1.635
舌瓣宽(cm) ligule petals width (cm)	9.20	0.26	1.00	1.07	93.61	2.184
管瓣长(cm) Tubiform floret disc length (cm)	5.40	0.30	0.88	1.27	69.19	1.662
管瓣宽(cm) Tubiform floret disc width (cm)	1.26	0.02	0.37	0.39	93.39	1.542

表3 多头种质的性状相关性分析

Table 3 Correlation analysis of 28 quantitative traits of 56 chrysanthemum germplasm accessions

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	0.845 **	0.518 **	0.468 **	0.167 **	0.1 *	-0.027	0.407 **	-0.266 **	0.286 **	-0.167 **	-0.293 **
2	0.845 **	1	0.508 **	0.446 **	0.155 **	0.063	-0.033	0.415 **	-0.203 **	0.178 **	-0.244 **	-0.327 **
3	0.518 **	0.508 **	1	0.909 **	0.217 **	0.271 **	0.104 *	0.543 **	0.019	0.242 **	-0.267 **	-0.435 **
4	0.468 **	0.446 **	0.909 **	1	0.043	0.283 **	0.119 **	0.502 **	0.026	0.19 **	-0.257 **	-0.371 **
5	0.167 **	0.155 **	0.217 **	0.043	1	0.209 **	0.222 **	0.169 **	0.08	0.095 *	-0.12 **	-0.218 **
6	0.1 *	0.063	0.271 **	0.283 **	0.209 **	1	0.894 **	0.272 **	0.261 **	0.173 **	-0.114 **	-0.078
7	-0.027	-0.033	0.104 *	0.119 **	0.222 **	0.894 **	1	0.231 **	0.341 **	0.142 **	-0.133 **	0.016
8	0.407 **	0.415 **	0.543 **	0.502 **	0.169 **	0.272 **	0.231 **	1	0.167 **	0.392 **	-0.322 **	-0.191 **
9	-0.266 **	-0.203 **	0.019	0.026	0.08	0.261 **	0.341 **	0.167 **	1	0.014	-0.182 **	0.008
10	0.286 **	0.178 *	0.242 **	0.19 **	0.095 *	0.173 **	0.142 **	0.392 **	0.014	1	-0.105 *	-0.241 **
11	-0.167 **	-0.244 **	-0.267 **	-0.257 **	-0.12 **	-0.114 **	-0.133 **	-0.322 **	-0.182 **	-0.105 *	1	0.41 **
12	-0.293 **	-0.327 **	-0.435 **	-0.371 **	-0.218 **	-0.078	0.016	-0.191 **	0.008	-0.241 **	0.41 **	1

注: * 表示 0.05 显著水平, ** 表示 0.01 显著水平; 1: 叶长; 2: 叶宽; 3: 花直径; 4: 舌瓣长; 5: 舌瓣宽; 6: 管瓣长; 7: 管瓣宽; 8: 株高; 9: 叶数; 10: 分枝长; 11: 分枝数; 12: 花数。

Note: * Means significance at the level of 0.05, ** Means significance at the level of 0.01; 1: Leaf length; 2: Leaf width; 3: Flower diameter; 4: Ligule petals length; 5: Ligule petals width; 6: Tubiform floret disc length; 7: Tubiform floret disc width; 8: Plant height; 9: Number of blade; 10: Pedicel length; 11: Number of Pedicel; 12: Number of inflorescence

1.3 多头菊种质资源的聚类分析

基于表型性状对多头菊 56 份种质资源进行聚类分析,在遗传距离为 20 处聚为 4 大簇群,不同簇间多头菊种质间具有一定差异(图 2)。

第 1 簇群包括 22 份大部分为重瓣多头菊种质资源,其主要特征是基本叶片先端状态为锐尖型,叶

片的刻度多为深刻型,株型很直立,花朵数基本为较多,叶片长,舌瓣颜色较丰富,大部分为馒头型花型,叶片着生状态为向上平伸。其中株型是衡量多头菊抗病性的主要指标之一,是一类用于多头菊的抗病品种改良和选育新品种资源。

第 2 簇群包含 2 份材料,都是绿菊品种,其主要特征是都是绿色重瓣品种,花朵大小适中,花数数量适中,叶片大小一致,均为馒头型花型,叶片叶刻深,病虫害抗性强,但品种温度敏感度大,高温畸形花率高,可用于选育低温类切花多头菊种质资源。

第 3 簇群包含 30 份材料,主要为非重瓣品种,其主要特征是相比较其他类群的多头菊舌瓣比较长,花朵直径较大、相应花数及分枝数低,叶片宽度偏大,是托桂和非托桂类型品种的集合,品种相比较重瓣品种中花粉品种多一些,所以该种质资源可用于更适合做为杂交育种的父本耐储用的品种。

第 4 簇群包含 2 份材料,主要是大花型,其中花瓣性状较奇特的,花瓣较长,花朵直径大,株高高利于切花使用,叶片狭长,花数密度低,整体株型直立,生长势强,该类多头菊可用于选育品质好,外形新颖的母本品种所用。

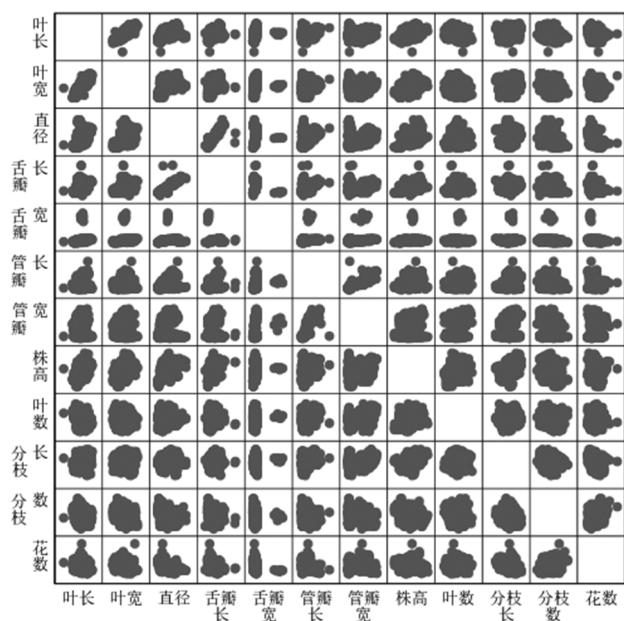


图 1 56 份菊花品种相关性分析图

Figure 1 Correlation analysis based on 56 cutting chrysanthemum cultivars

1.4 多头菊种质资源表型性状的主成分分析

本实验对 56 份多头菊种质资源进行主成分分析,分析结果表明各表型性状在多头菊多样性构成

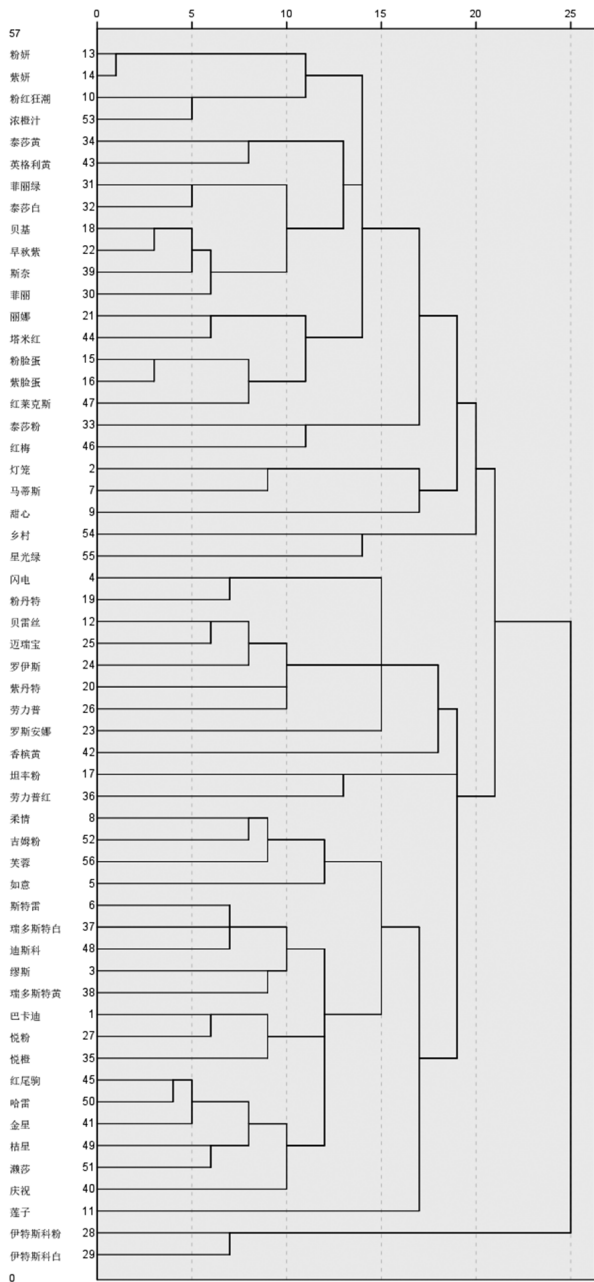


图 2 56 份菊花品种 Q 型聚类分析
Figure 2 Q cluster dendrogram based on 56 cutting chrysanthemum cultivars

中的作用,并把 28 个表型性状降维为少数几个综合指标。在实际选择主成分的主要依据是特征值和贡献率,一般特征值大于 1 作为提取成分的标准。本实验中当累计贡献率为 75.55%时包含了 9 个成分,贡献率大于 75%表明包含了指标的大部分信息(表 4)。结果表明,第 1 主成分特征值为 5.525,贡献率为 20.46%,主要是叶片,株高,花朵直径等,其特征向量都在 0.10 以上,这类性状主要与多头菊株型的伸长性状有关。

第 2 主成分的特征值为 3.957,贡献率为 14.66%,

主要由管瓣长,管瓣宽,舌状小花最宽处切面性状,花心类型等决定,其特征向量都在 0.20 以上。

第 3 主成分的特征值为 2.292,贡献率为 8.49%,主要是叶片先端形状,叶片裂刻深度,叶片锯齿深浅,这些性状主要是多头菊叶片形状相关的主要指标。

第 4 主成分中叶片基部形状,分枝长,舌状小花类型和花心颜色具有较大特征向量,这些性状主要是多头菊各器官特征相关的主要指标。

第 5 主成分主要是叶长和叶宽,以及花色和舌状小花顶端形状,其主要特征向量均大于 0.20,这些性状与叶片大小、花朵特征相关性状。

根据贡献率特征值的大小从主成分中所选择的分枝数,叶片先端形状,花序夹角,花色,茎颜色,舌状小花边缘卷曲,舌状小花类型,叶长,叶宽,叶片数等性状是多头菊种质资源主要制约因素,可视今后多头菊种质资源评价和亲本选择的主要考量指标。

2 讨论

菊花作为我国传统名花,已经具有悠久的栽培历史,但我国多以盆栽和地被等方式进行培育,随着国外种植面积限制和日本人口老龄化的问题日益明显,作为世界名花的菊花生产即将是我国重要的出口创汇的一个新的契机,通过利用大量菊花种质资源,筛选适合我国种植并适宜出口的新品种,是培育菊花优良品种,增强我国菊花品牌知名度并提升国际竞争力的方法。本研究收集的多头菊品种多来自荷兰,进行了多个表型性状的遗传多样性分析,与我国传统菊花(大菊)资源的研究相比,该批引进资源变异系数较小,但多样性指数较高。

在本次研究中相关性分析结果显示,该批引进多头菊资源花朵直径与舌瓣长的相关系数为 0.909,管瓣长与管瓣宽相关系数为 0.894,叶片长与叶片宽存在极显著的正相关关系,相关系数为 0.845,这表明花朵和叶片的性状是衡量多头菊性状的重要指标。

通过本次筛选品种的聚类分析和主成分分析,发现多头菊资源可以通过性状的多样性清晰的划分几大居群,每类居群均具有明显的特征,类群 1 为重瓣多头菊品种类群,在种植过程中,该类品种稳定性好。类群 2 为重瓣绿菊品种群。类群 3 为非重瓣品种群,植株高大开展,叶片长且宽,花朵直径大,此类材料相较其它品种的可育性高是重要的育种材料。而性状的表型贡献率也很高,28 个性状转化为 9 个主成分,且累积贡献率达 75.55%,每项因子均有很高的代表性,第 1 主成分为植株形态,第 2 主成分为花朵特性,第 3 主成分为叶片形状,第 4 主成分为器官

表 4 植物表型性状的主成分分析

Table 4 Principal component analysis of phenotypic characters of chrysanthemum

表型性状 Phenotypic traits	主成分 Principle component								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
叶长 Leaf length	0.129	-0.017	-0.033	0.114	0.202	0.002	0.077	-0.088	0.139
叶宽 Leaf width	0.16	-0.048	-0.083	0.003	0.103	0.067	0.11	-0.096	0.13
花直径 Flower diameter	0.252	0.016	0.087	-0.087	-0.002	-0.063	0.04	0.166	-0.166
舌瓣长 ligule petals length	0.246	0.03	0.101	-0.093	0.01	-0.056	0.032	0.177	-0.165
舌瓣宽 ligule petals width	0.167	0.053	0.013	0.003	-0.047	0.09	0.042	0.013	-0.025
管瓣长 Tubiform floret disc length	0.056	0.249	-0.007	-0.1	0.049	-0.08	0.081	0.146	0.003
管瓣宽 Tubiform floret disc width	0.001	0.242	-0.027	-0.1	-0.008	-0.05	0.045	0.107	0.069
株高 Plant height	0.124	0.023	-0.082	-0.041	-0.061	-0.139	-0.009	0.029	0.024
叶数 Number of blade	-0.018	0.01	-0.012	-0.052	-0.351	0.019	-0.066	-0.043	-0.008
分枝长度 Pedicel length	0.031	-0.026	0.026	0.27	-0.055	-0.029	0.06	-0.028	0.227
分枝数 Number of Pedicel	-0.027	0.091	0.144	-0.024	0.175	-0.017	0.222	0.356	0.009
花数 Number of inflorescence	-0.159	0.1	-0.12	-0.007	0.126	-0.164	0.007	0.252	0.121
茎颜色 Stem color	-0.083	-0.012	0.064	-0.037	0.012	0.004	-0.076	-0.025	0.699
托叶大小 Stipule size	-0.004	0.102	0.004	-0.122	0.483	-0.162	-0.066	0.007	-0.017
叶柄姿态 Petiole posture	-0.05	-0.013	0.054	-0.002	0.285	0.241	-0.118	-0.045	-0.013
叶片最低位一级裂刻深度 Blade at the lowest level of cutting depth	-0.026	0.002	0.209	0.002	-0.053	-0.313	0.163	-0.136	0.064
叶片基部形状 Bottom shape of leaf	0.092	-0.031	-0.069	-0.347	-0.123	0.248	0.286	0.057	0.158
叶片先端形状 Leaf tip shape	-0.019	0.062	-0.462	-0.033	-0.001	-0.078	0.038	-0.082	-0.241
叶片边缘锯齿深度 Blade edge serrated depth	0.052	0.034	0.399	-0.115	0.033	0.048	0.002	-0.126	-0.149
花心颜色(花药开裂前) Flower core color	-0.015	-0.046	-0.084	0.461	-0.093	0.074	0.032	0.057	-0.077
花心类型 Inflorescence type	0.03	-0.241	0.034	0.109	-0.031	0.03	-0.024	0.002	0.002
花序一级侧枝与茎的夹角 Angle between primary lateral branch and stem	0.087	-0.023	0.082	-0.082	-0.114	0.07	0.54	0.168	-0.011

表型性状 Phenotypic traits	主成分 Principle component								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
舌状小花主要类型 Main types of ligulate floret	0.038	-0.159	0.009	-0.231	-0.06	-0.169	-0.034	0.104	-0.028
舌状小花花瓣最宽处横切面形状 Cross section shape of the widest part of ligulate petal	-0.025	0.203	0.071	0.146	0.072	0.046	-0.075	-0.074	-0.177
舌状小花花瓣最宽处横切面形状 Cross section shape of the widest part of ligulate petal	-0.004	0.02	0.091	0.013	-0.106	0.449	0.003	0.073	-0.005
舌状小花顶端形状 Tip shape of the ligulate petal	-0.017	-0.072	0.128	-0.05	-0.064	0.166	-0.493	0.203	0.086
舌状小花颜色 The ligulate petal colour	-0.038	-0.003	0.047	-0.026	0.039	-0.087	0.024	-0.555	0.043
特征值 Eigenvalue	5.525	3.957	2.292	1.998	1.716	1.377	1.304	1.203	1.027
方差贡献率(%) Variance contribution rate	20.464	14.656	8.489	7.401	6.354	5.101	4.828	4.454	3.805
累计贡献率(%) Cumulative contribution rate	20.464	35.12	43.609	51.01	57.364	62.465	67.293	71.747	75.552

特征。这些数据的积累能够在育种工作中,简化育种程序,优先考虑筛选的表型性状因子。

由于我国对于切花类型的菊花育种工作接受和进行的较晚,所以多头菊品种多依赖进口种源,但我国地大物博国外种源会存在水土不服的问题,多头菊资源的地区适应性和驯化尤为突出,不同栽培环境和时期花朵情况有显著差异,其他性状如抗性等也存在差异。本试验是单一时期的引种初次观测结果进行的分析,由于种源仍然存在逐步适应性的驯化过程,性状适应性可能要通过多年多点试验才能较稳定表达,后续要进一步进行精准评价并结合分子水平进行深入研究。

3 材料与方 法

3.1 供试材料

本实验于 2019 年 3~5 月在浙江农业科学院绍兴鲜切花合作基地进行,供试品种为不同公司来源的引进切花多头菊品种共 56 个,每行 8 株,种植畦面宽 1 米,种植行数大于 100 行,按常规田间管理栽培。择晴天进行品种资源的农艺性状考察,对不同品种进行材料整理(表 5)。

3.2 性状评价标准制定

参照《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试

指南菊花》的方法结合实际情况观测自显蕾期到盛花期的每份材料的 28 个表型性状,包含 13 个数量性状和 15 个质量性状。用游标卡尺和卷尺测定数量性状,并对相关质量性状赋值(表 5)。

(1)株高、叶片数、花朵数、分枝数、分枝长度和花直径性状进行田间无损测定,每个资源随机田间调查 10 株。

(2)叶长、叶宽、舌瓣长、舌瓣宽、管瓣长、管瓣宽和舌瓣数等性状,每个品种随机抽样 30 株,筛选 10 个筛选成熟度高的正常植株进行测量。

(3)茎颜色、托叶大小、叶柄姿态、叶片裂刻深度、叶片基部形状、叶片先端形状、叶片锯齿深浅、花心颜色、花心类型、花序夹角、舌状小花类型、舌状小花最宽处切面形状、舌状小花边缘卷曲、舌状小花顶端形状和舌状小花颜色等 15 个质量性状进行描述分级。

3.3 数据标准化处理及统计分

将收集到的多头菊性状数据利用 SPSS 25.0 进行统计分析,如系统聚类,相关性分析,主成分分析等,计算 Shannon-Wiener 多样性指数(H')。应用 R 语言等软件对统计数据进行可视化呈现。

作者贡献

郭方其、吕萍是本研究的实验设计和实验研究

表 5 供试材料表

Table 5 List of materials used in the experiment

编号 Code	品种 Varieties	编号 Code	品种 Varieties	编号 Code	品种 Varieties	编号 Code	品种 Varieties
M1	巴卡迪 Bacardi	M15	粉脸蛋 Cheeks	M29	伊特斯科白 Etrusko White	M43	英格利黄 Ingley yellow
M2	灯笼 Lantern	M16	紫脸蛋 Cheeks Purpl	M30	菲丽 Ferry	M44	塔米红 Tammy Red
M3	缪斯 Muse	M17	坦率粉 Candor pink	M31	菲丽绿 Ferry Lime	M45	红尾驹 Redstart
M4	闪电 Lightning	M18	贝基 Becky	M32	泰莎白 Tessa Snow	M46	红梅 Melissa Red
M5	如意 Aru	M19	粉丹特 Dante Dark	M33	泰莎粉 Tessa Pink	M47	红莱克斯 Lexy Red
M6	斯特雷 Stray	M20	紫丹特 Dante purple	M34	泰莎黄 Tessa Yellow	M48	迪斯科 Disco club
M7	马蒂斯 Matisse	M21	丽娜 Verena Dark	M35	悦橙 Smile Salmon	M49	桔星 Florange
M8	柔情 Kindly	M22	早秋紫 Early fall dark	M36	劳力普红 Lollipop Red	M50	哈雷 Harley
M9	甜心 Sweetheart	M23	罗斯安娜 Roseanne	M37	瑞多斯特白 Radost	M51	瀚莎 Raisa
M10	粉红狂潮 Tide Pink	M24	罗伊斯 Royce	M38	瑞多斯特黄 Radost Yellow	M52	吉姆粉 Kim Pink
M11	莲子 Esther Dark	M25	迈瑞宝 Maliba	M39	奈斯 Snazzy	M53	浓橙汁 Juicy Dark
M12	贝蕾丝 Belicia	M26	劳力普 Lollipop	M40	庆祝 Celebrate	M54	乡村 Country Music
M13	粉妍 Pinky rock	M27	悦粉 Smile pink	M41	金星 Florange yellow	M55	星光绿 Lola
M14	紫妍 Pinky rock dark	M28	伊特斯科粉 Etrusko Pink	M42	香槟黄 Champange Yellow	M56	芙蓉 Lily

的执行人;吴超完成数据分析,论文初稿的写作;彭娟、秦德辉、黎侠和丁晓瑜参与实验设计,试验结果分析;吴超和郭方其是项目的构思者及负责人,指导实验设计,数据分析,论文写作与修改。全体作者都阅读并同意最终的文本。

致谢

本研究由浙江省重点研发项目(2018C02G401-0879)、浙江省农业重大技术协同推广计划项目(2018XTTGH02-1)、浙江省农业科学院地方科技合作项目(CA20170007)共同资助。

参考文献

Chen W., Kong D.C., Cui Y.H., Cao M., Pang X.M., and Li Y.Y.,

2017, Phenotypic genetic diversity of a core collection of *Ziziphus jujuba* and correlation analysis of dehiscent characters, *Beijing Linye Daxue Xuebao (Journal of Beijing Forestry University)*, 39(6): 78-84 (陈武, 孔德仓, 崔艳红, 曹明, 庞晓明, 李颖岳, 2017, 枣核心种质表型性状多样性及裂果相关性, *北京林业大学学报*, 39(6): 78-84)

Du Z.Z., Li X.X., Song J.P., Wu Y.H., Zhao Q., Xu T. Zhang X. H., Barbara H., Hu J.G., and Wang H.P., 2019, Phenotypic diversity and adaptability analysis of 228 accessions of introduced garlic genetic resources, *Zhiwu Yichuan Zhiyuan Xuebao (Journal of Plant Genetic Resources)*, 20 (5): 1186-1196 (都真真, 李锡香, 宋江萍, 武亚红, 赵青, 徐婷, 王海平, 张晓辉, Barbara Hellier, Jinguo Hu, 王海平, 2019, 228 份引进大蒜资源的表型多样性分析及适应性初步评价, *植物遗传资源学报*, 20(5): 1186-1196)

Hong Y., Bai X.X., Sun W., Jia F.W., and Dai S.L., 2012, The

- numerical classification of chrysanthemum flower color phenotype, *Yuanyi Xuebao (Acta Horticulturae Sinica)*, 39(7): 1330-1340 (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)
- Li H.Q., Yu Y., Wang P., Liu J., Hu W., Lu L.L., and Qin W.Q., 2019, Genetic diversity analysis of the main agronomic and fiber quality characteristics in 270 Upland Cotton Germplasm Resources, *Zhiwu Yichuan Zhiyuan Xuebao (Journal of Plant Genetic Resources)*, 20(4): 903-910 (李慧琴, 于娅, 王鹏, 刘记胡伟, 鲁丽丽, 秦文强, 2019, 270份陆地棉种质资源农艺性状与品质性状的遗传多样性分析, *植物遗传资源学报*, 20(4): 903-910)
- Li X.D., Pan H., Lu X.J., Wei X.Y., Lu P., Shi M., and Lian Q.X., 2019, Analysis of main phenotypic characteristics in Coix L. Germplasm resources, *Zhiwu Yichuan Zhiyuan Xuebao (Journal of Plant Genetic Resources)*, 20(1): 229-238 (李祥栋, 潘虹, 陆秀娟, 魏心元, 陆平, 石明, 练启仙, 2019, 薏苡属种质资源的主要表型性状多样性研究, *植物遗传资源学报*, 20(1): 229-238)
- Li Y., Zhang S.H., Guo Y., Zhang X.F., Yan X.G., and Wang G.P., 2018, Genetic diversity analysis of several phenotypic traits related to biennial bearing branch in Chinese Chestnut, *Yuanyi Xuebao (Acta Horticulturae Sinica)*, 46(3): 453-463 (李颖, 张树航, 郭燕, 张馨方, 闫希光, 王广鹏, 2018, 中国板栗几个结果母枝相关表型性状遗传多样性研究, *园艺学报* 46(3): 453-463)
- Liu S., Liu N., Zhang Q.P., Zhang Y.P., Zhang Y.J., Xu M., Ma X.X., and Liu W.S., 2019, Genetic diversity of the apricot germplasms from North and Northeast China, *Yuanyi Xuebao (Acta Horticulturae Sinica)*, 46(6): 1045-1056 (刘硕, 刘宁, 章秋平, 张玉萍, 张玉君, 徐铭, 马小雪, 刘威生, 2019, 中国华北和东北地区杏种质资源遗传多样性分析, *园艺学报*, 46(6): 1045-1056)
- Luo X.Y., Song X.B., and Dai S.L., 2016, Variation and probability grading of quantitative characters of traditional chrysanthemum cultivars, *Beijing Linye Daxue Xuebao (Journal of Beijing forestry university)*, 38(1): 101-111 (雒新艳, 宋雪彬, 戴思兰, 2016, 中国传统大菊品种数量性状变异及其概率分级, *北京林业大学学报*, 38(1): 101-111)
- Lv W., Han J.M., Wen F., Ren G.X., Wang R.P., and Liu W.P., 2020, Phenotypic diversity analysis of sesame germplasm resources, *Zhiwu Yichuan Zhiyuan Xuebao (Journal of Plant Genetic Resources)*, 21(1): 234-242, 251 (吕伟, 韩俊梅, 文飞, 任果香, 王若鹏, 刘文萍, 2020, 不同来源芝麻种质资源的表型多样性分析, *植物遗传资源学报*, 21(1): 234-242, 251)
- Rui W.J., Wang X.M., Zhang Q.N., Hu X.Y., Hu X.H., Fu J.J., Gao Y.M., and Li J.S., 2018, Genetic Diversity Analysis of 353 Tomato Germplasm Resources by Phenotypic Traits, *Yuanyi Xuebao (Acta Horticulturae Sinica)*, 45(3): 561-570 (芮文婧, 王晓敏, 张倩男, 胡学义, 胡新华, 付金军, 高艳明, 李建设, 2018, 番茄 353 份种质资源表型性状遗传多样性分析, *园艺学报*, 45(3): 561-570)
- Su Q., Yang Y.H., Tian M., Zhang J.Z., and Mao L.Y., 2019, Phenotypic diversity analysis and comprehensive evaluation of 49 waterlily resources, *Xibei Nongye Xuebao (Southwest China Journal of Agricultural Sciences)*, 32(11): 2670-2681 (苏群, 杨亚涵, 田敏, 张进忠, 毛立彦, 唐毓玮, 卜朝阳, 卢家仕, 2019, 49份睡莲资源表型多样性分析及综合评价, *西南农业学报*, 32(11): 2670-2681)
- Sun D.L., Bian N.F., Chen Z.D., Xing X.X., Xu Z.J., Qi Y.J., Wang X., Wang X.J., Wang W., 2018, Comprehensive evaluation and index screening of phenotypic traits in peanut germplasm resources, *Zhiwu Yichuan Zhiyuan Xuebao (Journal of Plant Genetic Resources)*, 19(5): 865-874 (孙东雷, 卞能飞, 陈志德, 邢兴华, 徐泽俊, 齐玉军, 王幸, 王晓军, 王伟, 2018, 花生种质资源表型性状的综合评价及指标筛选, *植物遗传资源学报*, 19(5): 865-874)
- Zhang F., Xie W., Chen F.D., Fang W.M., and Chen S.M., 2009, Representativeness test for candidate core collection of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*) in China, *Nanjing Nongye Daxue Xuebao (Journal of Nanjing Agricultural University)*, 32(2): 47-50 (张飞, 谢伟, 陈发棣, 房伟民, 陈素梅, 2009, 中国菊花品种初选核心种质的代表性检验, *南京农业大学学报*, 32(2): 47-50)
- Zhao M.L., Wang L.H., Ren Y.J., Sun X.M., Hou Z.Q., Yang S.P., and Li L., 2020, Genetic diversity of phenotypic traits in 257 Jerusalem artichoke accessions, *Zuowu Xuebao (Acta Agronomica Sinica)*, 1-13 (赵孟良, 王丽慧, 任延靖, 孙雪梅, 侯志强, 杨世鹏, 李莉, 钟启文, 2020, 257份菊芋种质资源表型性状的遗传多样性, *作物学报*, 1-13)