

39 份朱槿品种资源表型多样性分析

杨思霞¹, 黄旭光^{1*}, 陆炎松¹, 黄爱玲¹, 黄宇寒¹, 霍 行¹, 廖堂贵²

1. 南宁市园林科研所, 广西南宁 530011; 2. 南宁市绿化工程管理中心, 广西南宁 530011

摘 要: 表型性状是育种的基础, 可以在一定程度上反映物种遗传变异情况, 探讨朱槿品种表型多样性, 为种质资源利用和新品种选育提供参考。本研究以 39 份朱槿品种资源为研究对象, 收集测量其 25 个表型性状数据, 包括 9 个数量性状及 16 个质量性状, 并进行多样性分析、相关性分析、聚类分析、主成分分析及综合评价。多样性分析结果表明: 39 份朱槿品种资源存在丰富的变异, 9 个数量性状的变异系数范围为 9.49~31.05, 其中花梗长度变异系数最大, 叶片长宽比变异系数最小, 多样性指数范围为 1.7592~2.0299, 其中花柱长度多样性指数最高, 花梗长度多样性指数最低; 16 个质量性状的多样性指数范围为 0.3898~1.3203, 其中花心眼区大小多样性指数最高, 花型多样性指数最低。相关性分析结果表明: 花径和花瓣长度、最外层花瓣形态和花瓣次色、叶片长度和叶片宽度、花瓣长度和花柱长度、花径和花柱长度、花瓣长度和花瓣宽度、花径和花瓣宽度呈极显著正相关; 花瓣宽度和花型、花柱长度和花型、叶片宽度和叶片长宽比、花瓣长度和花型呈极显著负相关。聚类分析结果表明: 在欧氏距离为 20 时, 可将 39 个朱槿品种分为 4 个类群, 第 I 类群包含 33 份朱槿品种资源, 主要特征是花径在 11~17 cm 之间, 可进一步划分成 2 个亚类; 第 II 类群包含 2 份品种资源, 主要特征是重瓣, 花径较小, 在 10~11 cm 之间; 第 III 类群包含 3 份品种资源, 主要特征是单瓣、花径大, 花径在 18~20 cm 之间; 第 IV 类群只包含 1 份品种资源。主成分分析共提取了 9 个主成分, 累计方差贡献率达 79.85%, 通过主成分计算 39 份朱槿品种资源的综合评分, 综合评分最高的品种是火凤凰, 其次为情人节、茉莉亚空中花园、飞将军; 综合评分最低的是月夜彩虹和巧克力蛋糕。

关键词: 朱槿; 种质资源; 表型性状; 多样性

中图分类号: S685.22 **文献标志码:** A

Phenotypic Diversity Analysis of 39 *Hibiscus rosa-sinensis* Cultivar Resources

YANG Sixia¹, HUANG Xuguang^{1*}, LU Yansong¹, HUANG Ailing¹, HUANG Yuhan¹, HUO Xing¹, LIAO Tanggui²

1. Nanning Landscape Architecture Research Institute, Nanning, Guangxi 530011, China; 2. Nanning Greening Project Management Center, Nanning, Guangxi 530011, China

Abstract: Phenotypic traits are the basis of breeding, which can reflect the genetic variation of species to a certain extent. Exploring the phenotypic diversity of *Hibiscus rosa-sinensis* cultivar can provide reference for the utilization of germplasm resources and the breeding of new varieties. In this study, 39 *H. rosa-sinensis* cultivar resources were selected as the research object. Data of 25 phenotypic traits were collected and measured, including 9 quantitative traits and 16 qualitative traits. Diversity analysis, correlation analysis, cluster analysis, principal component analysis and comprehensive evaluation were carried out. The results of diversity analysis showed that there was abundant variation in the 39 *H. rosa-sinensis* cultivar resources, and the coefficient of variation of 9 quantitative traits ranged from 9.49 to 31.05, among which, the coefficient of variation of pedicel length was the largest, and the coefficient of variation of leaf length/width was the smallest; the index of diversity was 1.7592 to 2.0299, among which the index of style length was the highest, and edicel length diversity index was the lowest. The diversity index of 16 quality traits ranged from 0.3898

收稿日期 2022-11-11; 修回日期 2023-01-05

基金项目 南宁市科技攻关项目 (No. 20192060)。

作者简介 杨思霞 (1988—), 女, 本科, 工程师, 研究方向: 园林植物研究与应用。*通信作者 (Corresponding author): 黄旭光 (HUANG Xuguang), E-mail: nnsylkys@163.com。

to 1.3203, among which the diversity index of flower heart and eye area was the highest, and the diversity index of flower pattern was the lowest. Correlation analysis showed that there were significant positive correlations between flower diameter and petal length, outermost petal morphology and petal secondary color, leaf length and leaf width, petal length and style length, flower diameter and style length, petal length and width, and flower diameter and petal width. There was a significant negative correlation between petal width and pattern, style length and pattern, leaf width and leaf length-width ratio, and petal length and pattern. The cluster analysis showed that the 39 species could be divided into four groups at Euclidean distance of 20. The I group contained 33 species resources, which were mainly characterized by the flower diameter between 11 cm and 17 cm, and could be further divided into two subgroups. The II group contained two species, which were mainly characterized by double petals and small flower diameter between 10 cm and 11 cm. The III group contained three species, which were characterized by single petals and large flower diameter, with the flower diameter between 18 cm and 20 cm. The IV group contained only one species. Principal component analysis showed that 9 principal components were extracted, the cumulative variance contribution rate of 79.85%. Through the calculation of main component of the 39 specie, the comprehensive score of Huo fenghuang was the highest, followed by Valentine's day, Moorea Hanging Garden and Fei jiangjun, while that of Yueyecaihong and Chocolate Cake was the lowest.

Keywords: *Hibiscus rosa-sinensis*; germplasm resources; phenotypic traits; diversity

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.04.008

朱槿 (*Hibiscus rosa-sinensis*) 是锦葵科 (*Hibiscaceae* J. Agardh) 木槿属 (*Hibiscus* L.) 植物, 又称扶桑、佛桑、大红花等, 为多年生常绿灌木^[1]。朱槿原产于中国南方地区, 在广东、广西、福建、云南等地均有种植, 为广西南宁市、广东茂名市、广东汕尾市、云南玉溪市等城市市花^[2]。朱槿花型较大, 花色丰富多样, 有红色、黄色、粉色、紫色、白色, 还有复色, 色彩鲜艳, 深受人们喜爱, 常用于家庭园艺, 也是重要的园林绿化景观植物。目前在国际朱槿协会 (International Hibiscus Society) 网站上登录的朱槿品种已达 23 800 多个品种, 朱槿种质资源丰富, 品种繁多, 应用前景广阔。早在 1987 年, 陈彬等^[3]开始对朱槿种质资源进行研究, 在广州、深圳、珠海、杭州、上海等地收集了 25 个朱槿品种, 并对这些朱槿品种的观赏、栽培、株型等性状进行观察评价。2009 年, 陈甲林等^[4]对海南朱槿品种资源进行调查, 初步确定 14 个品种, 还对这些朱槿品种的形态学特性进行详细观察并制定了分类检索表。熊秉红等^[5]在 2016 年开展朱槿品种选育时, 从国内外引进了 27 个朱槿品种, 并经过综合比较筛选出 8 个生长良好、价值较高的品种。表型性状是研究育种的基础, 可以在一定程度上反映物种遗传变异情况^[6], 表型多样性可以体现出遗传多样性, 目前还未见朱槿种质资源表型多样性详细分析的报道, 朱槿表型性状的研究对朱槿种质资源利用和新品种选育具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究选择的供试材料为南宁市园林科研所收集的朱槿品种资源共 39 份 (表 1), 栽培于广西壮族自治区南宁市青秀区长塘镇的朱槿繁育基地 (22°80'N, 108°67'E)。供试品种进行统一管理, 选取长势健壮, 性状稳定且均为二年生的植株。

1.2 方法

通过查阅相关文献资料, 并根据国家林业和草原局发布的行业标准《植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南木槿和朱槿》(LY/T 3209—2020), 选择 25 个性状对供试朱槿品种植株进行观察测量, 主要包括叶柄长度、叶片长度、叶片宽度、叶片长宽比、花梗长度、花径、花瓣长度、花瓣宽度、花柱长度共 9 个数量性状及主枝形态、枝密度、叶尖形态、叶基形状、叶片主色、叶缘锯齿、花型、最外层花瓣形态、花色、花瓣主色、花瓣次色、花瓣第三色、花心眼区大小 (相对于花瓣)、花心眼区主色、花瓣皱缩程度、柱头颜色共 16 个质量性状。性状的观察测量选择在盛花期进行, 质量性状主要采用目测法, 使用 RHS 标准比色卡测颜色, 使用直尺或游标卡尺测量数量性状的长度, 具体测量的性状和标准见表 2。

1.3 数据处理

对收集到的数量性状取平均值, 对质量性状进行赋值后, 采用 Excel 2010 软件计算平均值 ($\bar{X}$)、标准差 (S)、变异系数 (CV)、多样性指

表 1 39 份朱槿品种资源及编号
Tab. 1 Cultivar resources and numbers of 39 *H. rosa-sinensis*

编号 No.	品种名 Name of cultivar	品种图片 Picture of cultivar	品种来源 Cultivar origin	编号 No.	品种名 Name of cultivar	品种图片 Picture of cultivar	品种来源 Cultivar origin
1	F03		引进	14	月光迷情 Yueguangmiqing		引进
2	飞将军 Feijiangjun		引进	15	月夜彩虹 Yueyecaihong		引进
3	橘色恋曲 Juselianqu		引进	16	紫凤来仪 Zifenglaiyi		引进
4	美人花语 Meirenhuayu		引进	17	紫牡丹 Purple Peony		引进
5	梦幻霓裳 Menghuannichang		引进	18	钻石柠檬 Zuanshiningmeng		引进
6	梦幻之城 Menghuanzhicheng		引进	19	梦见大溪地 Dream About Tahiti		引进
7	柠檬红茶 Ningmenghongcha		引进	20	加勒比燃烧的心 Caribbean Burning Heart		引进
8	柠檬生活 Ningmengshenghuo		引进	21	紫色魔术 Purple Magic		引进
9	巧克力蛋糕 Chocolate Cake		引进	22	大溪地王子 Tahitian Prince		引进
10	日出 Richu		引进	23	骐乐 Qile		引进
11	素梅 Formosa Northland Winter		引进	24	茉莉亚空中花园 Moorea Hanging Garden		引进
12	甜蜜恋曲 Tianmilianqu		引进	25	部落格大道 RMMA Blog Avenues		引进
13	旭日 Cardinal		引进	26	玫瑰星云 Asia Rosette Nebula		引进

续表 1 39 份朱槿品种资源及编号
Tab. 1 Cultivar resources and numbers of 39 *H. rosa-sinensis* (continued)

编号 No.	品种名 Name of cultivar	品种图片 Picture of cultivar	品种来源 Cultivar origin	编号 No.	品种名 Name of cultivar	品种图片 Picture of cultivar	品种来源 Cultivar origin
27	梅杜莎的眼泪 Medusa's Tears		引进	34	邕韵 Yongyun		自育
28	水沙莲冰封的爱恋 Shuishalian Frozen Love		引进	35	紫霞仙子 Zixiaxianzi		引进
29	小丘英伦博士 Xiaoqiuyinglunboshi		引进	36	邕粉佳丽 Yongfenjiali		自育
30	湿婆 Shiva		引进	37	火凤凰 Huofenghuang		自育
31	甜芋蛋糕 Formosa Sweet Taros Cake		引进	38	邕红 Yonghong		自育
32	胭脂泪 Yanzhilei		引进	39	情人节 Valentine's Day		引进
33	海洋之心 Heart of Ocean		引进				

数 (H'), 并使用 SPSS 26.0 软件进行多样性分析、相关性分析、聚类分析和主成分分析^[7]。

变异系数 (CV) = (标准差/平均值) × 100%;

Shannon-Wiener 多样性指数 (H') = $-\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$, 其

中 $P_i = \frac{n_i}{N}$, n_i 为某一性状第 i 个品种的数值, N 为该性状数值的总和^[8-9]。对数量性状的多样性指数计算进行分级, 分为 10 级, 两级之间相差 $0.5S$, 分别为 $1 \text{ 级} \leq X - 2S$, $X - 2S < 2 \text{ 级} \leq X - 1.5S$, ..., $X + 1.5S < 9 \text{ 级} \leq X + 2S$, $10 \text{ 级} > X + 2S$, 以此类推^[10]。

2 结果与分析

2.1 朱槿品种资源数量性状多样性分析

从表 3 可知, 9 个数量性状的变异系数范围为 9.49%~31.05%, 平均变异系数为 19.27%, 供试的 39 份朱槿品种资源的表型数量性状存在较大程度的差异。变异系数最大的是花梗长度 (LP2),

为 31.05%, 标准差为 1.0576, 说明花梗长度的变异性最大, 较易产生变异, 但花梗长度相对不集中, 有轻微差距。变异系数最小的是叶片长宽比 (LWRL), 为 9.49%, 标准差为 0.1022, 说明叶片长宽比的变异性最小, 不易产生变异, 且长宽比的数值相对集中。

从表 4 可知, 9 个数量性状的多样性指数范围为 1.7592~2.0299, 平均多样性指数为 1.9362, 多样性指数最高的是花柱长度 (LS), 其次为叶片长度 (LL)、花瓣长度 (LP3)、叶片宽度 (WL), 多样性指数均大于 1.9800, 多样性指数最低的是花梗长度 (LP2)。

2.2 朱槿品种资源质量性状多样性分析

从表 5 可知, 16 个质量性状的多样性指数范围为 0.3898~1.3203。多样性指数最高的是花心眼区大小 (SFH), 为 1.3203, 其次多样性指数较高的还有柱头颜色 (CS)、花心眼区主色 (PCFH), 分别为 1.1651、1.0287。多样性指数最低的是花

表 2 朱槿品种表型性状及测量标准
Tab. 2 Phenotypic traits and measurement standard of *H. rosa-sinensis* cultivars

序号 No.	代号 Code	性状 Trait	测量标准及赋值标准 Measurement and assignment standard	性状类型 Trait type	测量方法 Measuring method
1	LP	叶柄长度	随机测量 10 片叶的叶柄长度，取平均值	数量性状	游标卡尺
2	LL	叶片长度	随机测量 10 片叶的叶长，取平均值	数量性状	游标卡尺
3	WL	叶片宽度	随机测量 10 片叶的叶宽，取平均值	数量性状	游标卡尺
4	LWRL	叶片长宽比	取以上叶长和叶宽的比值，取平均值	数量性状	计算
5	LP2	花梗长度	随机测 10 朵花的花梗长度，取平均值	数量性状	游标卡尺
6	FD	花径	随机测 10 朵花的花径，取平均值	数量性状	游标卡尺
7	LP3	花瓣长度	随机取 10 朵花，单瓣花测每朵花 1 个花瓣长度，重瓣花测每朵花最外和最内层各 1 个花瓣长度，取平均值	数量性状	游标卡尺
8	WP	花瓣宽度	随机取 10 朵花，单瓣花测每朵花 1 个花瓣宽度，重瓣花测每朵花最外和最内层各 1 个花瓣宽度，取平均值	数量性状	游标卡尺
9	LS	花柱长度	随机测 10 朵花的花柱长度，取平均值	数量性状	游标卡尺
10	MMB	主枝形态	直立=1，半直立=2，开展=3，半下垂=4	质量性状	目测
11	DB	枝密度	疏=1，中=2，密=3	质量性状	目测
12	MLT	叶尖形态	尖=1，钝尖=2	质量性状	目测
13	SLB	叶基形状	钝形=1，圆形=2，心形=3	质量性状	目测
14	PCL	叶片主色	浅绿色=1，中绿色=2，深绿色=3	质量性状	RHS 标准比色卡
15	SLM	叶缘锯齿	疏=1，中=2，密=3	质量性状	目测
16	FT	花型	单瓣=1，半重瓣=2，重瓣=3	质量性状	目测
17	FC	花色	单色=1，复色=2	质量性状	目测
18	MOLP	最外层花瓣形态	斜展=1，平展=2，反卷=3	质量性状	目测
19	PCP	花瓣主色	红色=1，橘色=2，黄色=3，粉色=4，紫色=5，棕色=6，玫红色=7，紫红色=8，白色=9	质量性状	RHS 标准比色卡
20	SCP	花瓣次色	无=1；红色=2，橘色=3，黄色=4，粉色=5，棕色=6，白色=7	质量性状	RHS 标准比色卡
21	TCP	花瓣第三色	无=1，黄色=2，粉色=3，白色=4	质量性状	RHS 标准比色卡
22	SFH	花心眼区大小(相对于花瓣)	无=1，小=2，中=3，大=4	质量性状	目测
23	PCFH	花心眼区主色	无=1，红色=2，粉色=3，白色=4	质量性状	RHS 标准比色卡
24	CEP	花瓣皱缩程度	无=1，弱=2，中=3，强=4	质量性状	目测
25	CS	柱头颜色	红色=1，橙色=2，黄色=3，无柱头=4	质量性状	RHS 标准比色卡

表 3 朱槿品种资源数量性状差异
Tab. 3 Discrepancy of different quantitative traits of *H. rosa-sinensis* cultivar resources

代号 Code	平均值 Mean/cm	最小值 Min/cm	最大值 Max/cm	标准差 SD/cm	变异系数 CV/%
LP	3.57	1.70	5.85	0.9471	26.51
LL	8.47	6.05	10.55	1.1694	13.81
WL	7.92	5.75	10.70	1.2982	16.39
LWRL	1.08	0.86	1.28	0.1022	9.49
LP2	3.41	1.85	6.05	1.0576	31.05
FD	14.82	10.10	19.40	2.2165	14.96
LP3	7.41	5.05	9.85	1.1427	15.42
WP	6.89	3.75	9.95	1.3660	19.84
LS	6.36	2.85	9.50	1.5615	24.53
平均值				1.2068	19.11

表 4 朱槿品种资源数量性状分布频率及多样性
Tab. 4 Distribution frequency and diversity of different quantitative traits of *H. rosa-sinensis* cultivar resources

代号 Code	不同数量性状分布频率 Distribution frequency of different quantitative traits										多样性指数 <i>H'</i>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
LP	0	0.077	0.051	0.154	0.179	0.282	0.128	0.051	0.051	0.026	1.9648
LL	0.026	0.051	0.077	0.179	0.179	0.128	0.179	0.154	0.026	0	2.0137
WL	0	0.026	0.128	0.205	0.154	0.154	0.179	0.103	0.026	0.026	1.9879
LWRL	0.026	0.077	0	0.282	0.103	0.154	0.282	0.051	0	0.026	1.7730
LP2	0	0	0.077	0.282	0.256	0.128	0.154	0	0.051	0.051	1.7592
FD	0.026	0.051	0.026	0.205	0.179	0.256	0.154	0.026	0.051	0.026	1.9506
LP3	0.026	0.026	0.077	0.179	0.179	0.231	0.179	0.026	0.051	0.026	1.9887
WP	0.026	0.051	0.026	0.154	0.256	0.256	0.103	0.051	0.051	0.026	1.9775
LS	0.026	0.026	0.077	0.205	0.205	0.179	0.154	0.051	0.051	0.026	2.0299
平均值											1.9362

表 5 朱槿品种资源质量性状分布频率及多样性
Tab. 5 Distribution frequency and diversity of different qualitative traits of *H. rosa-sinensis* cultivar resources

代号 Code	不同质量性状分布频率 Distribution frequency of different qualitative traits									多样性指数 <i>H'</i>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
MMB	0.308	0.564	0.103	0.026						1.0147
DB	0.103	0.667	0.231							0.8427
MLT	0.308	0.692								0.6175
SLB	0.103	0.564	0.333							0.9233
PCL	0.154	0.538	0.308							0.9843
SLM	0.564	0.359	0.077							0.8882
FT	0.897	0.026	0.077							0.3898
MOLP	0.026	0.538	0.436							0.7903
FC	0.231	0.769								0.5405
PCP	0.128	0.077	0.128	0.103	0.282	0.077	0.103	0.077	0.026	0.9578
SCP	0.231	0.026	0.051	0.179	0.256	0.051	0.205			0.8931
TCP	0.821	0.077	0.026	0.077						0.6517
SFH	0.333	0.205	0.333	0.128						1.3203
PCFH	0.333	0.538	0.103	0.026						1.0287
CEP	0.564	0.410	0.026							0.7834
CS	0.333	0.410	0.231	0.026						1.1651
平均值										0.8620

型 (FT), 为 0.3898, 其次多样性指数较低的还有花色 (FC)、叶尖形态 (MLT), 分别为 0.5405、0.6175。多样性指数最高的花心眼区大小为 4 个等级, 其中占比较大的是无花心眼和中花心眼, 均为 0.333, 小花心眼的占比最小, 为 0.128。多样性指数较高的柱头颜色分为 4 个等级, 其中占比较大的是橙色和红色, 分别为 0.410 和 0.333, 占比最小的是无柱头的, 为 0.026。多样性指数较高的花心眼区主色分为 4 个等级, 占比最大的是红色, 为 0.538, 占比最小的是白色, 仅为 0.026。

多样性指数最低的花型分为 3 个等级, 占比最大的是单瓣, 为 0.897, 重瓣和半重瓣的占比较小, 为 0.077 和 0.026。多样性指数较低的花色分为 2 个等级, 复色占比较大, 为 0.769, 单色占比较小, 为 0.231; 多样性指数较低的叶尖形态分为 2 个等级, 钝尖占比较大, 为 0.692, 尖占比较小, 为 0.308。

2.3 朱槿品种资源表型性状间相关性分析

从表 6 可知, 朱槿品种资源表型性状间存在不同程度的相关性。花径 (FD) 和花瓣长度 (LP3) 呈极显著正相关 ($P<0.01$), 相关系数达 0.900 以

上, 为 0.972; 最外层花瓣形态 (MOLP) 和花瓣次色 (SCP)、叶片长度 (LL) 和叶片宽度 (WL)、花瓣长度 (LP3) 和花柱长度 (LS) 呈极显著正相关 ($P<0.01$), 相关系数达 0.800 以上, 分别为 0.820、0.817、0.807; 花径 (FD) 和花柱长度 (LS)、花瓣长度 (LP3) 和花瓣宽度 (WP)、花径 (FD)

和花瓣宽度 (WP) 呈极显著正相关 ($P<0.01$), 相关系数达 0.700 以上, 分别为 0.787、0.765、0.720。花瓣宽度 (WP) 和花型 (FT)、花柱长度 (LS) 和花型 (FT)、叶片宽度 (WL) 和叶片长宽比 (LWRL)、花瓣长度 (LP3) 和花型 (FT), 呈极显著负相关性 ($P<0.01$), 相关系数达-0.500

表 6 朱槿品种资源表型性状间相关系数

Tab. 6 Correlation coefficient among phenotypic traits of *H. rosa-sinensis* cultivar resources

性状 Trait	LP	LL	WL	LWRL	LP2	FD	LP3	WP	LS	MMB	DB	MLT	SLB
LP	1												
LL	0.492**	1											
WL	0.428**	0.817**	1										
LWRL	-0.022	0.060	-0.522**	1									
LP2	0.386*	0.429**	0.433**	-0.142	1								
FD	0.188	0.335*	0.336*	-0.098	0.479**	1							
LP3	0.128	0.326*	0.336*	-0.109	0.446**	0.972**	1						
WP	0.145	0.280	0.311	-0.138	0.434**	0.720**	0.765**	1					
LS	0.130	0.160	0.079	0.076	0.501**	0.787**	0.807**	0.604**	1				
MMB	0.105	0.012	0.024	-0.079	-0.091	-0.188	-0.293	-0.174	-0.209	1			
DB	0.370	0.607**	0.508**	-0.032	0.365*	0.225	0.171	0.070	0.152	0.311	1		
MLT	0.231	0.103	0.307	-0.371*	0.024	0.093	0.071	0.127	-0.129	0.012	-0.144	1	
SLB	0.146	0.177	0.437**	-0.483**	0.175	0.273	0.288	0.161	0.091	-0.096	0.136	0.428**	1
PCL	0.160	0.082	0.128	-0.090	0.151	0.214	0.145	0.112	0.049	-0.004	0.085	-0.013	-0.024
SLM	-0.312	-0.051	-0.010	-0.098	0.090	0.036	0.066	0.005	0.073	0.235	0.031	-0.336*	0.090
FT	0.101	0.036	-0.025	0.115	-0.162	-0.410**	-0.521**	-0.582**	-0.536**	0.139	0.258	0.016	-0.046
FC	0.116	0.343*	0.187	0.191	0.242	0.366*	0.392*	0.378*	0.261	-0.104	0.080	0.095	0.100
MOLP	-0.290	0.012	0.086	-0.154	-0.141	0.168	0.217	0.195	0.060	-0.207	-0.200	0.162	0.106
PCP	-0.070	-0.141	-0.053	-0.129	-0.353*	0.111	0.127	0.058	-0.075	0.018	-0.222	0.234	0.294
SCP	-0.375	-0.108	-0.004	-0.147	-0.229	0.144	0.182	0.090	-0.037	-0.275	-0.169	0.083	-0.032
TCP	0.120	0.199	0.169	-0.023	0.231	0.296	0.314	0.544**	0.291	-0.036	0.222	0.084	-0.107
SFH	0.245	0.144	0.194	-0.149	-0.208	0.145	0.151	0.088	0.177	0.053	0.333*	0.057	0.184
PCFH	-0.101	-0.114	-0.118	0.015	-0.088	-0.014	0.004	-0.041	0.198	0.048	0.121	-0.090	-0.139
CEP	-0.020	-0.070	-0.048	-0.029	-0.005	0.035	-0.015	0.268	-0.103	0.118	0.058	0.055	-0.087
CS	-0.202	-0.157	-0.048	-0.169	-0.234	-0.056	-0.002	-0.041	-0.209	-0.104	0.014	-0.178	0.074
性状 Trait	PCL	SLM	FT	FC	MOLP	PCP	SCP	TCP	SFH	PCFH	CEP	CS	
PCL	1												
SLM	-0.249	1											
FT	-0.005	-0.117	1										
FC	0.110	0.208	-0.248	1									
MOLP	-0.149	0.155	-0.264	0.190	1								
PCP	0.177	-0.023	0.030	-0.004	0.214	1							
SCP	-0.056	0.046	-0.182	0.226	0.820**	0.208	1						
TCP	-0.052	-0.149	-0.136	0.234	0.228	0.039	0.105	1					
SFH	-0.130	0.033	0.009	0.040	-0.328*	0.055	-0.307	0.265	1				
PCFH	-0.323*	-0.137	-0.049	-0.208	0.033	-0.206	-0.013	0.356*	0.574**	1			
CEP	-0.054	0.130	0.236	0.053	0.017	0.189	-0.005	0.410**	0.061	-0.051	1		
CS	-0.128	0.051	0.250	-0.010	0.115	0.232	0.198	0.026	0.015	0.028	0.111	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 ($P<0.01$).

以下，分别为-0.582、-0.536、-0.522、-0.521。

2.4 朱槿品种资源表型性状聚类分析

对 39 份朱槿品种资源的 25 个表型性状进行系统聚类分析（图 1），结果表明，在欧氏距离为 20 时，可将供试品种分为 4 个类群。第Ⅰ类群包含 33 份朱槿品种资源，主要特征是花径在 11~17 cm 之间，可进一步划分成 2 个亚类，第一个亚类Ⅰ-1 包含 31 个品种，分别为水沙莲冰封的爱恋、海洋之心、柠檬生活、加勒比燃烧的心、紫牡丹、旭日、飞将军、邕韵、紫凤来仪、柠檬红茶、胭脂泪、橘色恋曲、骐乐、邕红、甜蜜恋曲、月光迷情、钻石柠檬、美人花语、大溪地王子、紫霞仙子、部落格大道、梅杜莎的眼泪、玫瑰星云、梦幻霓裳、梦幻之城、湿婆、素梅、紫色魔术、梦见大溪地、F03、邕粉佳丽；第 2 个亚类Ⅰ-2 包含 2 份品种资源，分别为巧克力蛋糕、月夜彩虹，其叶片长度和宽度均小于 7 cm。第Ⅱ类群包含 2 份品种资源，分别为小丘英伦博士、甜芋蛋糕，主要特征是重瓣，花径较小，在 10~11 cm 之间。

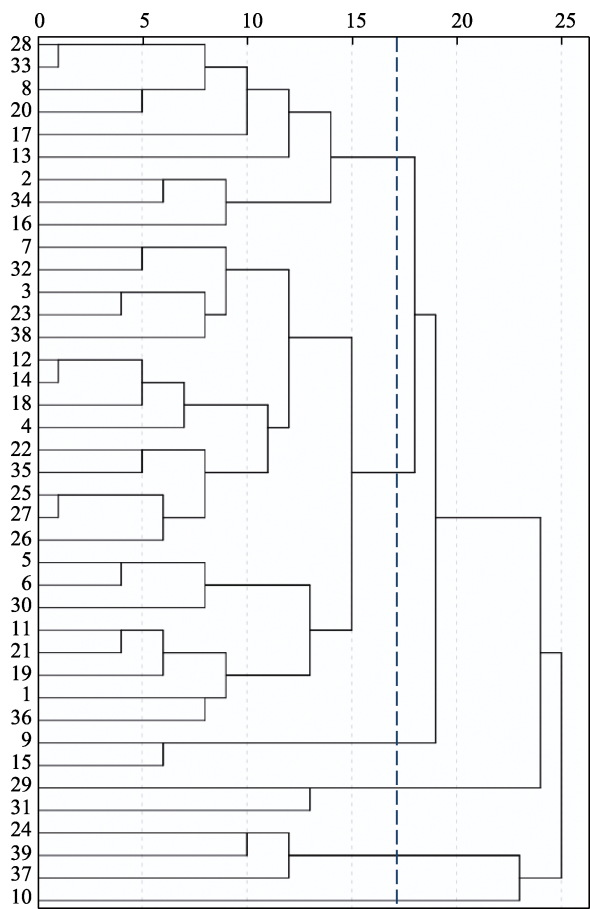


图 1 39 份朱槿品种资源的聚类分析
Fig. 1 Cluster analysis of 39 *H. rosa-sinensis*

第Ⅲ类群包含 3 份品种资源，分别为莫莉亚空中花园、情人节、火凤凰，主要特征是单瓣、花径大，花径在 18~20 cm 之间。第Ⅳ类群只包含 1 份品种资源，为日出，其花径在 17~18 cm 之间。

2.5 朱槿品种资源表型性状主成分分析及综合评价

对 39 份朱槿品种资源的 25 个表型性状进行主成分分析（表 7），根据特征值大于 1 的原则共提取 9 个主成分，特征值分别为 5.25、3.23、2.46、2.01、1.69、1.59、1.47、1.24、1.03，这 9 个主成分的累计方差贡献率达 79.85%，基本可以代表朱槿表型性状的大部分信息，体现朱槿品种品质特征，是对朱槿品种资源做出评价的重要指标。主成分 1 的方差贡献率为 21.00%，特征向量值较大的依次为花瓣长度（LP3）、花径（FD）、花瓣宽度（WP）、花柱长度（LS），在主成分 1 中起正向决定作用，主要反映花的数量性状。主成分 2 的方差贡献率为 12.92%，特征向量值较大的依次为叶柄长度（LP）、枝密度（DB），在主成分 2 中起正向决定作用，主要反映枝、叶等特性。主成分 3 的方差贡献率为 9.83%，特征向量值较大的依次为叶尖形态（MLT）、叶基形状（SLB）、叶片宽度（WL），主要反映叶片特性。主成分 4 的方差贡献率为 8.04%，特征向量值较大的依次为花心眼主色（PCFH）、花心眼区大小（SFH）、花瓣第三色（TCP）。主成分 5 的方差贡献率为 6.74%，特征向量值较大的是叶缘锯齿（SLM）。主成分 6 的方差贡献率为 6.38%，特征向量值较大的依次为花瓣皱缩程度（CEP）和花瓣第三色（TCP）。主成分 7 的方差贡献率为 5.89%，起决定作用的是花瓣主色（PCP）、花瓣皱缩程度（CEP）、叶缘锯齿（SLM）。主成分 8 的方差贡献率为 4.94%，起决定作用的是柱头颜色（CS）。主成分 9 的方差贡献率为 4.11%，起决定作用的是叶片长宽比（LWRL）。

由于各评价指标的性质不同，为保证结果的可靠性，首先对 39 个朱槿品种的 26 个表型性状原始数据进行标准化处理，将标准化处理后的数据作为主成分值计算变量。然后根据各主成分的特征向量计算品种资源每个主成分值 F_n ，计算方法为： $F_1 = 0.387X_1 + 0.0592X_2 + 0.619X_3 + \dots + (-0.149)X_{25}$ ，以此类推计算每个品种的 9 个主成分值 $F_1 \sim F_9$ 。按照每个主成分的方差贡献率与主成分值加权之

表 7 39 份朱槿品种资源表型性状主成分分析
Tab. 7 Principal component analysis of among phenotypic traits of *H. rosa-sinensis* cultivar resources

性状 Trait	主成分 Principal component								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LP	0.387	0.611	0.125	-0.148	-0.117	0.259	-0.082	-0.030	0.139
LL	0.592	0.454	0.171	-0.117	0.370	0.041	-0.330	0.065	0.133
WL	0.619	0.371	0.512	0.016	0.164	-0.160	-0.233	-0.005	-0.130
LWRL	-0.215	0.021	-0.621	-0.241	0.237	0.357	-0.107	0.118	0.443
LP2	0.667	0.322	-0.156	-0.157	0.052	-0.136	0.014	-0.084	-0.125
FD	0.868	-0.208	-0.101	-0.060	-0.058	0.015	0.166	0.165	-0.034
LP3	0.880	-0.297	-0.115	-0.039	-0.078	-0.038	0.128	0.191	0.010
WP	0.803	-0.268	-0.112	0.058	-0.020	0.190	0.170	-0.158	-0.093
LS	0.728	-0.178	-0.480	-0.050	-0.186	-0.114	0.099	0.080	-0.007
MMB	-0.176	0.392	0.052	0.169	0.226	-0.117	0.301	-0.437	-0.173
DB	0.385	0.608	0.006	0.215	0.390	-0.070	-0.083	0.206	-0.158
MLT	0.195	0.010	0.619	0.032	-0.399	0.207	-0.154	-0.378	0.229
SLB	0.367	0.036	0.601	0.047	-0.241	-0.350	0.163	0.097	0.267
PCL	0.176	0.099	0.136	-0.478	-0.069	0.339	0.253	0.200	-0.445
SLM	0.020	-0.167	-0.088	0.098	0.508	-0.616	0.403	-0.202	0.131
FT	-0.462	0.469	0.270	0.163	0.262	0.247	0.013	0.291	0.071
FC	0.482	-0.181	-0.029	-0.162	0.397	0.119	-0.004	-0.069	0.470
MOLP	0.162	-0.711	0.284	0.141	0.254	-0.033	-0.384	-0.118	-0.058
PCP	-0.005	-0.330	0.469	0.126	-0.144	0.272	0.446	0.177	0.194
SCP	0.056	-0.731	0.264	0.093	0.264	0.027	-0.377	0.067	-0.121
TCP	0.464	-0.074	-0.161	0.541	0.099	0.470	-0.109	-0.179	-0.120
SFH	0.276	0.395	-0.130	0.594	-0.298	-0.127	0.105	0.124	0.235
PCFH	0.004	0.060	-0.393	0.709	-0.309	-0.099	-0.329	0.049	-0.053
CEP	0.038	-0.032	0.063	0.422	0.312	0.476	0.433	-0.272	-0.038
CS	-0.149	-0.209	0.229	0.378	0.221	-0.009	0.165	0.620	-0.041
特征值	5.25	3.23	2.46	2.01	1.69	1.59	1.47	1.24	1.03
方差贡献率/%	21.00	12.92	9.83	8.04	6.74	6.38	5.89	4.94	4.11
累计方差贡献率/%	21.00	33.92	43.75	51.79	58.53	64.91	70.80	75.74	79.85

和占累计方差贡献率的比例计算每个品种的综合主成分值 F , 计算方法为: $F=(0.21F_1+0.1292F_2+\dots+0.0411F_9)/0.7985$ 。然后根据综合主成分值 F 的大小对 39 个朱槿品种进行排序 (表 8)。依照表型性状综合主成分值的大小可以将 39 个朱槿品种分为 4 类: 第 I 类 ($F>2$) 4 个品种, 依次为火凤凰、情人节、茉莉亚空中花园、飞将军; 第 II 类 ($0<F<2$) 14 个品种, 依次为湿婆、邕韵、胭脂泪、柠檬红茶、紫牡丹、加勒比燃烧的心、美人花语、钻石柠檬、紫霞仙子、柠檬生活、邕红、梦幻之城、大溪地王子、梦幻霓裳; 第 III 类 ($-2<F<0$) 19 个品种, 依次为紫凤来仪、日出、邕粉佳丽、梦见大溪地、水沙莲冰封的爱恋、海洋之心、部落格大道、梅杜莎的眼泪、F03、玫瑰星云、橘色恋曲、旭日、甜芋蛋糕、甜蜜恋曲、

月光迷情、紫色魔术、素梅、小丘英伦博士、骐乐; 第 IV 类 ($F<-2$) 2 个品种, 依次为巧克力蛋糕、月夜彩虹。其中, 第 I 类品种最明显的特征是花径较大、花柱及叶柄较长、叶片长度和宽度较大, 主成分 1 或主成分 2 得分较高, 其他主成分得分也不低, 综合排名靠前; 而第 IV 类品种的花径小、叶片长度和宽度也较小, 主成分 1 得分较低, 其他主成分得分也均不高, 综合排名靠后。

3 讨论

朱槿栽培历史悠久, 栽培范围广, 其品种资源数量繁多, 已表现出大量的遗传变异, 遗传多样性非常丰富。目前国内仅有少量关于朱槿品种调查、分类、评价等相关研究, 研究的也多为一些较古老的朱槿品种资源, 广州^[3]、海南^[4]、南宁^[11]、

表 8 朱槿品种资源主成分值的筛选
Tab. 8 Screening of principal component values of *H. rosa-sinensis* cultivar resources

品种 Cultivar	主成分值 Math of principal component										排名 Rank
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F	
火凤凰	13.5937	2.2208	0.2449	1.5977	1.6510	-0.3019	-0.2506	-0.8607	-0.1718	4.1602	1
情人节	10.5043	-2.1873	0.7072	1.7552	-0.7106	-1.0757	1.0366	0.4648	1.9865	2.7342	2
茉莉亚空中花园	9.7089	-0.9824	-3.6304	3.1103	2.0113	3.0833	-0.1465	1.7022	-1.7059	2.6839	3
飞将军	4.8856	6.5389	1.7314	0.0113	-1.8526	-0.7794	0.6458	0.5065	0.2395	2.4297	4
湿婆	5.7253	1.0465	-0.0119	2.4259	-1.6284	2.5771	-0.7957	-1.3327	-0.3489	1.8272	5
邕韵	5.9245	1.1687	0.6549	-1.7832	-1.3630	0.3560	-0.6609	1.1805	1.1489	1.6450	6
胭脂泪	2.9104	0.5057	1.4866	-1.5933	2.3831	-0.5229	-0.6018	-1.5506	-0.2025	0.8783	7
柠檬红茶	3.4463	1.3918	-0.2180	0.0029	0.2708	-2.3774	-1.3332	-0.6299	0.9669	0.8504	8
紫牡丹	-3.7861	9.0614	0.7137	0.3102	0.1929	1.8989	1.4600	-0.6156	-0.5410	0.7990	9
加勒比燃烧的心	0.1940	3.4221	1.5764	1.2950	-3.0384	-0.5611	0.7500	0.1287	0.0939	0.6959	10
美人花语	3.9747	-2.3124	1.8629	-2.7766	0.0965	0.8386	-0.8050	1.3955	-0.7742	0.6831	11
钻石柠檬	3.5688	-0.2311	-1.0521	-0.3031	1.2988	-1.1352	-1.5893	-0.4537	0.7244	0.6521	12
紫霞仙子	2.8293	-0.5133	3.1485	-3.0194	0.9126	-1.2421	-0.1353	-1.0003	-0.2131	0.6394	13
柠檬生活	1.4953	3.2830	-2.8924	-0.4596	-0.4966	-0.3598	1.1695	2.4625	-1.3681	0.6198	14
邕红	1.6729	2.3412	0.1718	0.2240	0.8593	-0.2887	-3.2395	-1.1472	-0.1704	0.5931	15
梦幻之城	3.1517	-3.1702	-0.0693	-0.1022	-1.0667	2.3978	0.5844	0.4148	0.6405	0.5004	16
大溪地王子	-0.3477	-0.0764	5.4325	-0.1023	-0.4097	-0.5478	-2.1170	1.4236	-1.3136	0.3403	17
梦幻霓裳	1.3267	-2.5849	-1.7800	3.7735	0.3294	2.5650	-1.2940	-1.4407	1.0236	0.1925	18
紫凤来仪	-0.6607	0.4024	2.9275	-2.8357	-1.4786	0.5654	0.3617	-0.2945	-0.0620	-0.1084	19
日出	3.5511	0.6202	-5.4687	-3.7802	-0.7537	-1.6610	1.4692	0.2724	-0.6476	-0.1237	20
邕粉佳丽	-1.5206	-3.9648	2.5389	4.8513	0.2997	-1.3335	4.5323	-1.6754	-1.1286	-0.1488	21
梦见大溪地	-0.4970	-2.1961	2.5570	1.2634	-1.8586	-0.6009	-0.0272	1.2121	-0.0111	-0.1765	22
水沙莲冰封的爱恋	-2.1406	3.8200	-3.7853	-0.9876	0.0951	-0.3554	0.6385	0.1153	2.4626	-0.3497	23
海洋之心	-3.3730	3.2919	0.0377	0.8901	-0.7468	-1.6347	1.4051	-1.2118	0.8605	-0.3809	24
部落格大道	-1.5224	-0.6168	4.2085	-1.0526	-1.3259	-0.7345	-0.5120	-0.6324	-0.9208	-0.3832	25
美杜莎的眼泪	-2.8242	-1.2105	0.2853	-0.6292	3.6794	-1.0564	1.8707	-1.7407	-0.1082	-0.7159	26
F03	-0.7883	-2.2874	-1.2759	0.1798	-0.1580	-2.2246	2.2877	1.0123	-0.9469	-0.7245	27
玫瑰星云	-2.8897	-1.0486	1.8107	-2.0324	0.8685	3.1211	-0.6257	-1.3402	-1.0861	-0.7740	28
橘色恋曲	-3.6291	0.2490	-1.7758	2.3677	0.7601	-2.1286	-1.5731	0.6806	0.3153	-1.0578	29
旭日	-3.1527	2.9446	-4.3422	-3.4539	0.4140	1.9129	1.0488	-0.9415	-1.5209	-1.1065	30
甜芋蛋糕	-10.2137	2.6948	2.4631	1.6246	5.4283	0.1345	-0.7873	2.0576	0.5751	-1.2158	31
甜蜜恋曲	-1.6122	-3.9039	-3.2432	-0.5814	1.4594	-0.0070	-0.1077	0.2453	0.9879	-1.3325	32
月光迷情	-2.8800	-3.3814	-0.3920	0.5139	0.7439	-2.2218	-0.8030	1.9162	-1.0951	-1.4126	33
紫色魔术	-2.2669	-6.8145	0.4319	-1.8683	-1.0572	1.5245	0.2924	1.4344	1.4941	-1.6140	34
素梅	-3.9302	-5.3227	0.8629	-0.9158	-0.7328	2.1030	1.6405	-0.5633	0.4181	-1.6670	35
小丘英伦博士	-11.4553	4.2796	1.1201	1.5854	-0.7533	2.3990	0.5916	1.6414	1.3929	-1.6780	36
骐乐	-3.7304	-2.8400	-0.5176	-2.4733	0.5063	-0.2703	-0.2301	-1.3377	1.1098	-1.7749	37
巧克力蛋糕	-5.7153	-2.4013	-2.9604	0.9509	-1.2358	-0.9771	-1.0337	0.5199	-1.1382	-2.4452	38
月夜彩虹	-9.5275	-1.2370	-3.5594	2.0170	-3.5935	-1.0792	-3.1161	-2.0179	-0.9655	-3.7348	39

德宏^[12]等地均有朱槿品种调查的报道;李玉萍等^[13]根据朱槿瓣型、花色、花径、叶柄等 4 个性状特征对重瓣玫红、大花朱红等 8 个朱槿品种进行分类;吴超群^[14]应用 AHP 法筛选 10 个观赏性评价指标对雾、乳斑等 26 个朱槿品种进行综合评价并划分为 3 个等级。植物的表型性状受遗传和环境的综合影响,是生物多样性的外在表现,通过对表型性状的研究可以直观便捷地观察了解植物的遗传变异情况^[15]。在蔷薇^[16]、睡莲^[17]、月季^[18]等多种花木上已应用表型性状来探讨遗传多样

性,但还未见朱槿表型性状的研究报道。

本研究调查的 39 份朱槿品种资源包括从国内外引进以及自主选育等未报道过的朱槿新品种,并在 25 个表型性状上发现丰富的多样性,数量性状的多样性指数在 1.7592~2.0299 之间,平均为 1.9362,质量性状的多样性指数在 0.3898~1.3203 之间,平均为 0.8620,说明数量性状的多样性要高于质量性状,数量性状更容易受种质或环境类型等影响,而质量性状则更为稳定,这与紫薇^[19]、芍药^[20]等研究结果一致。

相关性分析中,朱槿的 25 个表型性状之间,花径和花瓣长度、最外层花瓣形态和花瓣次色、叶片长度和叶片宽度、花瓣长度和花柱长度、花径和花柱长度、花瓣长度和花瓣宽度、花径和花瓣宽度等都存在极显著正相关。可见朱槿的表型性状之间存在相互影响,在朱槿发育过程中,花、叶等器官尤其在数量性状上是协调生长的。

本研究的聚类分析初步根据表型性状将 39 个朱槿品种资源划分为 4 类,从 4 个类群的比较可以看出,花径 11~17 cm 都聚在第 I 类群,也是品种资源数量最多的类群;第 II 类群将花径仅为 10~11 cm 的品种聚在一起;第 III 类群主要聚在一起的是花径较大的品种,花径在 18~20 cm 之间;第 IV 类群的品种资源只有 1 个,其花径在 17~18 cm 之间,与其他品种资源均不同,单独作为一个类群。聚类分析结果说明聚在一个类群的朱槿品种差异性较小,具有较近的亲缘关系,尤其是花径大小在某种范围内的朱槿品种亲缘关系较近,花径大小可作为朱槿品种系统分类的一个重要依据。由于本研究调查的朱槿品种资源仍较少,而且仅从形态学方面进行探索,对品种的系统分类及亲缘关系鉴定还需通过分子标记、孢粉学等技术方法进行深入研究^[21]。

对朱槿进行综合评价可以为新品种选育及种质资源的开发利用提供依据,而评价朱槿观赏性的性状指标较多且存在相关性,利用主成分分析,通过降维将原来众多表型性状提取为能够反映原有性状信息的少数主成分,是相互独立且综合的指标,能够简化评价过程并客观合理^[22-23]。本研究将朱槿的 25 个表型性状提取为 9 个主成分,累计方差贡献率达 79.85%,能够反映其性状的大部分信息,利用主成分分析法对 39 份朱槿品种资源进行综合评价,结果表明 4 个朱槿品种综合值最突出,其中综合值最高的是火凤凰。第 I 类品种

性状表现最佳,其具有花径更大、枝叶更繁密、花色更鲜艳特别等特点,作为优良新品种选育亲本较合适,开发利用价值较高,推广前景也较广阔。

参考文献

- [1] 史佑海,陈建清,黄觉武.朱槿的民族植物学研究[J].热带农业科学,2011,31(3):38-41.
SHI Y H, CHEN J Q, HUANG J W. Ethnobotany of Chinese *Hibiscus* (*Hibiscus rosa-sinensis*)[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2011, 31(3): 38-41. (in Chinese)
- [2] 郭文场,刘佳贺.扶桑的品种、栽培管理和观赏价值[J].特种经济动植物,2019,22(9):17-20.
GUO W C, LIU J H. The variety, cultivation management and ornamental value of *Hibiscus rosa-sinensis* L.[J]. Special Economic Animals and Plants, 2019, 22(9): 17-20. (in Chinese)
- [3] 陈彬,苏永强,李炳球.收集朱槿品种的研究初报[J].广东园林,1987(4):28-37.
CHEN B, SU Y Q, LI B Q. A preliminary report on the collection of *Hibiscus rosa-sinensis* species[J]. Guangdong Landscape Architecture, 1987(4): 28-37. (in Chinese)
- [4] 陈甲林,史佑海,梁伟红.海南扶桑品种资源调查及其园林应用研究[J].热带农业科学,2009,29(3):24-28.
CHEN J L, SHI Y H, LIANG W H. A survey to *Hibiscus rosa-sinensis* cultivar resources in Hainan and their application in landscaping[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2009, 29(3): 24-28. (in Chinese)
- [5] 熊秉红,赖玉林,刘春艳,周悦.朱槿花卉优良品种的选育[J].现代农村科技,2016(22):43-44.
XIONG B H, LAI Y L, LIU C Y, ZHOU Y. Breeding of fine varieties of *Hibiscus rosa-sinensis* flowers[J]. Xiandai Nongcun Keji, 2016(22): 43-44. (in Chinese)
- [6] 陈益泰,李桂英,王惠雄.桉木自然分布区内表型变异的研究[J].林业科学研究,1999(4):379-385.
CHEN Y T, LI G Y, WANG H X. Study on phenotypic variation in natural range of longpeduncled alder (*Alnus cremastogyne*)[J]. Forest Research, 1999(4): 379-385. (in Chinese)
- [7] 陈含,王东升,白冰,李佳凤,陈可心,程蓓蓓.21份木槿栽培品种表型多样性评价[J].南京林业大学学报(自然科学版),2022,46(3):117-126.
CHEN H, WANG D S, BAI B, LI J F, CHEN K X, CHENG B B. Phenotypic diversity of 21 *Hibiscus* cultivars[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2022, 46(3): 117-126. (in Chinese)
- [8] 陈廷贵,张金屯.十五个物种多样性指数的比较研究[J].河南科学,1999(增刊):62-64,78.
CHEN T G, ZHANG J T. A comparison of fifteen species

- diversity indices[J]. Henan Science, 1999(Suppl. 1): 62-64, 78. (in Chinese)
- [9] 王文森. 变异系数——一个衡量离散程度简单而有用的统计指标[J]. 中国统计, 2007(6): 41-42.
WANG W S. Coefficient of variation -- a simple but useful statistical index to measure the degree of dispersion[J]. China Statistics, 2007(6): 41-42. (in Chinese)
- [10] 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)
- [11] 杨云燕, 谢丽. 南宁市扶桑品种调查及在园林中的应用[J]. 广西职业技术学院学报, 2011, 4(1): 12-16.
YANG Y Y, XIE L. The investigation of Chinese *Hibiscus* variety and application in gardens in Nanning city[J]. Journal of Guangxi Vocational and Technical College, 2011, 4(1): 12-16. (in Chinese)
- [12] 寸建芹, 张晓梅, 郑宇峰. 德宏州少数民族特色花卉朱槿资源调查研究[J]. 现代农业科技, 2017(18): 115-118, 126.
CUN J Q, ZHANG X M, ZHENG Y F. Resources investigation of Dehong national minority characteristic flowers *Hibiscus rosa-sinensis* Linn.[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2017(18): 115-118, 126. (in Chinese)
- [13] 李玉萍, 罗凤霞, 王嘉敏. 朱槿品种分类与花粉活力初探[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(9): 202-204.
LI Y P, LUO F X, WANG J M. Preliminary study on classification and pollen viability of *Hibiscus rosa-sinensis*[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2015, 43(9): 202-204. (in Chinese)
- [14] 吴超群. 基于 AHP 法的 26 个扶桑品种观赏性评价[J]. 现代园艺, 2015(19): 10-12.
WU C Q. The ornamental evaluation of 26 varieties of *Hibiscus rosa-sinensis* based on AHP[J]. Contemporary Horticulture, 2015(19): 10-12. (in Chinese)
- [15] 董承光, 王娟, 周小凤, 马晓梅, 李生秀, 余渝, 李保成. 基于表型性状的陆地棉种质资源遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2016, 17(3): 438-446.
DONG C G, WANG J, ZHOU X F, MA X M, LI S X, YU Y, LI B C. Evaluation on genetic diversity of cotton germplasm resources (*Gossypium hirsutum* L.) on morphological characters[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2016, 17(3): 438-446. (in Chinese)
- [16] 向贵生, 王其刚, 蹇洪英, 晏慧君, 李树发, 张颖, 邱显钦. 云南川滇蔷薇天然居群表型多样性分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2018, 40(4): 786-794.
XIANG G S, WANG Q G, JIAN H Y, YAN H J, LI S F, ZHANG H, QIU X Q. Phenotypic diversity of natural population of *Rosa soulieana* in Yunnan[J]. Journal of Yunnan University (Natural Sciences Edition), 2018, 40(4): 786-794. (in Chinese)
- [17] 苏群, 杨亚涵, 田敏, 张进忠, 毛立彦, 唐毓玮, 卜朝阳, 卢家仕. 49 份睡莲资源表型多样性分析及综合评价[J]. 西南农业学报, 2019, 32(11): 2670-2681.
SU Q, YANG Y H, TIAN M, ZHANG J Z, MAO L Y, TANG Y W, BU Z Y, LU J S. Phenotypic diversity analysis and comprehensive evaluation of 49 waterlily resources[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2019, 32(11): 2670-2681. (in Chinese)
- [18] 尹世华, 王康, 黄晓霞, 李淑斌, 程小毛. 47 份月季品种表型多样性分析及综合评价[J]. 江西农业大学学报, 2021, 43(1): 94-105.
YIN S H, WANG K, HUANG X X, LI S B, CHENG X M. Phenotypic diversity analysis and comprehensive evaluation of 47 rose resources[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2021, 43(1): 94-105. (in Chinese)
- [19] 王业社, 侯伯鑫, 索志立, 刘桃花, 陈立军, 杨贤均. 紫薇品种表型多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(1): 71-79.
WANG Y S, HOU B X, SUO Z L, LIU T H, CHEN L J, YANG X J. Phenotypic diversity of *Lagerstroemia indica* cultivars[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2015, 16(1): 71-79. (in Chinese)
- [20] 王荣, 何智冲, 方学敏, 陈丹荔, 王琦, 孟家松, 赵大球. 扬州芍药栽培品种表型多样性分析[J]. 植物科学学报, 2016, 34(6): 901-908.
WANG R, HE Z C, FANG X M, CHEN D L, WANG Q, MENG J S, ZHAO D Q. Analysis of phenotypic diversity of *Paeonia lactiflora* cultivars in Yangzhou[J]. Plant Science Journal, 2016, 34(6): 901-908. (in Chinese)
- [21] 杜晓华, 周瑞金, 王雪菊, 张凤勇. 月季品种资源的分类与评价[J]. 广东农业科学, 2011, 38(5): 106-108.
DU X H, ZHOU R J, WANG X J, ZHANG F Y. Evaluation and classification of the *Rosa chinensis* cultivars[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2011, 38(5): 106-108. (in Chinese)
- [22] 杜晓华, 刘会超, 姚连芳. 三色堇观赏性状的主成分分析[J]. 西北农业学报, 2011, 20(6): 136-140.
DU X H, LIU H C, YAO L F. Principal component analysis of ornamental traits in *Pansy*[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2011, 20(6): 136-140. (in Chinese)
- [23] 王志强, 郭松, 刘声锋, 郭守金, 于蓉, 田梅, 董瑞. 西瓜种质资源果实主要数量性状的主成分分析[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45(3): 59-64.
WANG Z Q, GUO S, LIU S F, GUO S J, YU R, TIAN M, DONG R. Principal component analysis for main quantitative characters on fruit of watermelon germplasm[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2014, 45(3): 59-64. (in Chinese)