

基于花表型性状的蝴蝶兰品种资源多样性研究

陈剑锋^{1,2,3}, 钟声远^{1,2,3}, 陈宇华^{1,2,3}, 钟海丰^{1,2,3}, 张 荟^{1,2,3}, 刘中华^{1,2,3*}

1. 福建省农业科学院作物研究所, 福建福州 350013; 2. 农业农村部植物新品种测试福州分中心, 福建福州 350013; 3. 福建省植物品种测试中心, 福建福州 350013

摘要: 本研究对 135 个蝴蝶兰品种花器官的 27 个表型性状进行观测并分析, 为蝴蝶兰花种质资源的利用及新品种的定向选育提供理论依据。以收集保存于农业农村部植物新品种测试福州分中心的 135 个蝴蝶兰品种为试验材料, 对蝴蝶兰花器官的 27 个表型性状进行数据采集, 分析了花表型性状的分布频率、变异系数、辛普森 (Simpson) 指数和香农-威纳 (Shannon-Wiener) 指数, 并对数量性状进行相关性、主成分和聚类分析。结果表明, 蝴蝶兰花器官以花瓣紫罗兰色、总状花序、花瓣分开排列和无香味等类型居多, 分别占相对应描述分布频率的 31.85%、60.74%、79.26% 和 84.44%; 唇瓣中裂片长的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数最高, 分别为 0.992 和 7.047, 多样性最为丰富; 数量性状变异系数变化范围为 19.79%~52.72%, 其中花序花数量的变异系数最大, 为 52.72%; 主要数量性状之间大多呈极显著正相关; 主成分分析提取出 3 个数量性状作为蝴蝶兰花表型性状评价的代表性状, 计算得到综合分值, 排名前 3 的分别为 'JB2312'、'万花焰火' 和 '东方红'; R 型聚类分析显示, 蝴蝶兰花的 16 个数量性状可划分为 4 类, Q 型聚类分析显示, 135 个蝴蝶兰品种被划分为 5 大品种群。研究表明 135 个蝴蝶兰品种花的表型具有丰富的遗传多样性。

关键词: 蝴蝶兰; 花; 表型性状; 多样性

中图分类号: S682.31 文献标识码: A

Research on Diversity of *Phalaenopsis* Germplasm Resources Based on Flowers Phenotype Traits

CHEN Jianfeng^{1,2,3}, ZHONG Shengyuan^{1,2,3}, CHEN Yuhua^{1,2,3}, ZHONG Haifeng^{1,2,3}, ZHANG Hui^{1,2,3}, LIU Zhonghua^{1,2,3*}

1. Crop Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China; 2. Fuzhou Sub-center for New Plant Variety Tests, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Fuzhou, Fujian 350013, China; 3. Fujian Plant Variety Testing Center, Fuzhou, Fujian 350013, China

Abstract: In this study, 27 phenotypic traits of the floral organs of 135 *Phalaenopsis* varieties were observed and analyzed to provide a theoretical basis for the utilization of *Phalaenopsis* germplasm resources and the directional breeding of new varieties. 135 *Phalaenopsis* germplasm resources collected and preserved in the Fuzhou Branch of the New Plant Variety Testing Center of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs were used as the test materials to collect data on 27 phenotypic traits of *Phalaenopsis* orchid organs and analyze the flower phenotypic traits. The distribution frequency, coefficient of variation, Simpson index and Shannon-Wiener index, and correlation, principal component and cluster analysis of quantitative traits were studied. The majority of butterfly orchid organs were violet petals, racemes, separated petals and no fragrance, which accounted for 31.85%, 60.74%, 79.26% and 84.44% of the corresponding description distribution frequencies respectively. The Simpson index and Shannon-Wiener index of the lobes in the lip were the highest, 0.992 and 7.047, respectively, and the diversity was the most abundant. The variation coefficient of quantitative traits ranged from 19.79% to 52.72%, of which the coefficient of variation of the number of inflorescences was the

收稿日期 2022-06-07; 修回日期 2022-07-08

基金项目 福建省属公益类科研院所专项 (No. 2021R1031009); 农业农村部申请保护品种 DUS 测试及已知品种库维护项目 (No. 202135010400019)。

作者简介 陈剑锋 (1979—), 男, 本科, 助理研究员, 研究方向: 植物新品种 DUS 测试及种质资源。*通信作者 (Corresponding author): 刘中华 (LIU Zhonghua), E-mail: 40464817@qq.com。

largest, which was 52.72%. Most of the main quantitative traits had extremely significant positive correlations. Principal component analysis extracted 3 quantitative traits as the representative traits for evaluating *Phalaenopsis* phenotypic traits, and calculated comprehensive scores. The top 3 were 'JB2312', 'Wanhuayanhua' and 'Dongfanghong' respectively. The R-type cluster analysis showed that the 16 quantitative traits of *Phalaenopsis* could be divided into 4 categories, and the Q-type cluster analysis showed that the 135 *Phalaenopsis* varieties were divided into 5 major species groups. Our research indicates that the flower phenotypes of 135 *Phalaenopsis* varieties have rich genetic diversity.

Keywords: *Phalaenopsis*; flower; phenotypic character; diversity

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2023.03.006

蝴蝶兰 (*Phalaenopsis*) 在植物学分类上属于兰科 (Orchidaceae) 蝴蝶兰属 (*Phalaenopsis*), 其花色艳丽, 花朵大且数量多, 具有很高的观赏价值和经济价值^[1-2]。蝴蝶兰最早发现于 1750 年, 迄今为止拥有较多的种质资源, 遗传多样性也十分丰富^[3]。目前, 有关蝴蝶兰种质资源多样性研究的报道不多, 宋一岚等^[4]对 70 份蝴蝶兰资源的品质性状进行了聚类分析、变异系数分析和方差分析, 钟海丰等^[5]对 53 份蝴蝶兰的 24 个主要数量性状变异和概率分级进行了分析, 袁圆等^[6]通过对生产应用上的 12 个蝴蝶兰品种进行观察统计, 建立了评价系统, 何荆洲等^[7]以 15 个蝴蝶兰品种为试材, 对蝴蝶兰花径和 10 个重要数量性状进行相关性分析, 发现蝴蝶兰花径与萼片长的相关性最高, 其中中萼片长是影响花径的主要因素。以上研究采用的表型性状大多为花器官和叶片一起, 或只分析了花器官和叶片的数量性状, 选用的资源数量较少。花表型性状的多样性研究在辣木花^[8]、荷花^[9]、红山茶^[10]、滇楸^[11]、山丹^[12]等许多作物中均有报道。本研究主要针对 135 个蝴蝶兰品种资源的花器官表型多样性进行分析, 明确蝴蝶兰花表型变异的丰富程度, 不同性状间的相关性以及遗传多样性, 以期为蝴蝶兰以花器官为目标定向选育新品种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为收集保存在农业农村部植物新品种测试福州分中心的 135 个蝴蝶兰品种资源, 品种资源为漳州钜宝生物科技有限公司、龙岩市万花园林有限公司、福建扬基科技股份有限公司、牛记兰花科技股份有限公司、广东省农业科学院环境园艺研究所和山东省农业科学院蔬菜花卉研究所等十余家科研单位或企业申请品种保护的测试样品, 完成特异性、一致性、稳定性测试 (DUS 测试) 后保存于福州分中心, 包括 80 个

蝴蝶兰新品种和 55 个近似品种。

1.2 方法

于 2019 年 1 月至 2020 年 12 月, 参照《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 蝴蝶兰》(NY/T 2230—2012) 中的测试时期与方法进行测量, 其中叶片选取开花植株的最长叶, 花部性状的观测在花序上有 50% 的花开放时, 选取最近开花的最大花并在其花色未褪去之前观测。

随机选取长势一致且健壮的植株进行观测, 每个蝴蝶兰品种选取 10 株, 每个性状测定 3 次, 共采集以下 27 个性状数据: 花序长、花序花数量、花序梗长、花序梗粗、花长、花宽、萼片长、萼片宽、花瓣长、花瓣宽、唇瓣中裂片长、唇瓣中裂片宽、中萼片主色、侧萼片主色、花瓣主色、唇瓣中裂片主色、中萼片颜色数、侧萼片颜色数、花瓣颜色数、唇瓣颜色数、花序类型、花香味、花瓣排列方式、中萼片形状、侧萼片形状、花瓣形状、唇瓣中裂片形状。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2007 软件进行数据处理, 采用 SPSS 20.0 软件进行方差分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 质量性状的频率分布及多样性指数

2.1.1 蝴蝶兰花色 对 127 份蝴蝶兰的花色进行观测, 将 RHS 比色卡颜色与蝴蝶兰花颜色对应分类并进行整理和统计 (表 1)。

由表 2 可以看出, 蝴蝶兰花中萼片主色共有 11 种, 其中紫罗兰色占比最多, 为 33.33%; 其次是紫红色, 为 25.93%; 淡绿色最少。中萼片主色的辛普森 (Simpson) 指数为 0.788, 香农-威纳 (Shannon-Wiener) 指数为 2.641。由表 3 可以看出, 中萼片颜色数量占比最多的为 2 种, 占 52.59%; 其次为 3 种, 占 43.70%; 3 种以上的最少, 占 0.74%。

表 1 花色与英国皇家园艺学会比色卡对应关系

Tab. 1 Match between color of anther and code in the Royal Horticultural Society's Color Chart

编号 Code	花色 Color	英国皇家园艺学会比色卡颜色代码 Code in the Royal Horticultural Society's Color Chart
1	紫色	60C, 61A, 64A, 64B, 71A, 71B, 71D, 72A, 72B
2	紫红色	54A, 60D, N74B, N74C, N74D, NN74A, NN74B, NN74C, N75A, N75C, N75D, NN78A, NN78B, NN78C, NN78D
3	深紫红色	46A, 53B, 59A, 59B, 59C, 60A, 60B, 187B
4	紫蓝色	94B
5	紫罗兰色	N78A, N78B, N78C, N80A, N80B, N80C, N80D, N81A
6	深紫罗兰色	N79B, N79C
7	淡蓝紫色	76B, 76C, 76D
8	白色	N155B, NN55C, NN55D, 157D
9	黄白色	NN155A
10	黄色	2C, 4A, 4C, 4D, 7B, 12A, 12B
11	淡黄色	8B, 9C, 10A, 12C
12	淡黄棕色	158B, 158D, 161D, 162C, 162D
13	棕色	171A
14	棕红色	178C, 181C
15	棕紫红色	185D
16	淡绿色	145C, 145D

表 2 蝴蝶兰花色多样性分析

Tab. 2 Diversity analysis of flower color of *Phalaenopsis*

编号 Code	中萼片主色 Main color of sepals/%	侧萼片主色 Main color of lateral sepals/%	花瓣主色 Main color of petals/%	唇瓣中裂片主色 The main color of the middle lobe of the lip/%	唇瓣侧裂片主色 The main color of lateral lobes of labial flap/%
1	8.15	6.67	8.89	37.78	32.59
2	25.93	24.44	25.93	13.33	10.37
3	2.22	2.22	4.44	13.33	9.63
4	0	0	0	0.74	0.74
5	33.33	37.04	31.85	9.63	19.26
6	2.22	0.74	1.48	7.41	6.67
7	1.48	2.22	3.70	2.22	2.22
8	13.33	12.59	10.37	10.37	17.04
9	0	0	0	0	0.74
10	8.15	8.89	8.15	0.74	0.74
11	2.22	2.22	0.74	2.22	0
12	2.22	2.22	2.96	0	0
13	0	0	0	0.74	0
14	0	0	0.74	0.74	0
15	0	0	0	0.74	0
16	0.74	0.74	0.74	0	0
辛普森指数	0.788	0.773	0.801	0.795	0.803
香农-威纳指数	2.641	2.568	2.748	2.754	2.624

注：1~16 对应花色见表 1。

Note: The corresponding flower color of 1-16 in table 1.

侧萼片主色共 11 种，其中紫罗兰色占比最多，为 37.04%；其次是紫红色，为 24.44%；深紫罗兰色和淡绿色最少。侧萼片主色的 Simpson 指数为 0.773，Shannon-Wiener 指数为 2.568（表 2）。侧萼片颜色数量占比最多的为 2 种和 3 种，

占 46.67%；1 种的最少，占 2.22%（表 3）。

花瓣主色共 12 种，其中紫罗兰色占比最多，为 31.85%；其次是紫红色，为 25.93%；淡黄色、淡绿色和棕红色最少。花瓣主色的 Simpson 指数为 0.801，Shannon-Wiener 指数为 2.748（表 2）。

花瓣颜色数量最多只有 3 种，其中占比最多的为 2 种，占 53.33%；其次为 3 种，占 43.70%；1 种的最少，占 2.96%（表 3）。

唇瓣中裂片主色共 13 种，其中紫色占比最多，为 37.78%；其次是紫色和深紫红色，均为 13.33%；黄色、棕紫红色、紫兰色、棕色和棕红色最少。唇瓣侧裂片主色共 10 种，其中紫色占比最多，为 32.59%；其次是紫罗兰色，为 19.26%；黄色、黄白色、紫兰色最少。唇瓣中裂片和侧裂片的 Simpson 指数分别为 0.795 和 0.803，Shannon-Wiener 指数分别为 2.754 和 2.624（表 2）。唇瓣颜色数量占比最多的为 3 种以上，占 89.63%；其次为 3 种，占 10.37（表 3）。

2.1.2 蝴蝶兰花型和香味 蝴蝶兰花序类型分为单生花、总状花序和圆锥花序 3 种。由表 3 可知，测试的蝴蝶兰样品中只有总状花序和圆锥花序 2 种，分别占 60.74%和 39.26%。花序类型的 Simpson 指数为 0.477，Shannon-Wiener 指数为 0.966。

花瓣排列方式分为分开、相接和重叠 3 种，其中分开的花瓣排列方式占比最多，为 77.78%，其次为相接，占 20.00%，最少的是重叠的排列方式。排列方式的 Simpson 指数为 0.355，Shannon-Wiener 指数为 0.868。

蝴蝶兰花无香味的为多数，占 84.44%，只有 15.56%的蝴蝶兰有香味。花香的 Simpson 指数为 0.262，Shannon-Wiener 指数为 0.624。

对蝴蝶兰花的中萼片、侧萼片、花瓣形状以及唇瓣中裂片形状进行观测统计后，由表 3 可以看出，中萼片形状主要有卵圆形、椭圆形、倒卵圆形和圆形 4 种，其中椭圆形占比最多，为 69.63%，其次为卵圆形，占 25.93%，倒卵圆形的占比最少。侧萼片的形状为卵圆形和椭圆形 2 种，分别占 95.56%和 4.44%。花瓣的形状主要有卵圆形、椭圆形、倒卵圆形和半圆形 4 种，半圆形占比最多，为 84.44%，椭圆形和倒卵圆形占比最少。唇瓣中裂片形状共有卵圆形、椭圆形、倒三角形、菱形和锚形 5 种，锚形占比最多，占 42.22%，其次为菱形，占 30.37%，椭圆形占比最少。中萼片、侧萼片、花瓣以及唇瓣中裂片形状的 Simpson 指数分别为 0.447、0.085、0.271 和 0.687，Shannon-Wiener 指数分别为 1.097、0.262、0.762 和 1.862。

表 3 蝴蝶兰质量性状遗传多样性分析
Tab. 3 Diversity analysis of quality traits of *Phalaenopsis*

性状 Trait	辛普森 指数 Simp- son index	香农- 威纳指数 Shannon- Wiener index	性状描 述级别 Character description level	品种数 Number of varie- ties	分布频率 Distribu- tion fre- quency/%
中萼片颜色	0.531	1.212	1 种	4	2.96
			2 种	71	52.59
			3 种	59	43.70
			3 种以上	1	0.74
侧萼片颜色	0.562	1.348	1 种	3	2.22
			2 种	63	46.67
			3 种	63	46.67
			3 种以上	6	4.44
花瓣颜色	0.524	1.156	1 种	4	2.96
			2 种	72	53.33
			3 种	59	43.70
			3 种以上	0	0.00
唇瓣颜色	0.186	0.481	1 种	0	0.00
			2 种	0	0.00
			3 种	14	10.37
			3 种以上	121	89.63
花序类型	0.477	0.966	单生花	0	0.00
			总状花序	82	60.74
			圆锥花序	53	39.26
花瓣排列方式	0.355	0.868	分开	105	77.78
			相接	27	20.00
			重叠	3	2.22
香味	0.262	0.624	无	114	84.44
			有	21	15.56
中萼片形状	0.447	1.097	披针形	0	0.00
			卵圆形	35	25.93
			椭圆形	94	69.63
			倒卵圆形	1	0.74
			圆形	5	3.70
侧萼片形状	0.085	0.262	披针形	0	0.00
			卵圆形	129	95.56
			椭圆形	6	4.44
			倒卵圆形	0	0.00
			圆形	0	0.00
花瓣形状	0.271	0.762	披针形	0	0.00
			卵圆形	17	12.59
			椭圆形	2	1.48
			倒卵圆形	2	1.48
			半圆形	114	84.44
			菱形	0	0.00
			锚形	0	0.00
唇瓣中裂片形状	0.687	1.862	卵圆形	6	4.44
			椭圆形	4	2.96
			倒卵圆形	0	0.00
			圆形	0	0.00
			半圆形	0	0.00
			三角形	0	0.00
			倒三角形	27	20.00
			菱形	41	30.37
			锚形	57	42.22

2.2 数量性状的变异及分布

由表 4 可见, 供试的 135 个蝴蝶兰品种的数量性状变异系数变化范围为 19.79%~52.72%。其中花序花数量的变异系数最大, 为 52.72%, 其次为花序梗长和花序长, 分别为 39.99%和 39.83%, 唇瓣中裂片长的变异系数最小, 为 19.79%。说明唇瓣中裂片长的变异幅度较小, 稳定性较高, 花

序花数量相对变异较大, 更能反应品种间的差异。各性状平均值和中位数之间的差异最大为 1.69, 差异大于 1 的有花序花数量和花序梗长度, 说明相对于花序花数量和花序梗长度这 2 个性状, 其他性状的数据相对比较集中。蝴蝶兰花序花数量性状的 Simpson 指数均达到 0.99 以上, Shannon-Wiener 指数为 6.869~7.047。

表 4 蝴蝶兰花表型性状的变异情况
Tab. 4 Variation of phenotypic characters of *Phalaenopsis* flower

性状 Trait	最大值 Maximum value	最小值 Minimum value	平均值 Average value	中位数 Median	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation/%	辛普森指数 Simpson index	香农-威纳指数 Shannon-Wiener index
花序长/cm	50.96	6.88	22.02	21.35	8.77	39.83	0.991	6.964
花序花数量	38.10	3.80	11.08	9.80	5.84	52.72	0.991	6.916
花序梗长/cm	56.88	4.86	32.07	33.76	12.83	39.99	0.991	6.957
花序梗粗/cm	0.88	0.43	0.56	0.56	0.12	21.56	0.992	7.042
花长/cm	10.63	2.32	7.14	7.54	1.79	25.07	0.992	7.028
花宽/cm	12.44	2.04	8.35	8.87	2.25	26.94	0.992	7.020
萼片长/cm	6.20	1.20	4.33	4.68	1.12	25.83	0.992	7.025
萼片宽/cm	5.35	0.64	3.34	3.49	0.95	28.38	0.992	7.015
花瓣长/cm	5.94	1.04	4.06	4.37	1.10	27.01	0.992	7.020
花瓣宽/cm	7.68	0.59	5.00	5.33	1.65	32.99	0.992	6.990
唇瓣中裂片长/cm	3.12	0.87	2.18	2.25	0.43	19.79	0.992	7.047
唇瓣中裂片宽/cm	3.09	0.85	2.15	2.24	0.48	22.38	0.992	7.038

由蝴蝶兰花各表型性状的频率分布直方图 (图 1) 可以看出, 花序长度为 10~20 cm 的性状频率分布最大, 有 55 个品种, 占 40.74%; 花序花数量大多为 3~20 个, 有 126 个品种, 占 93.33%; 花序梗长度分布比较均匀, 长度 4~56 cm; 花序梗粗度主要集中在 3~5 mm, 有 101 个品种, 占 74.81%; 花长度大多为 5~7 cm, 有 95 个品种, 占 88.89%; 花宽度大多为 5~9 cm, 有 112 个品种, 占 82.96%; 萼片长度主要集中在 3~5 cm, 有 117 个品种, 占 86.67%; 而萼片宽度大多为 2~4 cm, 有 125 个品种, 占 92.59%。花瓣长度为 3~5 cm 的性状分布频率最大, 有 110 个品种, 占 81.48%; 花瓣宽度的数据较为分散, 最短 0.5 cm, 最长可达 7 cm, 其中 4~6 cm 的性状频率分布最大, 有 84 个品种, 占 62.23%。唇瓣中裂片长和宽都集中在 1.5~2.5 cm, 分别有 124 个品种和 120 个, 占 91.85%和 88.89%。

2.3 蝴蝶兰花表型性状的相关性分析

将 135 个不同品种蝴蝶兰花的 11 个关于长、宽、粗度的数量性状数值进行 Pearson 相关性分

析 (表 5)。花序长与花序梗粗、花宽、萼片宽、花瓣宽、唇瓣中裂片长、唇瓣中裂片宽均呈正相关, 其中花序长与花序梗粗呈极显著正相关; 花序长与花序梗长、花长、萼片宽呈负相关。花序梗长与花序梗粗存在正相关, 与花长、花宽、萼片长、萼片宽、花瓣长、花瓣宽、唇瓣中裂片长、唇瓣中裂片宽均存在极显著正相关; 花序梗粗与花长呈负相关, 与花宽、萼片长、萼片宽、花瓣长、花瓣宽、唇瓣中裂片长、唇瓣中裂片宽均存在正相关; 花长与花宽、萼片长、萼片宽、花瓣长、花瓣宽、唇瓣中裂片长、唇瓣中裂片宽均呈极显著正相关; 花宽与萼片长、萼片宽、花瓣长、花瓣宽、唇瓣中裂片长、唇瓣中裂片宽均呈极显著正相关; 萼片长与萼片宽、花瓣长、花瓣宽、唇瓣中裂片长、唇瓣中裂片宽均呈极显著正相关; 萼片宽与花瓣长、花瓣宽、唇瓣中裂片长、唇瓣中裂片宽均呈极显著正相关; 花瓣长与花瓣宽、唇瓣中裂片长、唇瓣中裂片宽均呈极显著正相关; 花瓣宽与唇瓣中裂片长、唇瓣中裂片宽均呈极显著正相关; 唇瓣中裂片长与唇瓣中裂片宽呈极显著正相关。

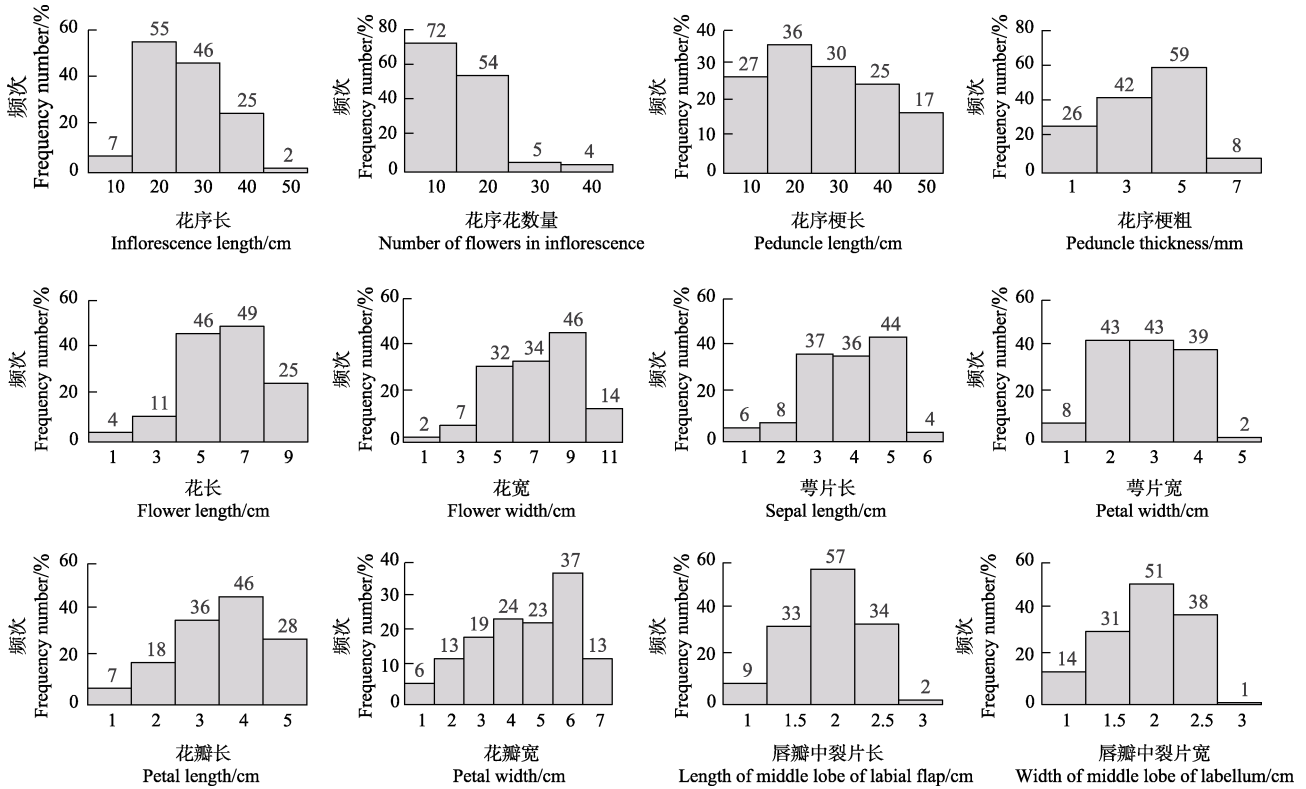


图 1 蝴蝶兰表型性状频率分布

Fig. 1 Frequency distribution of flowers phenotype characters of *Phalaenopsis*

表 5 不同品种蝴蝶兰花表型性状的相关性分析

Tab. 5 Correlation analysis of phenotypic traits of different species of *Phalaenopsis*

性状 Trait	花序长 Inflorescence length	花序梗长 Peduncle length	花序梗粗 Peduncle thickness	花长 Flower length	花宽 Flower width	萼片长 Sepal length	萼片宽 Sepal width	花瓣长 Petal length	花瓣宽 Petal width	唇瓣中裂片长 Length of middle lobe of labial flap	唇瓣中裂片宽 Width of the lobes in the lip
花序长	1										
花序梗长	-0.039	1									
花序梗粗	0.346**	0.072	1								
花长	-0.097	0.797**	-0.023	1							
花宽	0.022	0.798**	0.075	0.952**	1						
萼片长	-0.034	0.816**	0.047	0.980**	0.969**	1					
萼片宽	0.060	0.798**	0.078	0.911**	0.925**	0.953**	1				
花瓣长	-0.036	0.808**	0.032	0.972**	0.963**	0.991**	0.939**	1			
花瓣宽	0.015	0.817**	0.054	0.941**	0.950**	0.973**	0.959**	0.977**	1		
唇瓣中裂片长	0.014	0.705**	0.108	0.774**	0.797**	0.826**	0.806**	0.842**	0.826**	1	
唇瓣中裂片宽	0.020	0.731**	0.037	0.808**	0.828**	0.859**	0.853**	0.863**	0.885**	0.813**	1

注：*表示显著相关 ($P < 0.05$)，**表示极显著相关 ($P < 0.01$)。

Note: * indicates significant correlation ($P < 0.05$), ** indicates extremely significant correlation ($P < 0.01$).

2.4 蝴蝶兰花表型性状的主成分分析和综合评价

对蝴蝶兰品种 12 个表型性状进行因子分析，按照累计方差贡献率不低于 85% 确定公因子数目。由表 6 可知，前 3 个因子累计方差贡献率为

89.346%，分别表示 135 个蝴蝶兰品种 12 个表型性状 71.115%、9.757% 和 8.474% 的信息，为主成分，已经代表原始变量的大部分信息。因此，提取前 3 个主成分代替原始的 12 个指标对蝴蝶兰花表型性状进行评价，达到降维的目的。

表 6 蝴蝶兰花表型性状主成分分析的特征值
及方差贡献率

Tab. 6 Eigenvalues and variance contribution rate of
principal component analysis of phenotypic traits of
Phalaenopsis flowers

主成分数 Component number	特征值 Eigen value	方差贡献率 Variance contribution/%	累计方差贡献率 Cumulative variance contribution/%
1	8.534	71.115	71.115
2	1.171	9.757	80.872
3	1.017	8.474	89.346
4	0.364	3.030	92.376
5	0.306	2.551	94.928
6	0.251	2.094	97.021
7	0.173	1.439	98.460
8	0.088	0.736	99.196
9	0.046	0.387	99.583
10	0.033	0.278	99.861
11	0.012	0.099	99.960
12	0.005	0.040	100.000

将主成分的载荷矩阵进行旋转后, 其载荷系数会更接近 1 或者 0, 这样能更好地解释变量。由表 7 可知, F1 主要代表萼片长度, F2 主要代表花序花数量, F3 主要代表花序梗粗, 由此可见, 萼片长度、花序花数和花序梗粗 3 种性状是蝴蝶兰花表型性状评价的代表性性状。

表 7 蝴蝶兰花 12 种表型性状旋转成分矩阵

Tab. 7 Rotational component matrix diagram of 12 phenotypic traits of *Phalaenopsis* flower

性状 Trait	成分 Component		
	F1	F2	F3
花序长	0.546	0.737	-0.021
花序花数量	-0.503	0.754	-0.186
花序梗长	0.850	0.062	-0.002
花序梗粗	0.072	0.174	0.978
花长	0.961	0.021	-0.109
花宽	0.966	0.026	-0.006
萼片长	0.989	0.014	-0.034
萼片宽	0.962	0.017	0.004
花瓣长	0.986	0	-0.046
花瓣宽	0.983	0.015	-0.025
唇瓣中裂片长	0.869	-0.141	0.091
唇瓣中裂片宽	0.895	-0.062	-0.021

以表 7 各性状的主成分载荷分别除以表 6 中 2 个主成分的特征值开根号后的值, 得到特征向量, 构建出 2 个特征向量作为权重的主成分表达函数式:

$$Y_1=0.187X_1-0.172X_2+0.291X_3+0.025X_4+0.329X_5+0.331X_6+0.339X_7+0.329X_8+0.338X_9+0.336X_{10}+0.297X_{11}+0.306X_{12}$$

$$Y_2=0.681X_1+0.697X_2+0.057X_3+0.161X_4+0.019X_5+0.024X_6+0.013X_7+0.016X_8+0.014X_{10}-0.139X_{11}-0.057X_{12}$$

$$Y_3=-0.021X_1-0.184X_2-0.002X_3+0.970X_4-0.108X_5-0.006X_6-0.034X_7+0.004X_8-0.046X_9-0.025X_{10}+0.090X_{11}-0.021X_{12}$$

式中, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 、 X_8 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{11} 和 X_{12} 分别为花序长、花序花数量、花序梗长、花序梗粗、花长、花宽、萼片长、萼片宽、花瓣长、花瓣宽、唇瓣中裂片长和唇瓣中裂片宽的标准含量。主成分得分和对应的权重相乘的总和构建出综合评价函数, 具体函数公式为:

$$\text{综合得分}=0.711 \times Y_1+0.098 \times Y_2+0.085 \times Y_3$$

式中, Y_1 和 Y_2 为各主成分得分。计算出 135 个品种蝴蝶兰花 12 个特性的综合得分并进行排序。135 个品种蝴蝶花综合得分最高的前 10 个品种依次为 ‘JB2312’ ‘万花焰火’ ‘东方红’ ‘和鸣盛世’ ‘JB3850’ ‘鲁卉红玉’ ‘心满意足’ ‘万花红霞’ ‘聚宝美滋滋’ ‘JB2824’ (表 8)。排名靠前的 ‘东方红’ ‘万花焰火’ 和 ‘JB2312’ 花的萼片长、花瓣长和花瓣宽均比较大, 较符合传统大花的特征。

2.5 蝴蝶兰品种花表型性状的聚类分析

2.5.1 蝴蝶兰花各性状对 R 型聚类分析 对蝴蝶兰花的表型性状进行聚类分析 (图 2), 在遗传距离为 7 处聚为四大组群。第 1 组群包括中萼片颜色数、花瓣颜色数、侧萼片颜色数、唇瓣中裂片长、唇瓣中裂片宽、萼片宽、花瓣长、唇瓣颜色数、花序梗粗、萼片长和花瓣宽; 第 2 组群包括花长、花宽和花序花数量; 第 3 组群为花序长; 第 4 组群为花序梗长。

2.5.2 各蝴蝶兰品种的 Q 型聚类分析 基于蝴蝶兰花表型性状对蝴蝶兰 135 个品种进行聚类分析, 在遗传距离为 10 处将蝴蝶兰品种分为五大组群, 不同组群蝴蝶兰品种花的表型性状具有一定差异性。第 1 组群包括 ‘玉粉’ ‘绿精灵’ ‘宫粉’ 等 46 个品种, 这些品种花的表型特征是花序长较短, 花序梗、花长、萼片长、花瓣长、唇瓣中裂片长较短, 花宽、萼片宽、花瓣宽、唇瓣中裂片宽较窄。第 2 组群包括 ‘小美人’ ‘小蜜蜂’ ‘玉唇兰’ 和 ‘LX29’ 4 个品种, 其花序梗长、花长、萼片长、花瓣长和唇瓣中裂片长均较短, 花宽、萼片宽、花瓣宽和唇瓣中裂片宽较短。第 3 组群

表 8 不同品种蝴蝶兰花综合得分和排序结果
Tab. 8 Comprehensive scores and ranking results of different species of *Phalaenopsis*

品种 Variety	F1	F2	F3	综合得分 Comprehensive score	排名 Ranking	品种 Variety	F1	F2	F3	综合得分 Comprehensive score	排名 Ranking
东方红	5.05	-0.12	-1.92	3.42	3	小飞象	-5.66	-1.08	0.05	-4.12	130
大辣椒	2.97	-0.15	-1.86	1.94	27	小蜜蜂	-8.45	3.39	-1.56	-5.81	135
心满意足	4.08	0.19	1.10	3.01	7	玉唇兰	-7.32	2.66	-1.45	-5.07	133
JB3114	1.47	3.14	1.66	1.49	43	富乐金财主	2.36	1.63	0.78	1.90	30
JB3158	-3.36	1.03	-0.21	-2.31	117	银河 M69	1.64	2.23	0.87	1.46	46
鲁卉红玉	4.14	0.20	0.91	3.04	6	粉黛安妮	2.69	0.54	0.60	2.02	24
鲁卉红	3.02	1.91	1.19	2.43	12	JB3768	-1.25	-1.01	0.39	-0.95	90
钜宝叮	0.35	0.15	1.06	0.36	67	JB3230	-0.75	-0.47	0.38	-0.55	79
永结同	0.85	1.43	0.72	0.81	54	JB2975	-3.66	-0.01	-0.10	-2.61	122
米老鼠 4 号	-3.56	1.25	0.59	-2.36	118	JB2976	-3.39	0.13	0.08	-2.39	121
米老鼠 1 号	-2.18	0.17	0.44	-1.50	102	钜宝美滋滋	3.62	0.87	0.82	2.73	9
天后 2 号	1.85	1.24	0.76	1.50	42	JB2312	4.94	0.25	0.81	3.60	1
霓虹 5 号	3.02	-0.02	0.77	2.21	20	JB2634	3.24	-0.17	-1.84	2.13	21
牛记奔放	-2.71	-0.70	-0.01	-2.00	110	和鸣多彩	1.28	0.08	-2.01	0.74	56
JB2305	0.62	-0.39	0.25	0.42	66	白闪电	1.87	0.90	-2.02	1.24	50
牛记红底鞋	3.06	0	0.93	2.26	17	粉黛佳人	3.53	0.49	-2.01	2.38	14
牛记红颜	0.55	0.34	1.31	0.54	60	仙桃	2.09	1.48	-2.01	1.46	46
JB3660	2.41	0.27	0.62	1.79	37	和鸣盛世	4.33	0.46	0.65	3.18	4
黑金刚	3.23	-0.59	1.15	2.33	16	月光美人	3.24	0.24	0.94	2.41	13
JB3259	-3.32	0.78	0.28	-2.26	115	月宫玉人	2.42	1.34	0.55	1.90	30
梦叶罗丽 2 号	-2.73	0.87	0.21	-1.84	107	JB3048	3.38	0.75	0.44	2.51	11
小美人	-6.59	1.87	-0.17	-4.52	131	JB3733	3.47	-0.55	-1.91	2.25	18
JB2113	-4.08	1.27	-0.24	-2.80	124	珙弗莱娇	1.90	-0.71	1.03	1.37	48
桔利	-2.08	-1.74	0.48	-1.61	104	PHALFOYX	0.67	-0.88	0.67	0.44	63
朝阳红	-1.15	-1.10	0.51	-0.88	87	仲夏青檬	-2.98	-0.51	0.50	-2.12	112
小粉姬	-1.88	-1.31	0.67	-1.41	100	绿精灵	-3.76	-0.73	0.54	-2.70	123
宫粉	-0.54	-0.87	0.50	-0.43	77	玫瑰轻语	-2.32	-0.09	0.34	-1.63	105
吉娃娃	1.04	-1.45	0.61	0.65	59	LX29	-3.72	2.53	0.36	-2.37	120
戴维斯	1.50	0.38	0.35	1.13	53	豆蔻佳人	-0.66	-0.37	0.12	-0.49	78
玉红	-3.41	0.76	-0.07	-2.36	118	梦幻情人	-1.43	-0.46	0.31	-1.04	92
婚宴	-3.17	-0.16	-0.02	-2.27	116	钜宝得意	-0.74	-1.35	-0.18	-0.67	82
JB3054	3.25	0.05	0.71	2.37	15	JB3452	-0.24	-0.74	0.20	-0.22	74
万花焰火	4.55	1.40	1.11	3.47	2	紫玉	-4.05	-0.75	0.78	-2.88	125
天后 1 号	2.48	0.89	0.95	1.93	29	小粉蝶	-4.60	-1.13	0.31	-3.36	128
万花似玉	2.63	0.29	0.89	1.97	25	玉粉	-3.99	-0.86	0.23	-2.90	126
万花红霞	3.88	0.44	0.78	2.87	8	流光溢彩	-0.89	-1.13	0.16	-0.73	84
红润	0.14	-0.22	0.18	0.10	70	光芒四射	1.63	1.29	0.66	1.34	49
鸿利	0.18	-1.73	0.32	-0.01	72	朝霞	-0.93	1.02	0.04	-0.56	80
红孩儿	-1.64	-1.07	0.40	-1.24	98	昌新珍珠	-1.01	-1.45	0.34	-0.83	85
绮红	-1.17	-0.36	0	-0.86	86	小花蝶	-1.08	-1.72	0.03	-0.93	89
吉红	-1.40	-1.07	0.21	-1.09	93	初吻	-1.38	-1.92	0.86	-1.10	94
红霞	-1.68	-1.26	-0.23	-1.34	99	小梅花	-1.86	-1.05	0.15	-1.42	101
迷你象	-7.23	0.18	-0.26	-5.14	134	玉彤	0.49	-1.18	0.28	0.26	68

续表 8 不同品种蝴蝶兰综合得分和排序结果

Tab. 8 Comprehensive scores and ranking results of different species of *Phalaenopsis* (continued)

品种 Variety	F1	F2	F3	综合得分 Comprehensive score	排名 Ranking	品种 Variety	F1	F2	F3	综合得分 Comprehensive score	排名 Ranking
幸运天使	-1.90	-1.91	-0.21	-1.56	103	绿圣彩斑	2.14	0.27	1.20	1.65	38
云霞	-0.68	-0.76	-0.04	-0.56	80	超群花蝴蝶	-0.23	0.88	0.22	-0.06	73
小红帽	-5.51	-0.05	0.15	-3.91	129	绿圣香妃	-3.16	1.40	-0.53	-2.15	113
小樱桃	-6.64	-0.90	-0.22	-4.83	132	台大微笑	-3.21	1.24	-0.53	-2.21	114
顺意	-2.56	-1.37	0.15	-1.94	108	绿圣彩蝶	-2.59	1.55	0.24	-1.67	106
兄弟女孩	-2.59	-1.73	0.24	-1.99	109	三色鸟	-1.65	1.93	0.84	-0.92	88
金色年华	-4.07	-0.75	0.55	-2.92	127	绿圣小蝴蝶	-1.71	0.22	0.18	-1.18	96
夕阳红	-2.75	-1.24	-0.01	-2.08	111	红蝴蝶	-1.04	-0.02	0.84	-0.67	82
彩虹	1.32	-1.01	-1.82	0.69	58	JB3850	4.14	0.70	0.64	3.07	5
JB3068	1.50	-2.12	-1.65	0.72	57	JB3871	2.54	-0.75	0.76	1.80	36
如意公主	2.86	-1.31	0.39	1.94	27	安娜 Anna	-0.39	0.20	-1.96	-0.42	76
JB5215	2.31	-1.30	0.35	1.55	40	JB3054	3.14	-0.51	-1.83	2.03	23
JB5125	1.87	0.95	0.77	1.49	43	皇贵妃	-1.26	0.26	-1.82	-1.02	91
君临天下	2.14	-1.00	0.79	1.49	43	富乐夕阳	0.92	-0.68	-1.84	0.43	65
佳境	2.80	-0.31	1.01	2.05	22	梦幻婚礼	0.83	0.31	-2.13	0.44	63
蜜雪红	2.21	-0.62	0.79	1.58	39	甜美人	0.43	0.72	-2.47	0.17	69
祝福	2.64	-1.01	0.59	1.83	34	JB3133	3.50	-0.90	-1.84	2.25	18
扬基真心	1.16	-0.72	0.19	0.77	55	JB3791	2.75	0.48	-1.84	1.85	33
格调	-0.37	-0.80	0.13	-0.33	75	JB3685	1.81	0.89	-1.90	1.21	51
八万	0.79	-0.78	-0.14	0.47	62	JB3563	1.00	-0.93	-1.74	0.48	61
JB3224	-1.82	0.55	0.61	-1.19	97	科隆茂盛 CL122	0.29	0.38	-1.89	0.08	71
JB3258	-1.64	-0.25	1.01	-1.10	94	科隆贵妇人 CL156	2.80	0.20	-2.08	1.83	34
JB2823	3.44	0.44	0.69	2.55	10	科隆维纳斯 CL243	2.94	-0.08	-2.09	1.90	30
大扬发财猫	2.03	0.57	0.66	1.55	40	科隆丽欣 CL859	2.94	0.15	-1.86	1.95	26
牛记王子	1.43	1.33	0.68	1.20	52						

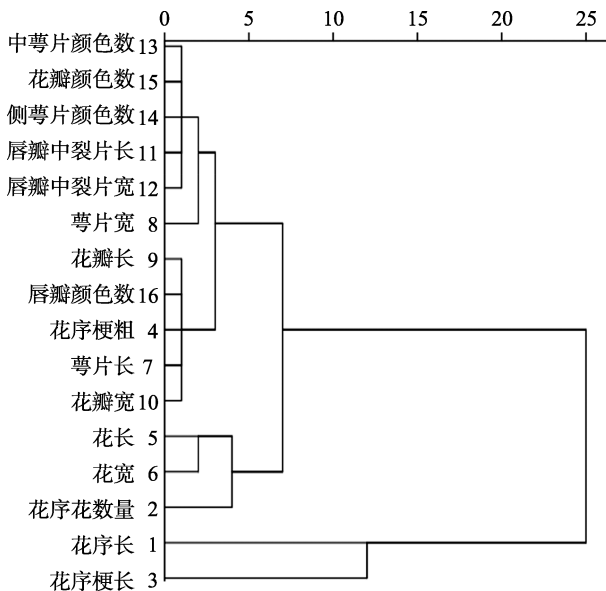


图 2 R 型聚类分析

Fig. 2 R cluster dendrogram

包括‘JB2305’‘银河 M69’‘白闪电’‘朝霞’‘绿圣彩蝶’‘三色鸟’‘科隆茂盛 CL122’共 7 个品

种，其花序长较长。第 4 组群包括‘皇贵妃’‘彩虹’和‘安娜’等 28 个品种，这些品种的花序梗长、花长宽、萼片长宽、花瓣长宽和唇瓣中裂片长宽均较大。第 5 组群包括‘JB2823’‘万花焰火’‘霓虹 5 号’等 50 个品种，其花序花数量较少，花序梗长、花序梗粗、花长宽、萼片长宽、花瓣长宽和唇瓣中裂片长宽均较大。

3 讨论

供试的 135 个品种花的表型具有较丰富的遗传多样性，蝴蝶兰的质量性状中花序类型占比最多为总状花序，花瓣排列方式为分开；中萼片形状最多的为椭圆形，侧萼片为卵圆形，花瓣为半圆形，唇瓣中裂片为锚形；中萼片颜色占比最多的为 2 种，侧萼片和花瓣颜色为 3 种，唇瓣颜色为 3 种以上，唇瓣中萼片主色和唇瓣侧裂片主色占比最多均为紫色。Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数变化分别为 0.085~0.803 和 0.262~

2.754, 其中中萼片颜色、侧萼片颜色、唇瓣颜色、唇瓣中萼片和侧裂片主色的多样性指数较高, 表型多样性相对较丰富, 这与何荆洲等^[7]对兰属种质资源和段艳龄等^[13]对寒兰质量性状多样性研究的结果一致; 花型和香味的多样性指数较低, 多样性较差。原鑫等^[14]通过对荷花的表型性状遗传性进行分析, 得出荷花品种数量性状的 Shannon-Wiener 指数为 3.863~4.007, Simpson 指数为 0.976~0.981; 梨种质资源花性状的 Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数分别为 0.702~2.351 和 0.308~0.720^[15]; 番茄种质资源数量性状的 Shannon-Wiener 指数为 0.68~2.07^[16]。在本研究中, 蝴蝶兰花的数量性状具有极为丰富的多样性, Simpson 指数均达到 0.99 以上, Shannon-Wiener 指数为 6.869~7.047。蝴蝶兰花的数量性状变异系数为 19.79%~52.72%, 花序花数量的变异系数最大为 52.72%, 这与钟海丰等^[5]的研究结果一致, 这表明花序花数量能更好地反映不同蝴蝶兰品种间的差异。

蝴蝶兰品种繁多, 对蝴蝶兰花的主要数量性状相关性进行研究, 有助于更有效地选育性状突出的品种。李颖等^[17]发现在板栗花序数量性状内部间有较明显的相关性; 郭方其等^[18]的研究结果表明切花多头菊的数量性状间大多呈极显著性正相关; 韦晓霞等^[19]在橄榄花序表型性状遗传多样性的研究中发现花蕾直径与花瓣长度呈极显著正相关关系。在本研究中, 对 11 个数量性状的相关性进行分析, 结果表明花序梗长、花长和宽、萼片长和宽、花瓣长和宽、唇瓣中裂片长和宽这 9 个数量性状之间呈极显著正相关。由此可知, 蝴蝶兰花的表型性状间存在复杂的相关关系, 在新品种选育时, 数量性状的相关性可用于获得同时具有几个优良性状的新品种。

主成分分析通过降维对主成分进行提取, 能使复杂的问题变得相对简单明了, 使评分结果更加客观和合理^[20], 目前正在农作物的数量性状分析和综合评价中有着广泛的运用^[21-22]。匡立学等^[23]通过对不同苹果品种果实矿质元素含量进行主成分分析, 在 125 个品种中筛选出综合评分最高的‘秋锦’; 郭雪飞等^[24]通过主成分分析在 10 个枣品种中筛选出综合评价营养价值最高的‘京 39 号’; 陈和明等^[25]在 27 个蝴蝶兰品种中筛选出观赏性状综合得分最高的‘A6169’。蝴蝶

兰花中各数量性状之间存在一定的相关性, 通过主成分分析提取出 3 个数量性状作为蝴蝶兰花表型性状评价的代表性状, 计算得到综合分值, 135 个不同蝴蝶兰品种中排名最高的为‘JB2312’, 第 2 名和第 3 名分别为‘万花焰火’和‘东方红’。

从聚类分析的结果来看, 在 R 型聚类分析中, 蝴蝶兰花的 16 个数量性状最终被聚为 4 类, 花序长和花序梗长分别为一类, 花长、花宽和花序花数量聚为一类, 其余的性状聚为一类。在 Q 型聚类分析中, 135 个蝴蝶兰品种被聚为五大类, 其中花长宽、花瓣长宽和花序长等是作为分类的重要指标。由此可见, 蝴蝶兰花的表型性状大多分布得比较分散, 性状之间相似度不高, 因此选取的这些测试性状较合理。

蝴蝶兰品种的花色以紫红色、白色和黄色为主, 其余花色较为少见, 以大中型花朵为主且花量不多, 对于蝴蝶兰新品种的选育应该以中小多花型和多花色为目标。本研究通过对 135 个蝴蝶兰品种花的 27 个表型遗传性状进行多样性分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析, 从而揭示蝴蝶兰不同品种花的遗传多样性、变异的丰富程度及不同品种间的遗传关系, 以期为蝴蝶兰花种质资源的利用及新品种的定向选育提供理论依据。

参考文献

- [1] 陈玉水. 台湾蝴蝶兰的常规育种与生物技术概述[J]. 西南园艺, 2005, 33(5): 26-29.
CHEN Y S. Overview of conventional breeding and biotechnology of *Phalaenopsis* in Taiwan[J]. Southwest Horticult, 2005, 33(5): 26-29. (in Chinese)
- [2] 董小艳, 郑金生, 何俊平, 张思勉, 王江英. 不同保鲜处理对蝴蝶兰切花保鲜效应的影响[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(19): 59-62.
DONG X Y, ZHENG J S, HE J P, ZHANG S M, WANG J Y. Effects of different fresh-keeping treatments on the fresh-keeping effect of *Phalaenopsis* cut flowers[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2020, 26(19): 59-62. (in Chinese)
- [3] PAN Z J, CHEN Y Y, DU J S, CHEN Y Y, CHUNG M C, TSAI W C, WANG C N, CHEN H H. Flower development of *Phalaenopsis* orchid involves functionally divergent SEPALLATA-like genes[J]. New Phytologist, 2014, 202(3): 1024-1042.
- [4] 宋一岚, 张英杰, 孙纪霞, 张京伟, 郭文姣, 王镭, 刘学庆. 蝴蝶兰 70 份资源观赏性状综合评价[J]. 热带作物学报,

- 2020, 41(1): 43-48.
- SONG Y L, ZHANG Y J, SUN J X, ZHANG J W, GUO W J, WANG L, LIU X Q. Comprehensive evaluation of 70 ornamental characters of *Phalaenopsis*[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41(1): 43-48. (in Chinese)
- [5] 钟海丰, 陈剑锋, 陈宇华, 邱思鑫, 黄敏玲. 蝴蝶兰种质资源主要数量性状变异与概率分级[J]. 热带作物学报, 2020, 41(6): 1117-1123.
- ZHONG H F, CHEN J F, CHEN Y H, QIU S X, HUANG M L. Variation and probability grading of main quantitative traits of *Phalaenopsis* germplasm resources[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41(6): 1117-1123. (in Chinese)
- [6] 袁圆, 陈和明, 吕复兵, 赵超艺, 李佐, 肖文芳. 12 个蝴蝶兰品种主要性状的主成分分析[J]. 广东农业科学, 2015, 42(13): 54-59.
- YUAN Y, CHEN H M, LYU F B, ZHAO C Y, LI Z, XIAO W F. Principal component analysis on main traits of 12 *Phalaenopsis*[J]. Guangdong Agricultural Science, 42(13): 54-59. (in Chinese)
- [7] 何荆洲, 黄昌艳, 邓杰玲, 闫海霞, 王晓国, 满若君, 卜朝阳. 蝴蝶兰花径与其他重要数量性状的相关及通径分析[J]. 西南农业学报, 2016, 29(8): 1967-1972.
- HE J Z, HUANG C Y, DENG J L, YAN H X, WANG X G, MAN R J, BU C Y. Correlation and path analysis of flower diameter with other quantitative characters in *Phalaenopsis*[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2016, 29(8): 1967-1972. (in Chinese)
- [8] 罗会英, 赵琼玲, 邓红山, 代建菊, 金杰, 廖承飞, 范建成, 韩学琴. 优良单株家系辣木花的表型多样性研究[J]. 江西农业学报, 2019, 31(7): 32-37.
- LUO H Y, ZHAO Q L, DENG H S, DAI J J, JIN J, LIAO C F, FAN J C, HAN X Q. Study on phenotypic diversity of excellent single plant family of *Moranga oleifera*[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2019, 31(7): 32-37. (in Chinese)
- [9] 吴芳芳, 原鑫, 苏少文, 贺丹, 刘艺平, 孔德政. 荷花品种的花器官表型性状及花色多样性分析[J]. 河南农业大学学报, 2020, 54(1): 24-29, 37.
- WU F F, YUAN X, SU S W, HE D, LIU Y P, KONG D Z. Analysis on flower organ phenotypic traits and flower color diversity of lotus cultivars[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2020, 54(1): 24-29, 37. (in Chinese)
- [10] 李芳, 霍达, 王进. 西南红山茶花表型性状的变异[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(4): 84-88.
- LI F, HUO D, WANG J. Variation of phenotypic traits of *Camellia pitardii* flower[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2019, 47(4): 84-88. (in Chinese)
- [11] 姚淑均, 张守攻, 王军辉, 张乃春, 张明刚. 滇楸花部性状的表型多样性研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(10): 19-24.
- YAO S J, ZHANG S G, WANG J H, ZHANG N C, ZHANG M G. Study on phenotypic diversity of flower characters in *Catalpa fargesii* f. *duclouxii*[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2013, 33(10): 19-24. (in Chinese)
- [12] 刘冬云, 刘燕. 山丹不同居群花器官的形态多样性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(6): 997-1004.
- LIU D Y, LIU Y. Floral diversity of the different populations of *Lilium pumilum* DC[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2012, 13(6): 997-1004. (in Chinese)
- [13] 段艳岭, 范义荣, 敖素燕, 宁惠娟, 郭雨楠. 寒兰种质资源表型性状多样性分析[J]. 中国农学通报, 2014, 30(16): 143-147.
- DUAN Y L, FAN Y R, AO S Y, NING H J, GUO Y N. Analysis on phenotypic character diversity of *Cymbidium kanran* germplasm resources[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(16): 143-147. (in Chinese)
- [14] 原鑫, 李文玲, 刘召强, 吴芳芳, 刘艺平, 孔德政. 荷花品种表型性状遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(16): 188-193.
- YUAN X, LI W L, LIU Z Q, WU F F, LIU Y P, KONG D Z. Genetic diversity analysis of phenotypic traits of lotus[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2020, 48(16): 188-193. (in Chinese)
- [15] 张莹, 曹玉芬, 霍宏亮, 田路明, 董星光, 齐丹, 张小双. 基于花表型性状的梨种质资源多样性研究[J]. 园艺学报, 2016, 43(7): 1245-1256.
- ZHANG Y, CAO Y F, HUO H L, TIAN L M, DONG X G, QI D, ZHANG X S. Research on diversity of pear germplasm resources based on flowers phenotype traits[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2016, 43(7): 1245-1256. (in Chinese)
- [16] 芮文婧, 王晓敏, 张倩男, 胡学义, 胡新华, 付金军, 高艳明, 李建设. 番茄 353 份种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 园艺学报, 2018, 45(3): 561-570.
- RUI W J, WANG X M, ZHANG Q N, HU X Y, HU X H, FU J J, GAO Y M, LI J S. Genetic diversity analysis of 353 tomato germplasm resources by phenotypic traits[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2018, 45(3): 561-570. (in Chinese)
- [17] 李颖, 张树航, 郭燕, 张馨方, 王广鹏. 211 份板栗种质资源花序表型多样性和聚类分析[J]. 中国农业科学, 2020, 53(22): 4667-4682.
- LI Y, ZHANG S H, GUO Y, ZHANG X F, WANG G P. Catkin phenotypic diversity and cluster analysis of 211 Chinese chestnut germplasms[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2020, 53(22): 4667-4682. (in Chinese)
- [18] 郭方其, 吕萍, 吴超, 彭娟, 秦德辉, 黎侠, 丁晓瑜. 基于

- 表型性状的切花多头菊种质资源遗传多样性分析[J]. 分子植物育种, 2020, 18(18): 6205-6215.
- GUO F Q, LYU P, WU C, PENG J, QIN D H, LI X, DING X Y. Phenotypic diversity analysis of cutting flower *Chrysanthemum* germplasm resources based on phenotypic traits[J]. Molecular Plant Breeding, 2020, 18(18): 6205-6215. (in Chinese)
- [19] 韦晓霞, 赖瑞联, 陈瑾, 潘少霖, 吴如健. 橄榄种质资源花序表型性状遗传多样性研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2019, 27(1): 1-10.
- WEI X X, LAI R L, CHEN J, PAN S L, WU R J. Studies on genetic diversity on inflorescence phenotypic characteristics of *Canarium album* germplasm resources[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2019, 27(1): 1-10. (in Chinese)
- [20] HORVAT D, MAGDI D, DREZNER G, KUHA F. Factor analysis and modelling for rapid quality assessment of croatian wheat cultivars with different gluten characteristics[J]. Food Technology & Biotechnology, 2008, 46(3): 270-277.
- [21] GANOPOULOS I, MOYSIADIS T, XANTHOPOULOU A, OSATHANUNKUL M, MADEISIS P, ZAMBOUNIS A, AVRAMIDOU E, ARAVANOPOULOS F, TSAFTARIS A, SOTIROPOULOS T, CHATZICHARISIS I, KAZANTZIS K. Morpho-physiological diversity in the collection of sour cherry (*Prunus cerasus*) cultivars of the fruit genebank in Naoussa, Greece using multivariate analysis[J]. Scientia Horticulturae, 2016, 207: 225-232.
- [22] 古丽尼沙·卡斯木, 木合塔尔·扎热, 张东亚, 郭靖, 艾吉尔·阿布拉, 盛玮, 阿布都热西提·热合曼. 基于因子分析的无花果引进品种果实品质性状综合评价[J]. 食品科学, 2018, 39(1): 99-104.
- GULINISHA K, MUHETAR Z, ZHANG D Y, GUO J, AJAR A, SHENG W, ABUDUREXIT R. Factor analysis and comprehensive evaluation of fruit quality traits of introduced fig cultivars[J]. Food Science, 2018, 39(1): 99-104. (in Chinese)
- [23] 匡立学, 聂继云, 李志霞, 关棣锴, 毋永龙, 闫震, 程杨. 不同苹果品种果实矿质元素含量的因子分析和聚类分析[J]. 中国农业科学, 2017, 50(14): 2807-2815.
- KUANG L X, NIE J Y, LI Z X, GUAN D K, WU Y L, YAN Z, CHENG Y. Factor analysis and cluster analysis of mineral elements contents in different apple varieties[J]. Sciences Agricultural Sinica, 2017, 50(14): 2807-2815. (in Chinese)
- [24] 郭雪飞, 周晓凤, 冯一峰, 王志强, 吴翠云. 不同枣品种果实矿质元素含量分析及综合评价[J]. 食品工业科技, 2018, 39(22): 262-269.
- GUO X F, ZHOU X F, FENG Y F, WANG Z Q, WU C Y. Analysis and comprehensive evaluation of the content of mineral elements in different jujube cultivars[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(22): 262-269. (in Chinese)
- [25] 陈和明, 朱根发, 操君喜, 李佐, 尤毅, 肖文芳, 李冬梅, 吕复兵. 蝴蝶兰 27 个品种观赏性状评价[J]. 热带作物学报, 2013, 34(6): 1060-1064.
- CHEN H M, ZHU G F, CAO J X, LI Z, YOU Y, XIAO W F, LI D M, LYU F B. Ornamental characteristics evaluation of 27 *Phalaenopsis* varieties[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2013, 34(6): 1060-1064. (in Chinese)