

77 份建兰种质表型性状多样性分析

朱尾银

福建省林业科技试验中心, 福建漳州 363600

摘要: 以 77 份建兰种质作为供试材料, 分析 21 个数量性状和 12 个质量性状的表型性状多样性。结果表明: 数量性状的变异系数 (CV) 在 14.72%~42.79% 范围内变异程度较大。其中, 花长度的 CV 值最低 (14.72%), 说明此性状在各个种质之间相对稳定。花序梗数量的 CV 值最高 (42.79%), 其次是花朵数 (41.67%)。同时, Shannon-Wiener 指数 (I) 均接近 5, 种质数量性状多样性相当高。在质量性状二元分析中, 种质的萼片斑点或条纹 (颜色) 分布比例相近, 花部萼片斑点或条纹的表现形式丰富。质量性状 CV 大小范围为 9.86%~83.81%, 变异程度也较大。其中, 叶姿的 CV 值最低 (9.86%), 唇瓣形状的 CV 值最高 (83.81%), 萼片颜色居次之 (70.69%)。另外, 质量性状的 I 指数数值范围在 4~5 之间, 种质质量性状的多样性相当高。质量性状的辛普森指数 (D) 范围在 0.985~0.991 之间, 接近数值 1, 种质的质量性状分布较为均匀, 多样性程度较高。对建兰种质 33 个表型性状进行主成分分析, 按照特征根值大于 1 为原则, 提取出前 10 个主成分。前 10 个主成分的特征值分别是 6.406、4.475、2.840、2.425、2.139、1.619、1.517、1.430、1.163、1.038, 累积贡献率为 75.917%。花部位数量性状占据的主成分权重较大, 是建兰主要的表型性状指标。对 77 份建兰种质采用欧式距离 (Euclidean distance) 进行系统聚类分析, 得到树状聚类图。在欧氏距离的 15 处可将种质分为五大群体, 群体表型性状主要特征集中在数量性状, 尤其在花部位数量性状占据的主成分权重较大, 这与主成分分析结果一致。研究通过形态学性状的多样性分析, 探讨了建兰品种间的遗传多样性和亲缘关系, 为科学管理和保护建兰种质资源提供依据, 同时也为未来的建兰育种工作提供宝贵的遗传材料。

关键词: 建兰; 数量性状; 质量性状; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S682.31

文献标志码: A

Phenotypic Traits Diversity of 77 *Cymbidium ensifolium* Germplasms

ZHU Weiyin*

Fujian Forestry Science and Technology Test Center, Zhangzhou, Fujian 363600, China

Abstract: Using 77 *Cymbidium ensifolium* germplasms as the test materials, the phenotypic diversity of 21 quantitative traits and 12 qualitative traits was analyzed. The results showed that the coefficient of variation (CV) for quantitative traits ranged from 14.72% to 42.79%, indicating a significant degree of variation. Among these, the CV value for flower length was the lowest (14.72%), suggesting that this trait was relatively stable across different germplasms. The CV value for the number of flower stalks was the highest (42.79%), followed by the number of flowers (41.67%). Additionally, the Shannon-Wiener index (I) was close to 5, indicating a high level of diversity in quantitative traits among the germplasms. In the binary analysis of qualitative traits, the distribution of sepal spots or stripes (colors) among the germplasms was similar, with a rich variety of expressions for the features on the flower sepals. The CV for qualitative traits ranged from 9.86% to 83.81%, also showing a significant degree of variation. Among these, the CV value for leaf posture was the lowest (9.86%), while the CV values for lip shape (83.81%) and sepal color (70.69%) were the highest. Furthermore, the I index values for qualitative traits ranged between 4 and 5, indicating a high level of diversity in qualitative traits among the germplasms. The Simpson index (D) for qualitative traits ranged from 0.985 to 0.991, close to the value of 1, suggesting a relatively uniform distribution of qualitative traits and a high degree of diversity among

收稿日期 2024-07-06; 修回日期 2024-08-19

基金项目 福建省种业创新与产业化工程林业项目 (No. ZYCX-LY-202102)。

作者简介 朱尾银 (1979—), 女, 学士, 高级工程师, 研究方向: 林木花卉栽培、组培快繁及杂交育种; E-mail: Zhuweiyin79@163.com。

the germplasms. Principal component analysis was conducted on 33 phenotypic traits of the germplasms, and the first 10 principal components were extracted based on the criterion that the characteristic root value is greater than 1. The characteristic value of the first 10 principal components was 6.406, 4.475, 2.840, 2.425, 2.139, 1.619, 1.517, 1.430, 1.163, and 1.038, with a cumulative contribution rate of 75.917%. The number of flower parts among the phenotypic traits had a significant weight in the principal components, indicating it is a major phenotypic trait of *C. ensifolium*. Hierarchical clustering analysis was performed on the germplasms using Euclidean distance, resulting in a dendrogram. At the 15th Euclidean distance, the germplasms were clustered into five major groups, with the main features of phenotypic traits concentrated in quantitative traits, especially in the significant weight of the number of flower parts, consistent with the results of the principal component analysis. This study explored the genetic diversity and relationships among *C. ensifolium* varieties through morphological trait diversity analysis, providing a basis for the scientific management and conservation of *C. ensifolium* germplasm resources. It also offers valuable genetic materials for future *C. ensifolium* breeding work.

Keywords: *Cymbidium ensifolium*; quantitative traits; qualitative traits; principal component analysis; cluster analysis

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2025.01.007

建兰 (*Cymbidium ensifolium*) 隶属于兰科 (Orchidaceae) 兰属 (*Cymbidium*), 又名四季兰, 是一种具有悠久栽培历史的观赏植物^[1-2]。自古以来, 建兰以其优雅的花姿、淡雅的香气和丰富的文化内涵受到人们的喜爱, 尤其在中国, 它不仅是园林艺术中的瑰宝, 更是文人墨客笔下的常客, 中国南宋时期, 赵时庚著作的《金漳兰谱》, 就详细记录了建兰的品种特性、栽培以及繁殖方法^[3]。建兰原产于亚洲热带和亚热带地区, 自然分布范围广泛, 包括中国南部、印度、东南亚等地。其生长习性多样, 既能在山野林间自由生长, 也能适应人工栽培环境^[4]。

随着现代园艺技术的发展, 建兰的栽培和繁殖技术得到了极大的提升, 市场上建兰品种繁多, 种质资源丰富。为了挖掘具有观赏价值与市场前景的优良建兰品种, 并对其杂交选育后代拓宽新的市场潜力, 建兰种质资源的表型性状研究是最基础和最关键的一个研究方法。表型性状研究作为植物种质资源遗传多样性研究的一种直观且基础的方法, 它是植物优良品种选育的基础研究。深入了解和准确掌握种质资源的多样性水平, 对于发掘潜在的有益资源、创新种质等方面, 具有至关重要的意义^[5-7]。

迄今为止, 我国兰科兰属植物的研究更多集中于品种鉴别分类^[8-10]、高效栽培研究^[11-15]、组织培养技术^[16-17]以及分子调控机理机制^[18-20]等方面, 而对于兰属植物种质资源表型性状的研究主要集中在春兰^[21-23]和蕙兰^[24-26], 建兰较少。傅巧娟等^[27]通过对 62 份建兰种质的 41 个表型性状进行遗传多样性分析, 主成分分析提取 11 个主成分, 聚类分析划分为两大类, 为建兰种质评价与

杂交育种中亲本选择提供了主要表型指标。王宏利等^[28]研究了 30 份不同来源的建兰种质资源的 25 个表型性状并进行主成分分析, 提取 6 个主成分, 确定花葶高度、花长和唇瓣长等性状在花部性状中贡献值最大, 聚类分析被分别归于 4 个类群, 为建兰的品种改良和遗传育种提供了重要的科学依据。本研究通过对 77 份不同来源的建兰种质品种进行表型性状多样性分析研究, 筛选出重要的遗传表型性状, 为未来的建兰育种工作提供宝贵的遗传材料, 推动建兰品种的创新和改良, 为建兰优良品种的杂交选育提供科学的参考。

1 材料与方法

1.1 材料

77 份建兰种质材料来自于福建省林业科技试验中心的中国兰花 (建兰、墨兰) 省级花卉种质资源库, 种质材料来自福建、广东、四川、浙江、台湾等地, 种植在种质资源库内, 每 2 a 分盆 1 次, 每隔 4 个月施放 1 次缓释肥。77 份建兰种质材料详见表 1。

1.2 方法

1.2.1 表型性状的选取与评价指标 表型性状的选取主要参考《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南-兰属 (NY/T 2441—2013)》(以下简称《测试指南》), 结合艾叶等^[29]、王宏利等^[28]对建兰表型性状的分析, 选取 33 个表型性状。其中, 21 个数量性状包括植株高度、叶片数、叶片长度、叶片宽度、花序长、花序梗长、花序梗粗、花序梗数、花朵数、花长度、花宽度、中萼片长度、中萼片宽度、侧萼片长度、侧萼片宽度、花瓣长度、花瓣宽度、唇瓣长度、唇瓣宽度、合蕊

表 1 供试的建兰种质材料
Tab. 1 Tested *C. ensifolium* germplasm materials

序号 No.	品种 Variety	序号 No.	品种 Variety	序号 No.	品种 Variety	序号 No.	品种 Variety
1	吉利三星 Jilisanxing	21	大圣梅 Dashengmei	41	新君荷 Xinjunhe	61	青龙荷蝶 Qinglonghedie
2	银边大贡 Yinbiandagong	22	霁月梅 Jiyuemei	42	绯燕 Feiyan	62	夏皇梅 Xiahuangmei
3	金丝马尾 Jinsimawei	23	峨嵋弦 Emeixian	43	玉竹 Yuzhu	63	红荷 Honghe
4	金皱红荷 Jinzhouhonghe	24	素三星 Susanxing	44	秋榜 Qiubang	64	举国欢庆 Juguohuanqing
5	绿鸟嘴 Lüniaozui	25	荷鼎 Heding	45	素君荷 Sujunhe	65	盖世梅 Gaishimei
6	大凤素 Dafengsu	26	碧玉水仙 Biyushuixian	46	雪玉 Xueyu	66	梅蝶 Meidie
7	大果 Daguo	27	连城素荷 Lianchengsuhe	47	复色水仙 Fuseshuixian	67	千霞冠 Qianxiaguan
8	玉凝脂 Yuningzhi	28	红宋梅 Hongsongmei	48	一品青莲 Yipinqinglian	68	将相和 Jiangxianghe
9	红玉 Hongyu	29	大宝岛 Dabaodao	49	娇鹤 Jiaohe	69	太白邀月 Taibaiyaoyue
10	铁骨银针 Tieguyinzhēn	30	芽黄素 Yahuanagsu	50	福州素荷 Fuzhousuhe	70	素玉 Suyu
11	蝴蝶王 Hudiewang	31	高山春色 Gaoshanchunse	51	玉皇水仙 Yuhuangshuixian	71	玉女丹心 Yunüdanxin
12	白如意 Bairuyi	32	青山玉泉 Qingshanyuquan	52	玲珑梅 Linglongmei	72	龙岩素 Longyansu
13	丹霞 Danxia	33	东方红荷 Dongfanghonghe	53	中华水仙 Zhonghuashuixian	73	市长红 Shizhanghong
14	雨燕 Yuyan	34	赤丹 Chidan	54	祥荷 Xianghe	74	新品三星蝶 Xinpinsanxingdie
15	红君荷 Hongjunhe	35	四季素 Sijisu	55	桃娇 Taojiao	75	牙签 Yaqian
16	蝶仙 Diexian	36	大青龙 Daqinglong	56	铁金刚 Tiejingang	76	仙野佛光 Xianyefoguang
17	玉姬 Yuji	37	绿玉水仙 Lüyushuixian	57	国色天香 Guosetianxiang	77	韵玉 Yunyu
18	十六罗汉 Shiliuluohan	38	灵兰 Linglan	58	粉黛 Fendai		
19	星虎 Xinghu	39	四季红宋梅 Sijihongsongmei	59	夏蕊蝶 Xiaruidie		
20	红纷 Hongfen	40	舞娘 Wunian	60	秀月 Xiuyue		

柱长度以及合蕊柱宽度,12个质量性状包括叶姿、叶片颜色、叶艺、花型、萼片颜色、萼片姿态、花瓣形状、花瓣颜色、花瓣姿态、唇瓣斑点或条纹、唇瓣形状、唇瓣颜色。

1.2.2 表型性状测定方法 2022—2023 年,在建兰盛花期间从供试的建兰种质品种中随机挑选 5 盆植株,平均每盆 5~8 苗不等且均有 1 枝花萼以上,对每盆里开花株最壮的 1 苗进行数量性状和质量性状的测定与数据收集。数量性状使用直尺、游标卡尺以及卷尺进行测量,质量性状的颜色测定使用英国皇家园艺学会标准比色卡(RHSCC),颜色测量时间选择上午 8:30 至下午 4:30,在自然光条件且光线无遮挡情况下,通过比色卡光孔位置,记录对应的颜色编号,且参照《测试指南》、艾叶等^[29]、王宏利等^[28]对记录的所有质量性状指标进行赋值转化。其他质量性状通过目测得到并记录。数量性状及测量方法详见表 2,质量性状的赋值规则详见表 3。

1.3 数据处理

以 2022—2023 年测定数据的平均值为依据。用 Excel 软件计算 77 份建兰种质品种数量性状的

最大值(Max)、最小值(Min)、平均值(M)、标准差(S)、方差(V)以及变异系数(CV),同时使用 Past 软件(版本 4.09)计算数量性状的 Shannon-Wiener 指数,分析建兰种质数量性状的表型遗传多样性程度。

用 Excel 软件对部分质量性状进行二元统计,计算其对应性状材料数和分布比例。同时,对测定的所有质量性状进行赋值后,分析计算其对应性状材料数、频率、M、S、V、CV。使用 Past 软件(版本 4.09)计算质量性状的 Shannon-Wiener 指数与 Simpson 指数,分析建兰种质质量性状的表型遗传多样性程度与丰富程度。

使用 SPSS 26 软件对建兰种质品种进行主成分分析和系统聚类分析,绘制树状聚类图。

2 结果与分析

2.1 数量性状多样性分析

生物群体数量性状的差异性和多样性常用 CV 和 Shannon-Wiener 指数(I)来表示。从表 4 中可以看出,77 份建兰种质品种的 21 个数量性状 CV 大小范围为 14.72%~42.79%,各个数量性

表 2 建兰数量性状及测量方法
Tab. 2 Quantitative traits and measurement methods for *C. ensifolium*

数量性状 Quantitative trait	测量方法 Measurement methods
植株高度/cm	叶片基部至植株上部平面的高度
叶片数/个	单株中叶片的数量
叶片长度/cm	单株叶片中最长的叶片长度
叶片宽度/cm	单株最长叶片的最宽处宽度
花序长/cm	从假鳞茎侧部伸出的一条或多条直立或弯曲的花枝长度
花序梗长/cm	单个花朵与花序主体相连的小梗（花柄）长度
花序梗粗/mm	游标卡尺所测花梗直径
花序梗数/个	盆内所有花序梗（包括正在开花的和即将开花）
花朵数/个	单个花葶花朵的数量
花长度/cm	花长度的平均值
花宽度/cm	花宽度的平均值
中萼片长度/cm	中萼片长度的平均值
中萼片宽度/cm	中萼片宽度的平均值
侧萼片长度/cm	侧萼片长度的平均值
侧萼片宽度/cm	侧萼片宽度的平均值
花瓣长度/cm	花瓣基部至顶端的直线距离
花瓣宽度/cm	花瓣两侧之间的距离
唇瓣长度/cm	唇瓣展开时唇瓣基部至顶端的长度
唇瓣宽度/cm	唇瓣展开时两侧之间的距离
合蕊柱长度/cm	合蕊柱基部至顶端的长度
合蕊柱宽度/cm	合蕊柱两侧之间的距离

表 3 建兰质量性状的赋值规则
Tab. 3 Assignment rules for qualitative traits of *C. ensifolium*

质量性状 Qualitative trait	赋值规则 Assignment rules				
	1	2	3	4	5
叶姿	—	下垂	直立	半直立	半下垂
叶片颜色	浅绿色	中绿色	绿色	黄绿色	深绿色
叶艺	—	—	无	—	有
花型	—	竹叶瓣	蝶花	梅瓣/ 水仙瓣	荷瓣
萼片颜色	黄绿	复色	白	粉红	紫红
萼片姿态	反卷	—	平展	—	内弯
花瓣形状	线形	披针形	倒卵形	菱形	椭圆或圆形
花瓣颜色	黄绿	复色	白	粉红	紫红
花瓣姿态	反卷	—	平展	—	内弯
唇瓣斑点或条纹	—	—	无	—	有
唇瓣形状	三角形	梯形	匙形	扁圆形	近圆形
唇瓣颜色	—	黄绿	黄/绿	白	红

注：—表示无此项。
Note: — indicates that there is no such item.

状的变异程度较大。其中，花长度的 CV 值最低（14.72%），说明此性状在各个种质之间相对稳定，变化不大。而花序梗数量的 CV 值最高（42.79%），其次是花朵数（41.67%），表明种质间的花部数量性状存在丰富的遗传多样性。同时，数量性状的 *I* 指数均大于 4，且接近 5，这一结果与数量性状对应的 CV 值相互契合。

2.2 质量性状分析

2.2.1 二元性状分布分析 共有 11 个质量性状显示为“有”或“无”。从表 5 可以看出，叶片无叶艺、花瓣有斑点或条纹（颜色）、唇瓣有斑点或条纹（颜色）、花瓣无唇瓣化、萼片无唇瓣化、合蕊柱无斑点或条纹以及有香味的居多，分布比例均在 70%以上，其中萼片唇瓣化和香味均达到了 100.0%。77 份种质品种的萼片斑点或条纹（颜色）的分布比例相近，这说明花部萼片斑点或条纹的表现形式丰富。

2.2.2 变异分析与有序多态性状分析 从表 6 可以看出，12 个质量性状的 CV 值范围在 9.86%~83.81%之间，各质量性状的变异程度较大，其中，叶姿的 CV 值最低（9.86%），唇瓣形状的 CV 值最高（83.81%），萼片颜色次之（70.69%）。另外，质量性状的 *I* 指数范围在 4~5 之间，说明建兰种质质量性状的多样性相当高，这一结果与性状对应的 CV 值情况相互契合。

辛普森指数（Simpson index, *D*）范围从 0 到 1，数值越接近 1 表示物种分布越均匀，多样性越高。反之，数值越接近 0 表示物种分布越不均匀，可能存在少数物种占主导地位，多样性较低。所以，从表 6 可以发现，质量性状的 *D* 值范围在 0.985~0.991 之间，接近数值 1。因此，从辛普森指数来看，建兰种质品种的质量性状分布较为均匀，多样性程度较高。

2.3 主成分分析

对建兰种质 33 个表型性状进行主成分分析，按照特征根值大于 1 为原则，提取出前 10 个主成分。从表 7 中可以看出，前 10 个主成分的特征值分别是 6.406、4.475、2.840、2.425、2.139、1.619、1.517、1.430、1.163、1.038，累积贡献率为 75.917%。

第一主成分的方差贡献率为 19.411%，特征值较大的性状有中萼片与侧萼片长度、花长度与花宽度、花瓣长度与唇瓣长度。其中，中萼片长度的特征值最大，其值为 0.913。花型的特征值最小，其值为-0.698，这与花的数量性状呈现一定

表 4 建兰数量性状多样性分析
Tab. 4 Analysis of quantitative trait diversity of *C. ensifolium*

数量性状 Quantitative trait	Max	Min	M	S	V	CV/%	I
植株高度/cm	49.00	14.00	28.48	7.22	52.19	25.37	4.330
叶片数/个	5.00	3.00	3.62	0.58	0.34	16.05	4.468
叶片长度/cm	66.00	23.00	41.57	8.23	67.79	19.81	4.336
叶片宽度/cm	2.55	0.70	1.49	0.37	0.14	24.71	4.644
花序长/cm	43.00	14.00	30.32	6.63	43.95	21.87	4.336
花序梗长/cm	4.00	1.93	2.94	0.47	0.22	16.13	4.499
花序梗粗/mm	3.90	1.90	2.94	0.42	0.18	16.66	4.526
花序梗数/个	12.50	1.00	4.34	1.86	3.44	42.79	4.372
花朵数/个	12.50	1.00	4.42	1.84	3.39	41.67	4.375
花长度/cm	7.50	3.17	5.58	0.82	0.67	14.72	4.421
花宽度/cm	6.00	1.56	4.19	0.95	0.90	22.66	4.434
中萼片长度/cm	4.10	1.00	2.80	0.62	0.38	21.98	4.495
中萼片宽度/cm	1.56	0.40	0.88	0.23	0.05	26.74	4.872
侧萼片长度/cm	4.10	0.97	2.63	0.61	0.37	23.20	4.504
侧萼片宽度/cm	1.42	0.30	0.77	0.20	0.04	25.17	4.949
花瓣长度/cm	3.20	0.80	2.11	0.47	0.22	22.30	4.552
花瓣宽度/cm	1.32	0.30	0.81	0.21	0.04	25.78	4.918
唇瓣长度/cm	2.50	0.60	1.70	0.39	0.15	22.98	4.607
唇瓣宽度/cm	1.60	0.48	0.90	0.22	0.05	24.56	4.862
合蕊柱长度/cm	1.90	0.55	1.14	0.20	0.04	17.42	4.762
合蕊柱宽度/cm	0.70	0.30	0.47	0.09	0.01	19.42	5.382

表 5 建兰质量性状二元性状分布分析
Tab. 5 Distribution analysis of binary trait of *C. ensifolium* in qualitative traits

质量性状 Qualitative trait	性状显示 The trait display	对应性状材料数 Numbers of the trait materials	分布比例 Distribution proportion/%
叶艺	有	5	6.49
	无	72	93.51
萼片斑点或条纹	有	36	46.75
	无	41	53.25
萼片斑点或条纹颜色	有	36	46.75
	无	41	53.25
花瓣斑点或条纹	有	56	72.73
	无	21	27.27
花瓣斑点或条纹颜色	有	56	72.73
	无	21	27.27
唇瓣斑点或条纹	有	58	75.32
	无	19	24.68
唇瓣斑点或条纹颜色	有	58	75.32
	无	19	24.68
花瓣唇瓣化	有	12	15.58
	无	65	84.42
萼片唇瓣化	有	0	0
	无	77	100.00
合蕊柱斑点或条纹	有	19	24.68
	无	58	75.32
香味	有	77	100.00
	无	0	0

程度的负相关性。第二主成分的方差贡献率为 13.559%,特征值较大的性状有中萼片与侧萼片宽度、花瓣宽度与唇瓣宽度,特征值的范围在 0.758~0.882 之间。第三主成分的方差贡献率为 8.607%,特征值较大的性状有植株高度、花序长、花序梗数以及花朵数,特征值的范围在 0.577~0.762 之间。第四和第五主成分的方差贡献率分别为 7.350%和 6.482%,特征值较大的性状有合蕊柱长度、萼片与花瓣颜色,特征值分别为 0.585、0.844 和 0.796。

从主成分分析结果可知,建兰种质的花部位数量性状占据的主成分权重较大,是建兰主要的表型性状指标,可作为建兰种质资源收集与杂交选育的参考标准之一。

2.4 聚类分析

对 77 份建兰种质采用欧式距离 (euclidean distance) 进行系统聚类分析,得到树状聚类图。从图 1 可以看出,在欧氏距离的 15 处可将种质分为五大群体。

类群 I 共有 13 份种质,分别是金皱红荷、红玉、铁骨银针、蝴蝶王、丹霞、荷鼎、连城素荷、东方红荷、赤丹、夏蕊蝶、青龙荷蝶、太白邀月、新品三星蝶。该类群的主要表型性状特征是植株矮、叶片短,萼片颜色以黄绿为主,花瓣性状

表 6 建兰质量性状的变异分析与有序多态性状分析

Tab. 6 Variation analysis and ordered polymorphism analysis of *C. ensifolium* in qualitative traits

质量性状 Qualitative trait		对应性状材料数 Numbers of the trait materials	频率 The frequency/%	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	CV/%	<i>I</i>	<i>D</i>
叶姿	半下垂	69	89.61	4.86	0.48	0.23	9.86	4.440	0.990
	半直立	6	7.79						
	直立	1	1.30						
	下垂	1	1.30						
叶片颜色	深绿色	71	92.21	4.77	0.81	0.66	16.98	4.429	0.989
	中绿色	6	7.79						
叶艺	有	5	6.49	3.13	0.50	0.25	15.85	4.491	0.991
	无	72	93.51						
花型	荷瓣	11	14.29	2.88	1.18	1.39	40.95	4.437	0.989
	梅瓣/水仙瓣	16	20.78						
	蝶花	3	3.90						
	竹叶瓣	47	61.04						
萼片颜色	紫红	2	2.60	1.62	1.15	1.32	70.69	4.452	0.989
	粉红	9	11.69						
	白	2	2.60						
	复色	9	11.69						
	黄绿	55	71.43						
萼片姿态	内弯	4	5.19	3.08	0.51	0.26	16.47	4.491	0.991
	平展	72	93.51						
	反卷	1	1.30						
花瓣形状	椭圆或圆形	51	66.23	3.81	1.80	3.24	47.29	4.333	0.988
	菱形	4	5.19						
	线形	22	28.57						
花瓣颜色	紫红	1	1.30	1.55	1.08	1.17	70.06	4.475	0.989
	粉红	9	11.69						
	白	2	2.60						
	复色	7	9.09						
	黄绿	58	75.32						
花瓣姿态	内弯	11	14.29	3.13	0.94	0.88	29.93	4.455	0.990
	平展	60	77.92						
	反卷	6	7.79						
唇瓣斑点或条纹	无	19	24.68	3.49	0.87	0.75	24.84	4.457	0.990
	有	58	75.32						
唇瓣形状	近圆形	8	10.39	1.73	1.45	2.10	83.81	4.358	0.985
	扁圆形	8	10.39						
	三角形	61	79.22						
唇瓣颜色	红	1	1.30	2.88	0.46	0.21	15.89	4.502	0.991
	白	1	1.30						
	黄/绿	63	81.82						
	黄绿	12	15.58						

以椭圆或圆形为主。

类群Ⅱ共有 2 份种质，分别是大宝岛与芽黄素。该类群的主要表型性状特征是叶片窄、花序短、花序梗长且细、花朵数少、花长度高、侧萼片长、唇瓣与合蕊柱长，花型以竹叶瓣为主。

类群Ⅲ共有 2 份种质，分别是牙签与仙野佛

光。该类群的主要表型性状特征是花序梗数少、唇瓣宽度窄。

类群Ⅳ共有 57 份种质，分别是吉利三星、银边大贡、金丝马尾、绿鸟嘴、大风素等。该类群的主要表型性状特征是花序梗粗、花部表型性状丰富多样化。

表 7 建兰种质主成分分析
Tab. 7 Principal component analysis of *C. ensifolium* germplasm

性状 Trait	主成分 Principal component									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
特征值	6.406	4.475	2.840	2.425	2.139	1.619	1.517	1.430	1.163	1.038
贡献率/%	19.411	13.559	8.607	7.350	6.482	4.907	4.598	4.333	3.524	3.147
累积贡献率/%	19.411	32.970	41.578	48.927	55.409	60.316	64.914	69.247	72.771	75.917
植株高度	0.118	-0.187	0.577	0.008	0.064	-0.015	0.263	0.221	-0.308	0.426
叶片数	0.084	0.067	0.264	-0.180	0.247	0.037	0.537	0.117	0.300	-0.200
叶片长度	0.076	-0.013	0.453	-0.404	0.393	0.199	0.225	0.091	-0.253	0.013
叶片宽度	-0.289	0.410	0.271	0.257	-0.418	0.107	-0.114	0.158	-0.158	0.287
花序长	0.023	0.126	0.738	-0.090	-0.072	-0.022	0.272	-0.092	-0.080	-0.095
花序梗长	0.495	0.177	-0.020	-0.050	0.062	0.382	-0.434	-0.373	-0.145	0.173
花序梗粗	-0.394	0.340	0.179	-0.055	-0.447	0.346	0.193	-0.120	-0.028	0.107
花序梗数	-0.066	0.273	0.762	0.048	0.134	-0.302	-0.353	-0.113	0.202	-0.100
花朵数	-0.067	0.173	0.752	0.149	0.202	-0.244	-0.331	-0.121	0.301	-0.069
花长度	0.789	0.307	0.038	-0.064	-0.022	0.213	-0.141	-0.143	-0.146	0.028
花宽度	0.802	0.170	0.144	-0.044	-0.028	0.109	0.069	0.021	-0.252	-0.204
中萼片长度	0.913	0.158	-0.029	-0.013	-0.050	-0.108	0.002	-0.014	-0.039	-0.018
中萼片宽度	-0.175	0.882	-0.157	0.146	-0.012	0.035	0.035	0.119	0.011	0.029
侧萼片长度	0.886	0.285	-0.056	-0.116	0.104	-0.059	0.039	-0.039	0.013	-0.099
侧萼片宽度	-0.125	0.829	-0.167	0.052	0.183	0.155	0.025	0.117	0.105	-0.036
花瓣长度	0.880	0.134	0.062	0.144	-0.013	-0.015	0.087	0.128	0.047	-0.014
花瓣宽度	0.217	0.821	-0.095	-0.001	0.033	-0.138	0.055	0.081	0.007	-0.179
唇瓣长度	0.788	0.233	0.013	0.194	0.072	-0.131	0.103	0.118	0.198	0.201
唇瓣宽度	-0.062	0.758	-0.031	0.273	-0.214	-0.056	0.024	0.063	0.050	0.217
合蕊柱长度	0.411	0.090	-0.121	-0.101	0.585	0.314	-0.005	-0.052	0.220	0.231
合蕊柱宽度	-0.325	0.419	0.117	-0.133	-0.184	0.197	-0.027	-0.139	-0.283	-0.551
叶姿	-0.156	0.181	-0.165	0.216	0.155	-0.054	0.169	-0.723	-0.032	0.065
叶片颜色	-0.177	0.172	0.190	0.207	-0.247	-0.222	0.472	-0.451	0.059	0.171
叶艺	0.182	-0.186	0.266	-0.202	-0.498	0.068	-0.350	0.279	0.243	0.035
花型	-0.698	0.456	-0.070	-0.039	0.101	0.033	-0.073	0.150	0.052	-0.047
萼片颜色	-0.054	-0.132	0.179	0.844	0.207	0.231	-0.055	0.140	-0.198	-0.073
萼片姿态	-0.288	0.223	0.056	-0.089	0.165	0.429	-0.037	-0.065	0.301	0.166
花瓣形状	-0.249	0.488	-0.221	0.050	0.273	-0.281	0.034	0.326	-0.114	0.026
花瓣颜色	-0.017	-0.234	0.169	0.796	0.259	0.243	-0.029	0.127	-0.169	-0.142
花瓣姿态	-0.414	0.126	0.241	-0.345	0.222	0.438	-0.120	-0.031	0.032	0.012
唇瓣斑点或条纹	0.357	0.030	0.053	-0.136	-0.519	0.340	0.208	0.168	0.144	-0.054
唇瓣形状	-0.438	0.136	-0.003	-0.423	0.350	-0.147	0.007	0.145	-0.259	0.162
唇瓣颜色	-0.140	-0.318	-0.048	0.342	0.070	0.336	0.263	0.091	0.365	-0.130

类群 V 共有 3 份种质，分别是高山春色、娇鹤与红荷。该类群的主要表型性状特征是植株高、叶片长且宽、花序及花序梗长、花序梗数多、花朵数量多、花朵宽、花瓣长。

从分析结果可以得知，五大类群的主要表型性状区别主要集中在数量性状方面上，尤其在花

部位数量性状上的特征区别占据大部分，这与主成分分析结果一致。

3 讨论

通过对 77 份建兰种质资源的 33 个表型性状进行多样性分析、质量性状二元分析、主成分分

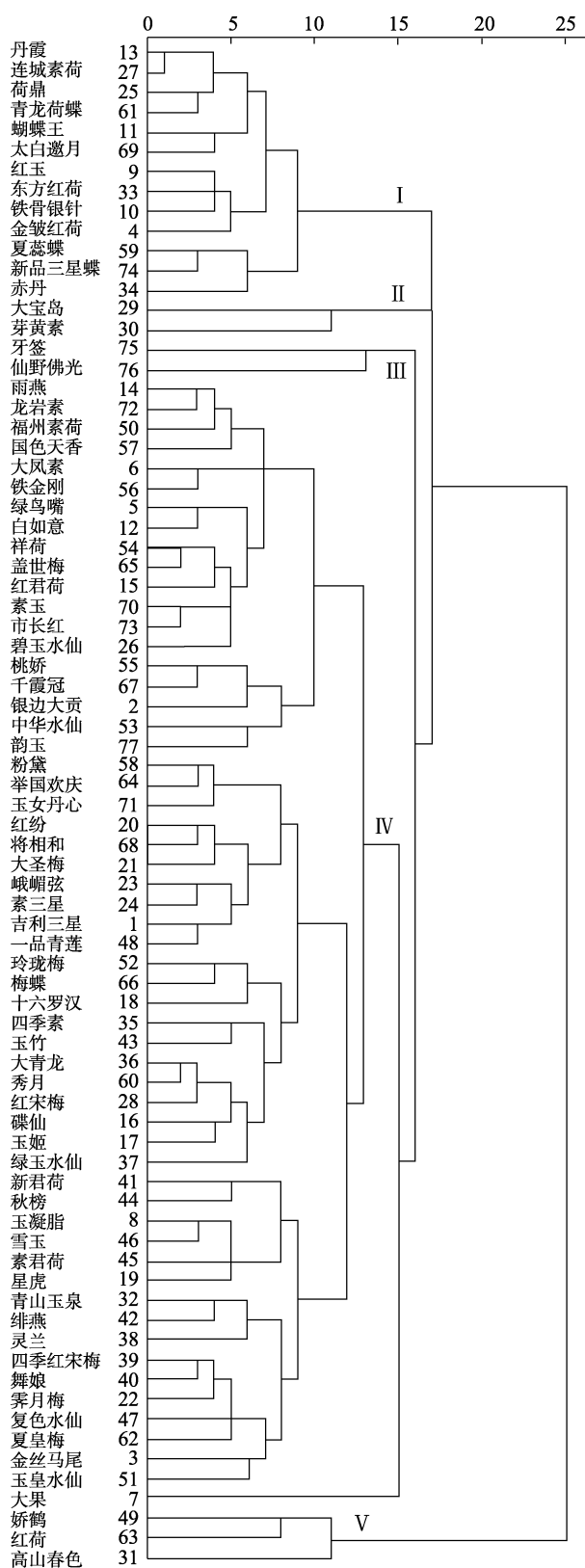


图 1 77 份建兰种质聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of 77 *C. ensifolium* germplasms

析和聚类分析筛选出重要的遗传表型性状。在表型性状的多样性分析中, 变异系数作为衡量性状

离散程度的指标, 其数值的大小直接反映了性状在不同种质间的差异程度。当 CV 值超过 10% 时, 即表示该性状在不同种质间的差异较大^[30-31]。建兰种质资源的数量性状变异程度范围在 14.72%~42.79% 之间, 说明其性状具有较高水平的多样性与品种创新改良的潜力。Shannon-Wiener 指数 (I) 和辛普森指数 (Simpson index, D) 用于衡量种质资源多样性的程度^[32-33]。77 份建兰种质资源的 I 指数范围在 4~5 之间, D 指数范围在 0.9~1 之间, 这 2 个指数的结果与性状对应的 CV 值情况相互契合, 说明建兰种质存在其他种/品种间的杂交, 亲本来源多样且复杂^[34]。同时, 本研究还注意到在质量性状中, 唇瓣形状的 CV 值最高 (83.81%), 这一结果与王宏利等^[28]在建兰表型性状的变异分析结果一致。在质量性状的二元分析中, 77 份种质品种的萼片斑点或条纹 (颜色) 的分布比例相近, 这说明花部萼片斑点或条纹的表现形式丰富。在主成分分析中, 建兰种质的花部位数量性状占据的主成分权重较大, 主要有中萼片长宽、侧萼片长宽、花长度与花宽度、花瓣长宽、唇瓣长宽、合蕊柱长度、花序长、花序梗数以及花朵数, 这些表型性状可以为建兰新品种选育提供科学的依据及参考。在聚类分析中, 将建兰种质分为五大群体。类群 I 以植株矮、叶片短、萼片黄绿、花瓣椭圆或圆形为主; 类群 II 以叶片窄、花序短、花序梗长且细、花少、花长高、侧萼片长、唇瓣与合蕊柱长、花型竹叶瓣为主; 类群 III 以花序梗少、唇瓣宽度窄为主; 类群 IV 以花序梗粗、花部表型性状丰富多样化为主; 类群 V 以植株高、叶片长且宽、花序及花序梗长、花序梗多、花朵多、花朵宽、花瓣长为主。在聚类分析中可知, 五大类群的表型性状特征主要集中在数量性状方面, 尤其在花部位数量性状上占据大部分, 这与主成分分析结果相互呼应。这一结论与王宏利等^[28]在建兰表型性状的主成分分析与聚类分析结果相契合。但是结论与傅巧娟等^[27]并不一致, 主要原因可能是研究中所选取的建兰种质品种不一致, 且植物表型性状的多样性受到当地物候条件与空间差异的多方面因素所影响^[35]。因此, 本研究通过对 77 份建兰种质资源进行表型性状多样性分析, 得出种质间存在较大的表型差异, 且通过主成分分析和聚类分析筛选出占据主成分权重较大的花部位数量性状和 5 个主要类群, 为建兰的品

种改良和杂交育种提供有力的理论支持。后续工作将持续进行建兰种质资源的表型性状多样性研究, 深入开展表型相关性、种质综合评价体系研究。下一步以分子基因标记技术和建兰表型性状多样性研究结合起来, 为培育优质种质资源、发掘优良基因提供科学的理论依据。

参考文献

- [1] 许东生. 中国建兰名品赏培[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.
XU D S. Appreciation and cultivation of Chinese *Cymbidium ensifolium*[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2003. (in Chinese)
- [2] 陈心启. 国兰及其品种全书[M]. 北京: 中国林业出版社, 2011.
CHEN X Q. Manual of Chinese *Cymbidiums* and their cultivars[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2011. (in Chinese)
- [3] 刘清涌. 中国兰花名品珍品鉴赏图典[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2004.
LIU Q Y. Illustrated compendium of distinguished and rare Chinese orchids[M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 2004. (in Chinese)
- [4] 林宏, 陈银凤. 建兰规模化生产体系规范化探讨[J]. 亚热带植物科学, 2007(3): 56-58.
LIN H, CHEN Y F. The key protocols for the standardization production of *Cymbidium ensifolium*[J]. Subtropical Plant Science, 2007(3): 56-58. (in Chinese)
- [5] STERPANSKY A, KOVALSKI I, PERL-TREVES R. Intraspecific classification of melons (*Cucumis melo* L.) in view of their phenotypic and molecular variation[J]. Plant Systematics and Evolution, 1999, 217(3/4): 313-332.
- [6] 杨乐琦, 仇淑芳, 唐菲, 黄丹枫, 唐东芹. 基于主成分分析的观赏生菜品质综合评价[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2015, 33(3): 53-60.
YANG L Q, QIU S F, TANG F, HUANG D F, TANG D Q. Comprehensive evaluation for ornamental lettuce based on principal component analysis[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science), 2015, 33(3): 53-60. (in Chinese)
- [7] 张叶, 叶蓓蕾, 邬静, 刘乐, 黎维诗, 郝代成, 谢尚潜, 凌鹏. 77 份文心兰种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 热带作物学报, 2021, 42(8): 2183-2190.
ZHANG Y, YE B L, WU J, LIU L, LI W S, HAO D C, XIE S Q, LING P. Analysis of genetic diversity of phenotypic traits of 77 *Oncidium* germplasm resources[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2021, 42(8): 2183-2190. (in Chinese)
- [8] 景袭俊, 胡凤荣. 兰科植物研究进展[J]. 分子植物育种, 2018, 16(15): 5080-5092.
JING X J, HU F R. Research progress of Orchidaceae[J]. Molecular Plant Breeding, 2018, 16(15): 5080-5092. (in Chinese)
- [9] 邓银霞. 中国兰品种资源与分类研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2008.
DENG Y X. Studies on the classification of the Chinese *Cymbidiums* cultivars[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- [10] 韩东. 国兰市场调查及国兰资源保护研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
HAN D. Study on investigation of *Cymbidiums* market and conservation of *Cymbidium* resource[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2009. (in Chinese)
- [11] 吴俊玲. 建兰的栽培管理技术[J]. 福建农业科技, 2008(2): 26-27.
WU J L. Cultivation and management techniques of *Cymbidium ensifolium*[J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 2008(2): 26-27. (in Chinese)
- [12] 陈翠云. 建兰无土栽培的基质筛选的研究[J]. 嘉应学院学报, 2009, 27(3): 88-92.
CHEN C Y. A study of screening of soilless cultures of *Cymbidium ensifolium*[J]. Journal of Jiaying University, 2009, 27(3): 88-92. (in Chinese)
- [13] 赵旻骏, 高小坤, 朱尾银, 吴鹏程, 汪浩鑫, 蓝家富, 杨志, 林佳佳. 建兰‘高山春色’在不同环境条件下栽培对比试验[J]. 山东林业科技, 2023, 53(6): 75-78.
ZHAO M J, GAO X K, ZHU W Y, WU P C, WANG H X, LAN J F, YANG Z, LIN J J. Comparative experiment on cultivation of *Cymbidium ensifolium* 'Gaoshanchunse' under different environmental conditions[J]. Journal of Shandong Forestry Science and Technology, 2023, 53(6): 75-78. (in Chinese)
- [14] 黄萍萍, 刘霖, 陈红玉. 建兰的栽培管理[J]. 现代园艺, 2014(16): 37.
HUANG P P, LIU L, CHEN H Y. Cultivation and management of *Cymbidium ensifolium*[J]. Contemporary Horticulture, 2014(16): 37. (in Chinese)
- [15] 赵旻骏. 墨兰‘潮州素荷’高效栽培技术初探[J]. 湖北林业科技, 2023, 52(6): 24-27.
ZHAO M J. Preliminary study on efficient cultivation techniques of *Cymbidium sinense* 'Chaozhousuhe'[J]. Hubei Forestry Science and Technology, 2023, 52(6): 24-27. (in Chinese)
- [16] 叶秀仙, 黄敏玲, 林榕燕, 林兵, 钟淮钦. 素心建兰无菌播种快繁技术研究[J]. 福建农业学报, 2015, 30(10): 939-943.

- YE X X, HUANG M L, LIN R Y, LIN B, ZHONG H Q. Aseptic sowing and rapid propagation of *Cymbidium ensifolium* var. *susin*[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2015, 30(10): 939-943. (in Chinese)
- [17] 王济红, 刘燕, 祁翔, 王莹, 向立容, 孙超. 建兰新品种黄金小神童组培育苗集成技术的优化[J]. 西南农业学报, 2014, 27(5): 2135-2140.
- WANG J H, LIU Y, QI X, WANG Y, XIANG L R, SUN C. Optimization of integrated technology for tissue culture of *Cymbidium* Golden Elf Sundust[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2014, 27(5): 2135-2140. (in Chinese)
- [18] YANG F X, ZHU G F, WANG Z, LIU H L, HUANG D. A putative miR172-targeted *CeAPETALA2-like* gene is involved in floral patterning regulation of the orchid *Cymbidium ensifolium*[J]. Genetics and Molecular Research, 2015, 14(4): 12049-12061.
- [19] LI X B, LUO J, YAN T L, XIANG L, JIN F, QIN D H, SUN C B, XIE M. Deep sequencing-based analysis of the *Cymbidium ensifolium* floral transcriptome[J]. PLoS One, 2013, 8(12): 1-13.
- [20] LI X B, JIN F, JIN L, AARON J, MA X, SHU X L, WU D X, JIN G Q. Characterization and comparative profiling of the small RNA transcriptomes in two phases of flowering in *Cymbidium ensifolium*[J]. BMC Genetics, 2015, 16(1): 622-638.
- [21] 魏晓羽, 刘红, 瞿辉, 李风童, 袁媛, 刘春贵, 马辉, 张甜, 包建忠, 孙叶. 158 份春兰种质资源的表型多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2022, 23(2): 398-411.
- WEI X Y, LIU H, QU H, LI F T, YUAN Y, LIU C G, MA H, ZHANG T, BAO J Z, SUN Y. Phenotypic diversity analysis of 158 *Cymbidium goeringii* germplasm resources[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(2): 398-411. (in Chinese)
- [22] 傅巧娟, 李春楠, 张晓莹, 赵福康. 基于表型性状的春兰种质遗传多样性分析[J]. 农学学报, 2020, 10(11): 65-71.
- FU Q J, LI C N, ZHANG X Y, ZHAO F K. Genetic diversity analysis of phenotypic traits of *Cymbidium goeringii*[J]. Journal of Agriculture, 2020, 10(11): 65-71. (in Chinese)
- [23] 张韶伊, 范义荣, 褚怡, 孙玉芬, 宁惠娟. 春兰属植物表型性状的多样性研究[J]. 北方园艺, 2013(12): 68-72.
- ZHANG S Y, FAN Y R, CHU Y, SUN Y F, NING H J. Study on the phenotypic traits of *Cymbidium* species diversity[J]. Northern Horticulture, 2013(12): 68-72. (in Chinese)
- [24] 宋军阳, 苟大锋, 王敏, 刘财国, 张静. 春兰和蕙兰表型性状描述规范及种质资源信息编码系统初探[J]. 林业科技通讯, 2023(5): 18-21.
- SONG J Y, GOU D F, WANG M, LIU C G, ZHANG J. Preliminary study on specification of phenotypic traits and coding system of germplasm resources of *Cymbidium goeringii* and *Cymbidium faberi*[J]. Forest Science and Technology, 2023(5): 18-21. (in Chinese)
- [25] 陈君梅, 宋军阳, 韩王亚, 陈博文, 张显. 秦岭野生春兰和蕙兰的形态多样性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(2): 143-150.
- CHEN J M, SONG J Y, HAN W Y, CHEN B W, ZHANG X. Morphological diversity of wild *Cymbidium goeringii* and *Cymbidium faberi* in the Qinling mountains[J]. Journal of Northwest A & F University(Natural Science Edition), 2017, 45(2): 143-150. (in Chinese)
- [26] 王奎, 张越, 刘建国, 汪荣凤, 刘财国, 王善康, 肖庆良, 贾小明. 蕙兰艺草表型多样性研究[J]. 西北林学院学报, 2024, 39(3): 125-130.
- WANG K, ZHANG Y, LIU J G, WANG R F, LIU C G, WANG S K, XIAO Q L, JIA X M. Phenotypic diversity of *Cymbidium faberi* with variegated leaf[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2024, 39(3): 125-130. (in Chinese)
- [27] 傅巧娟, 赵福康, 张晓莹, 李春楠, 阮若昕. 62 份建兰种质表型多样性分析与综合评价[J]. 分子植物育种, 2024, 22(21): 7132-7141.
- FU Q J, ZHAO F K, ZHANG X Y, LI C N, RUAN R X. Phenotypic diversity analysis and comprehensive evaluation of 62 *Cymbidium ensifolium* resources[J]. Molecular Plant Breeding, 2024, 22(21): 7132-7141. (in Chinese)
- [28] 王宏利, 曾艳华, 卜朝阳. 30 份建兰种质资源的表型性状遗传多样性研究[J]. 热带作物学报, 2021, 42(6): 1557-1565.
- WANG H L, ZENG Y H, BU Z Y. Genetic diversity of phenotypic traits of 30 *Cymbidium ensifolium* germplasm resources[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2021, 42(6): 1557-1565. (in Chinese)
- [29] 艾叶, 陈璐, 兰思仁, 徐建球, 汪长水, 彭东辉. 基于层次分析法的建兰品种观赏价值综合评价[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2019, 48(6): 736-741.
- AI Y, CHEN L, LAN S R, XU J Q, WANG C S, PENG D H. Comprehensive evaluation of the ornamental value of *Cymbidium ensifolium* cultivars using analytical hierarchy process method[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 2019, 48(6): 736-741. (in Chinese)
- [30] 徐豪, 刘明国, 董胜君, 吴月亮, 张皓凯. 东北杏种质资源多样性及其地理变化[J]. 植物生态学报, 2019, 43(7): 585-600.
- XU H, LIU M G, DONG S J, WU Y L, ZHANG H K. Diversity and geographical variations of germplasm resources of *Armeniaca mandshurica*[J]. Chinese Journal of Plant

- Ecology, 2019, 43(7): 585-600. (in Chinese)
- [31] 白史且, 苟文龙, 张新全, 张新跃, 高荣, 刘世贵. 假俭草种群变异与生态特性的研究[J]. 北京林业大学学报, 2002(4): 97-101.
- BAI S Q, GOU W L, ZHANG X Q, ZHANG X Y, GAO R, LIU S G. Ecological characteristics and morphological variations of centipedegrass in different populations[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2002(4): 97-101. (in Chinese)
- [32] 张斌斌, 蔡志翔, 沈志军, 严娟, 马瑞娟, 俞明亮. 观赏桃种质资源表型性状多样性评价[J]. 中国农业科学, 2021, 54(11): 2406-2420.
- ZHANG B B, CAI Z X, SHEN Z J, YAN J, MA R J, YU M L. Diversity analysis of phenotypic characters in germplasm resources of ornamental peaches[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2021, 54(11): 2406-2420. (in Chinese)
- [33] 张倩男, 王晓敏, 芮文婧, 胡学义, 胡新华, 付金军, 高艳明, 李建设, 张亚红. 基于表型性状及抗病标记的番茄种质资源遗传多样性分析[J]. 西南农业学报, 2018, 31(1): 14-21.
- ZHANG Q N, WANG X M, RUI W J, HU X Y, HU X H, FU J J, GAO Y M, LI J S, ZHANG Y H. Genetic diversity analysis of tomato germplasm resources based on phenotypic traits and disease resistance markers[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2018, 31(1): 14-21. (in Chinese)
- [34] 徐婉, 林雅君, 赵莊, 周庄. 兰属植物资源与育种研究进展[J]. 园艺学报, 2022, 49(12): 2722-2742.
- XU W, LIN Y J, ZHAO Z, ZHOU Z. Advances in genetic resources and breeding research of *Cymbidium*[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2022, 49(12): 2722-2742. (in Chinese)
- [35] 李根, 邓凤彬, 金强, 赵振坤, 武鹏雨, 付嘉智, 刘春花, 张锐. 基于坚果表型性状的新疆老龄核桃种质资源多样性分析[J]. 中国果树, 2021(7): 33-38.
- LI G, DENG F B, JIN Q, ZHAO Z K, WU P Y, FU J Z, LIU C H, ZHANG R. Diversity and comparison of germplasm resources of aged walnut in Xinjiang based on phenotypic traits of nuts[J]. China Fruits, 2021(7): 33-38. (in Chinese)