

# 不同单株山梔开花特性分析

欧阳博<sup>1</sup>, 赫雯琳<sup>1</sup>, 刘庆<sup>1</sup>, 吴孟<sup>1</sup>, 曾艳玲<sup>1\*</sup>, 欧阳凯<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中南林业科技大学, 林学院, 经济林培育与保护教育部重点实验室, 湖南 长沙

<sup>2</sup>长沙梔子花农业有限公司, 湖南 长沙

收稿日期: 2024年3月22日; 录用日期: 2024年4月21日; 发布日期: 2024年4月29日

## 摘要

通过对34株山梔的花器官进行调查、分析和评价, 筛选出优良单株, 为后续优良品种培育审定和种质资源的开发应用提供科学依据及理论支撑。本研究运用表型多样性分析、主成分分析、相关性分析以及聚类分析对34份山梔花部性状数据进行分析。结果显示: 34份山梔材料的8个花部性状的变异系数只有单株开花数和花期两个性状大于15%, 说明只有单株开花数和花期两个性状的变异较大, 多样性更丰富, 其余性状都较稳定。提出2类主成分, 第一主成分占比最多, 比较重要, 说明划分山梔的主要标准和依据是它的花部大小性状指标。露白花径、花丝长度、萼管长度、雌蕊长度与单株开花数和花期不存在相关性; 其余花部性状之间关系密切, 一方会随着另一方的变化而变化。聚类分析把34份山梔材料聚为3类, 第一类各方面数据不突出, 第二和第三类群花期较长, 单株开花数多, 可用作园林观赏和染料生产。经过综合分析, 挑选出了8份表型性状较优的山梔材料。

## 关键词

山梔, 表型性状, 主成分分析, 相关性分析, 聚类分析

# Analysis of Flowering Characteristics of Different Individual Plants of Mountain Gardenia

Bo Ouyang<sup>1</sup>, Wenling He<sup>1</sup>, Qing Liu<sup>1</sup>, Meng Wu<sup>1</sup>, Yanling Zeng<sup>1\*</sup>, Kai Ouyang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of the Ministry of Education for the Cultivation and Protection of Economic Forestry, Central South University of Forestry and Technology, Changsha Hunan

<sup>2</sup>Changsha Gardenia Agriculture Co., Ltd., Changsha Hunan

Received: Mar. 22<sup>nd</sup>, 2024; accepted: Apr. 21<sup>st</sup>, 2024; published: Apr. 29<sup>th</sup>, 2024

\*通讯作者。

文章引用: 欧阳博, 赫雯琳, 刘庆, 吴孟, 曾艳玲, 欧阳凯. 不同单株山梔开花特性分析[J]. 农业科学, 2024, 14(4): 502-513. DOI: 10.12677/hjas.2024.144064

## Abstract

Through the investigation, analysis and evaluation of the flower organs of 34 mountain gardenias, excellent single plants were screened out, which provided scientific basis and theoretical support for the subsequent breeding and approval of excellent varieties and the development and application of germplasm resources. In this study, 34 morphological traits were analyzed using phenotypic diversity analysis, principal component analysis, correlation analysis, and cluster analysis. The results showed that the coefficient of variation of the eight flower traits of 34 parts of mountain gardenia material was only greater than 15% for the two traits of flowering number and flowering period of a single plant, indicating that only the two traits of flowering number and flowering period of a single plant had greater variation and richer diversity, and the rest of the traits were relatively stable. Two types of principal components were proposed, and the first principal component accounted for the largest proportion and was more important, indicating that the main criterion and basis for dividing mountain gardenia was its flower size trait index. There was no correlation between white flower diameter, filigree length, corolla tube length, and pistils length on the number of flowers and flowering period of a single plant. The rests of the flower traits are closely related to each other, and one side changes with the other. Cluster analysis gathered 34 parts of mountain gardenia materials into 3 categories: the first type of data was not outstanding in all aspects, the second and third groups had a long flowering period, and the number of flowers per plant was large, which could be used for garden ornamentation and dye production. After comprehensive analysis, eight mountain gardenia materials with better phenotypic traits were selected.

## Keywords

Mountain Gardenia, Phenotypic Traits, Principal Component Analysis, Correlation Analysis, Cluster Analysis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

梔子(*Gardenia jasminoides* Eills)是茜草科(*Rubiaceae*)梔子属(*Gardenia*)的植物, 多年生灌木, 俗称山梔子、野梔子、黄梔子、梔子花、小叶梔子等。分布于山东、江苏、安徽、浙江、江西、福建、台湾、湖北、湖南、广东等国内大部分地区, 国外主要分布于日本、朝鲜、越南、老挝、柬埔寨、印度和尼泊尔等地区, 太平洋岛屿及美洲北部也有少量野生或栽培。现如今是备受研究者青睐的植物资源之一, 因其历史悠久, 是药食两用的资源之一[1]; 而最早《神农本草经》中就有记载它, 山梔之名出自《本草图经》[2]; 此外它还是我国最早的植物染料之一, 也有悠久的历史; 另外, 因其有些种类花大而洁白, 因而又有很高的观赏价值, 可用作庭院观赏。其干燥成熟果实是常用中药, 能清热利尿、泻火除烦、凉血解毒、散瘀[3]。叶、花、根亦可作药用; 从成熟果实中可提取梔子黄色素, 可作染料使用, 既是化妆等工业中用作天然着色剂的原料, 又是一种品质优良的天然食品色素, 没有人工合成色素的副作用, 着色力强, 颜色鲜艳, 具有耐光、耐热、耐酸碱性、无异味等特点, 可广泛应用于糕点、糖果、饮料等食品的着色上[4][5]; 花可提制芳香浸膏; 现代对山梔的价值不断进行探索, 发现其所含物质又具有抗氧

化、抗菌等功效,用于多种花香型化妆品和香皂香精的调合剂[6]。目前在国内外市场需求量非常大,发展前景也十分广阔[7]。但现有山梔资源大多为实生苗木,品质良莠参差显著,且种质资源混杂、产量不稳定、质量下降等问题较为严重[8],因而选育出花好、果大、高产的优良品种是山梔种业的目标。

本研究主要通过资源调查,从山梔花的表型性状出发,分析调查各指标数据,综合评价筛选优异的山梔单株,为后续优良品种培育审定和种质资源的开发应用提供科学依据及理论支撑。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验材料

#### 2.1.1. 试验地状况

本次试验地设在湖南省宁乡县。该地典型丘陵地貌,属中亚热带温暖湿润气候带,温暖湿润,四季分明。年日照时数 1723.5 小时,年总辐射值为 117.44 千卡/平方米;年平均气温  $16.8^{\circ}\text{C} \geq 10^{\circ}\text{C}$  的活动积温为  $5300.3^{\circ}\text{C} \geq 20^{\circ}\text{C}$  的活动积温为  $3457.8^{\circ}\text{C}$ ,年无霜期可达 274 天,年平均降水量为 1433.5 mm。主要土壤类型有水稻土、红壤、潮土、紫色土等,呈酸性,土层深厚,有机质含量高。

#### 2.1.2. 调查材料

本研究从试验地 120 株长势一致,株型良好,无病虫害的山梔中筛选出开花数在 200 朵以上的共 34 株作为进一步选优的材料。

### 2.2. 试验方法

#### 2.2.1. 花生长发育过程调查

调查 34 株山梔花蕾期、盛花期生物学特性,于不同部位、不同高度随机抽取 2~3 朵完整全展山梔花朵,采用游标卡尺对其露白花径、全展花径、花萼长度、花丝长度、雌蕊长度及萼管长度进行测量,记录后计算平均值。对单株开花数进行统计,并记录每株山梔的始花期和终花期,计算开花持续时间。

#### 2.2.2. 数据处理与分析

采用 Excel 2010 对采集数据进行汇总,并计算平均值( $\bar{X}$ )、标准差( $S$ )和变异系数( $CV$ ) [9] [10]。公式如下:

$$CV = S / \bar{X} \times 100\% \quad (1)$$

通过记录观测所得数据运用 Microsoft Excel 2010 进行数据整理并计算 Shannon-wiener 多样性指数,计算公式如下:

$$H' = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (2)$$

其中,  $t$  为某一性状的分级,  $P'$  为该性状在第  $t$  级内材料份数占总份数的百分比[11]。

运用 IBM SPSS Statistics 26.0 软件进行统计学分析,进行相关性分析、主成分分析和聚类分析。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 花期物候观测

于 2022 年 5~6 月对 34 株山梔的花部物候期进行了为期两个月的观测与记录,如表 1 所示。群体始花期为 2022 年 5 月 1 日,群体终花期为 2022 年 6 月 28 日,群体开花期共 58 天。单株花期最长的是 14 号植株,从 2022 年 5 月 1 日开始开花,到 2022 年 6 月 22 日结束,花期共 52 天;单株花期最短的是 86 号植株,从 2022 年 5 月 24 日开始开花,到 2022 年 6 月 2 日结束,花期共 9 天。始花期主要集中在 2022

年 5 月下旬，终花期一半以上集中在 2022 年 6 月下旬。

**Table 1.** Distribution table of flowering period of 34 Mountain Gardenia materials  
**表 1.** 34 份山梔材料花期分布表

编号	始花期	终花期	花期
5	2022/5/20	2022/6/17	28
6	2022/5/15	2022/6/16	32
14	2022/5/1	2022/6/22	52
21	2022/5/26	2022/6/16	21
22	2022/5/1	2022/5/19	18
23	2022/5/25	2022/6/16	22
26	2022/5/15	2022/6/25	41
35	2022/5/20	2022/6/22	33
48	2022/5/10	2022/6/14	35
50	2022/5/25	2022/6/23	29
52	2022/5/10	2022/6/28	49
53	2022/5/10	2022/6/6	27
54	2022/5/24	2022/6/7	14
55	2022/5/24	2022/6/10	17
56	2022/5/24	2022/6/10	17
61	2022/5/24	2022/6/13	20
71	2022/5/24	2022/6/10	17
82	2022/5/24	2022/6/11	18
85	2022/5/24	2022/6/12	19
86	2022/5/24	2022/6/2	9
87	2022/5/15	2022/6/10	26
88	2022/5/24	2022/6/17	24
91	2022/5/24	2022/6/23	30
94	2022/5/24	2022/6/18	25
95	2022/5/24	2022/6/10	17
96	2022/5/24	2022/6/11	18
97	2022/5/24	2022/6/12	19
98	2022/5/24	2022/6/16	23
99	2022/5/24	2022/6/8	15
103	2022/5/30	2022/6/18	19
111	2022/5/28	2022/6/28	31
112	2022/5/28	2022/6/24	27
115	2022/5/30	2022/6/19	20
116	2022/5/31	2022/6/16	16

### 3.2. 山梔花部性状多样性分析

变异系数主要用来表示数据沿着平均值波动的幅度比例，变异系数越大，说明该数据变化越大。根据表 2 所示，34 份山梔材料各表型性状的变异系数为 9.02%~38.60%，平均变异系数为 17.77%。变异系数最高的指标是花期，为 38.6%，变异系数的最低指标为萼管长度，为 8.70%。总体来看，单株开花数和花期 2 个指标变异系数较高，都在 30% 以上，分别为 37.37%、38.60%；与花的性状指数有关的 6 个指标变异系数较低，都在 12% 以下[12]。

Shannon-wiener 多样性指数主要用来评价物种多样性丰富程度。如表 2 所示，8 个花部性状的多样性指数在 4.99~5.08 之间，差异较小，最高的是花丝长度、萼管长度、花萼长度、雌蕊长度、露白花径和全展花径，都为 3.52，多样性指数最低的是花期，为 3.46 [13]。

**Table 2.** Coefficient of variation and Shannon diversity index of phenotypic traits of Mountain Gardenia

**表 2.** 山梔表型性状的变异系数和 Shannon 多样性指数

表型性状	均值	标准差	极小值	极大值	变异系数%	Shannon 多样性指数 H
	Mean	SD	MIN	MAX	CV	
单株开花数	302.79	113.168	201	784	37.37%	3.47
花丝长度	16.264	1.468	13.115	19.225	9.02%	3.52
萼管长度	66.227	5.762	54.96	81.395	8.70%	3.52
花萼长度	32.69	3.737	26.175	41.55	11.43%	3.52
雌蕊长度	15.1	2.143	10.01	19.635	14.20%	3.52
露白花径	26.53	3.047	20.71	37.17	11.49%	3.52
全展花径	66.95	7.575	52.55	91.22	11.32%	3.52
花期	24.35	9.399	9	52	38.60%	3.46

### 3.3. 山梔花性部状主成分分析

通过选取单株开花数、花期、露白花径、全展花径、花丝长度、萼管长度、花萼长度及雌蕊长度等指标，对山梔植株进行了单株开花数、露白花径、全展花径、花丝长度、萼管长度、花萼长度、雌蕊长度、雄蕊长度以及花期的观测及记录，如表 3 所示。

**Table 3.** Index table of phenotypic traits of Mountain Gardenia

**表 3.** 山梔花表型性状指标表

编号	性状名称
1	单株开花数
2	花丝长度
3	萼管长度
4	花萼长度
5	雌蕊长度
6	露白花径
7	花期
8	全展花径

对 8 个表型性状进行主成分分析和研究, 得出总方差分解表、成分得分系数矩阵表、成分矩阵表、主成分得分表。由表 4 所示, 按照特征值大于 1 的原则, 提取 2 个公因子, 2 个主成分最终累积贡献率达 64.124%。由表 4 可知, 第一主成分特征值为 3.679, 方差贡献率最大为 45.992%, 为最重要的主成分; 第二主成分特征值为 1.451, 方差贡献率为 18.132%。根据表 5 的数据可知, 第一主成分包括露白花径、全展花径、花丝长度、萼管长度、花萼长度和雌蕊长度 6 个指标, 第二主成分包括单株开花数和花期两个指标。

**Table 4.** Total variance decomposition table of flower traits of Mountain Gardenia

**表 4.** 山梔花部性状的总方差分解表

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积%	总计	方差百分比	累积%
1	3.679	45.992	45.992	3.679	45.992	45.992
2	1.451	18.132	64.124	1.451	18.132	64.124
3	0.928	11.606	75.73			
4	0.64	7.996	83.726			
5	0.504	6.303	90.029			
6	0.489	6.115	96.144			

**Table 5.** Mountain Gardenia character component score coefficient matrix table

**表 5.** 山梔花部性状成分得分系数矩阵表

	成分	
	1	2
单株开花数	-0.001	0.565
露白花径	0.252	-0.073
全展花径	0.133	-0.22
花丝长度	0.208	0.129
萼管长度	0.244	0.009
花萼长度	0.221	0.023
雌蕊长度	0.193	-0.034
花期	0.038	0.546

**Table 6.** Composition matrix table of flower traits of Mountain Gardenia

**表 6.** 山梔花部性状的成分矩阵表

	成分	
	1	2
单株开花数	-0.005	0.82
露白花径	0.929	-0.106
全展花径	0.49	-0.319
花丝长度	0.765	0.187
萼管长度	0.897	0.013
花萼长度	0.813	0.033
雌蕊长度	0.711	-0.049
花期	0.141	0.792

基于表 6 的结果, 进一步算出了 34 株山梔不同主成分因子得分和综合得分, 得出山梔开花特性的优异程度。计算各主成分得分的公式如下:

$$Fi = w_{i1}Z_1 + w_{i2}Z_2 + \dots + w_{in}Z_n \quad (3)$$

其中,

$$w_{ij} = \frac{\theta_j}{\sqrt{\gamma_i}} \quad (4)$$

$w_{ij}$  表示主成分中各个变量的权重,  $\theta_j$  为成分矩阵中每个变量对应的系数, 而  $\gamma_i$  是第  $i$  个主成分对应的特征值的开根值。计算综合得分的公式如下:

$$F = \alpha_1 F_1 + \alpha_2 F_2 + \dots + \alpha_n F_n \quad (5)$$

如公式(5)所示, 其中  $\alpha_n$  指的是第  $n$  主成分的方差百分比,  $F_n$  指的是第  $n$  实验种在第  $n$  主成分因子中的因子得分;  $n$  指的是指的是主成分个数[14]。

所以, 由上述公式及表格数据可得下面的计算结果:

$$\sqrt{\gamma_1} = 1.918072, \quad \sqrt{\gamma_2} = 1.204575$$

$$F_1 = -0.003Z_1 - 0.484Z_2 + 0.255Z_3 + 0.399Z_4 + 0.486Z_5 + 0.424Z_6 + 0.371Z_7 + 0.074Z_8 \quad (6)$$

$$F_2 = 0.681Z_1 - 0.088Z_2 - 0.265Z_3 + 0.155Z_4 + 0.011Z_5 + 0.027Z_6 - 0.041Z_7 + 0.657Z_8 \quad (7)$$

上述公式中,  $Z_1, Z_2, \dots, Z_8$  分别表示 34 株山梔子材料的 8 个指标经过标准化处理得出的数据。根据上述公式可计算综合得分:

$$F = \alpha_1 F_1 + \alpha_2 F_2 = 0.460F_1 + 0.181F_2 \quad (8)$$

通过 SPSS 计算处理可得表 7, 如下:

**Table 7.** Principal component score and comprehensive score table of flower traits of Mountain Gardenia  
**表 7.** 山梔花部性状主成分得分和综合得分表

编号	主成分得分		综合得分
	F1	F2	
103	5.7	-1.29	2.39
95	3.81	-1.83	1.42
98	3.21	-0.49	1.39
97	2.76	0.63	1.38
26	0.95	4.06	1.17
14	1.88	1.59	1.15
91	1.43	1.2	0.88
71	2.09	-1.18	0.75
96	0.71	0.25	0.37
5	0.78	-0.38	0.29
53	0.31	0.56	0.25
52	-0.64	2.27	0.12

续表

48	-0.52	1.86	0.1
35	0.04	0.4	0.09
50	-0.01	0.27	0.04
94	-0.14	0.59	0.04
88	0.15	-0.29	0.01
87	0.18	-0.78	-0.06
85	0.17	-0.89	-0.08
112	-0.36	-0.4	-0.24
61	-0.35	-0.56	-0.26
6	-1.06	0.96	-0.31
111	-1.4	1.16	-0.43
86	-1.07	-0.86	-0.65
21	-1.13	-0.76	-0.66
82	-1.07	-0.93	-0.66
22	-1.7	0.01	-0.78
115	-1.52	-0.54	-0.8
116	-1.61	-0.91	-0.91
54	-1.85	-0.66	-0.97
55	-1.85	-1.06	-1.04
99	-2.12	-0.45	-1.06
23	-2.14	-1.11	-1.19
56	-3.61	-0.42	-1.74

根据表 7, 第一主成分得分最高的是编号为 103 的山榧材料, 第二主成分得分最高的是编号为 26 的山榧材料。从综合得分来判断, 山榧花部各表型性状数据表现优秀的有编号 5、14、26、35、48、50、52、53、71、88、91、94、95、96、97、98、103 共 17 份材料。

### 3.4. 山榧花部性状相关性分析

相关性分析结果如表 8 所示, 露白花径、花丝长度、萼管长度、雌蕊长度与单株开花数和花期不存在相关性( $P > 0.05$ ), 全展花径与花丝长度、雌蕊长度、单株开花数、花期 4 个性状指标之间也不存在相关性( $P > 0.05$ )。露白花径与萼管长度性状指标之间高度相关( $r > 0.8$ ); 露白花径与花丝长度、花萼长度、雌蕊长度 3 个性状指标之间显著相关( $r > 0.5$ ), 萼管长度与花丝长度、花萼长度 2 个性状指标之间显著相关( $r > 0.5$ ); 露白花径与全展花径性状指标之间低相关( $r > 0.3$ ), 全展花径与萼管长度、花萼长度 2 个性状指标之间低相关( $r > 0.3$ ), 花丝长度与花萼长度、雌蕊长度 2 个性状指标之间低相关( $r > 0.3$ ), 雌蕊长度与花萼长度、萼管长度 2 个性状指标之间低相关( $r > 0.3$ ), 单株开花数与花期性状指标之间低相关( $r > 0.3$ )。



**Table 8.** Correlation analysis table of phenotypic traits of Mountain Gardenia  
**表 8.** 山梔花表型性状相关性分析表

性状		露白花径	全展花径	花丝长度	萼管长度	花萼长度	雌蕊长度	单株开花数	花期
露白花径	相关性	1	0.350*	0.694**	0.834**	0.707**	0.663**	-0.025	-0.06
	Sig.		0.042	0	0	0	0	0.889	0.736
全展花径	相关性		1	0.218	0.390*	0.398*	0.201	-0.211	0.022
	Sig.			0.215	0.023	0.02	0.253	0.231	0.904
花丝长度	相关性			1	0.646**	0.430*	0.469**	0.04	0.246
	Sig.				0	0.011	0.005	0.822	0.16
萼管长度	相关性				1	0.706**	0.499**	0.013	0.111
	Sig.					0	0.003	0.942	0.532
花萼长度	相关性					1	0.477**	0.005	0.186
	Sig.						0.004	0.98	0.293
雌蕊长度	相关性						1	0.022	-0.019
	Sig.							0.903	0.913
单株开花数	相关性							1	0.369*
	Sig.								0.032
花期	相关性								1
	Sig.								

注：\*在 0.05 级别(双尾)，相关性显著，\*\*在 0.01 级别(双尾)，相关性显著。

### 3.5. 山梔花部性状聚类分析

本研究采用系统聚类的分析方法，对 34 份山梔材料进行基于平方欧式距离的表型性聚类分析，聚类结果显示如图 1 所示，在卡方距离为 5 处，将 34 份山梔材料聚分为 3 大类群。

第一类群包含编号为 56、99、86、14、35、50、21、116、55、71、85、95、103、23、87、88、112、98、61、82、5 等的 21 份山梔材料，占总数的 61.8%。该类群在三个类群中所占指数最高，该类群特征为：单株开花数都比其它两类群的开花数少，全部编号的单株开花数都在平均单株开花数 303 朵以下；开花时间长短不一，有开花时间最长的 52 天的材料，也有开花时间最短 9 天的材料，在平均开花时间 32 天以上的有 11 份，占总数的 32.4%，开花时间早、中、晚花都有，以中花为主，开花时间主要集中在 15~25 天；露白花径、全展花径、花萼长度、萼管长度、花丝长度以及雌蕊长度较长，拥有 34 份材料中最长的露白花径、全展花径、花萼长度、萼管长度、花丝长度以及雌蕊长度。

第二类包含编号为 48、97、22、54、6、53、111、94、96、115、52、91 等的 12 份山梔材料，占总数的 35.3%。该类群特征为：花期长，在平均花期 24 天以上的有 7 份材料，占该类群总数的 58.3%；开花时间早、中、晚花都有，以早、中花为主；单株开花数较多，在平均单株开花数 303 朵以上的有 12 份，占该类群总数的 100%。

第三类包含编号为 26 的一份山梔材料，占总数的 2.9%。该类群特征为：单株开花数最多，为 784 朵；花期较长，为 41 天，花期较早，开花时间为早花；露白花径、全展花径、花萼长度、萼管长度、花丝长度以及雌蕊长度都在平均水平[15] [16]。

使用沃德联接的谱系图  
重新标度的距离聚类组合

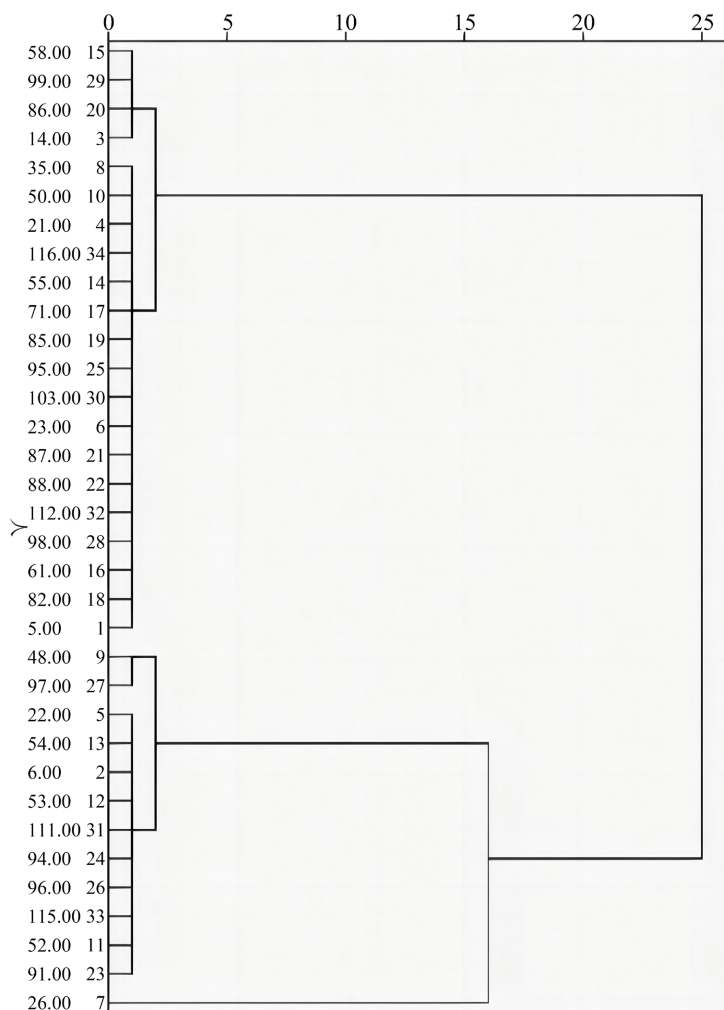


Figure 1. Cluster analysis of 34 gardenia materials  
图 1. 34 份栀子材料聚类分析图

## 4. 结论和讨论

### 4.1. 结论

#### 4.1.1. 山栀花部表型性状多样性

变异系数能在一定程度上反应物种数量性状上的差异，变异系数越大，物种分化程度就越高，物种的性状的多样性就越显著，而变异系数越小，物种分化程度就越低，性状就相对稳定[17] [18]。生殖器官也就是花部的表型性状相较于营养器官如叶部的表型性状，受环境和栽培条件的影响会较小，生殖器官具有比营养器官更为稳定的性能[19] [20]，所以本文选取了山栀子的 8 个花部性状进行表型性状分析。通过选取 34 份山栀子花的 8 个花部表型性状测其变异系数和 Shannon-wenier 指数，对其进行表型多样性分析，结果显示：8 个花部性状中，单株开花数和花期两个性状的变异系数大于 15%，分别为 37.37%、38.60%，其余 6 个性状变异系数都在 15% 以下。

#### 4.1.2. 山梔花部主成分分析

通过对山梔花部表型性状指标进行主成分分析, 总共提出了 2 类主成分。第一主成分包括露白花径、全展花径、花丝长度、萼管长度、花萼长度和雌蕊长度 6 个指标, 可概括为花部大小性状指标, 贡献率为 45.992%, 说明第一主成分是最重要的主成分, 对山梔花相关性状影响最大的就是这 6 个指标; 第二主成分包括单株开花数和花期两个指标, 可概括为花量花期综合指标, 贡献率为 18.132%。这两个主成分累计贡献率为 64.124%, 是山梔划分最主要的性状。第一主成分主要包括花部的组成部分的大小, 占比最多, 比较重要, 说明划分山梔的主要标准和依据是它的花部大小性状指标。

#### 4.1.3. 山梔花部相关性分析

经过对山梔 8 个花部性状进行分析, 可知露白花径、花丝长度、萼管长度、雌蕊长度与单株开花数和花期不存在相关性, 它们之间不会相互影响, 可见与主成分分析一样, 可以把 8 个花部性状分为两类; 但露白花径与萼管长度性状指标之间高度相关( $r > 0.8$ ); 露白花径与花丝长度、花萼长度、雌蕊长度 3 个性状指标之间显著相关( $r > 0.5$ ), 萼管长度与花丝长度、花萼长度 2 个性状指标之间显著相关( $r > 0.5$ ), 它们之间关系密切, 一方会随着另一方的变化而变化, 相互影响较大。

#### 4.1.4. 山梔子花部聚类分析

通过层次聚类分析法对 34 份山梔子资源进行聚类分析, 把 34 份材料聚为 3 类。其中, 第二类的编号为 48、97、22、54、6、53、111、94、96、115、52、91 的 12 份山梔子材料, 占总数的 35.3%。该类群特征为: 花期长, 在平均花期 24 天以上的有 7 份材料, 占该类群总数的 58.3%; 开花时间早、中、晚花都有, 以早、中花为主; 单株开花数较多, 在平均单株开花数 303 朵以上的有 12 份, 占该类群总数的 100%; 第三类包含编号为 26 的一份山梔子材料, 占总数的 2.9%。该类群特征为: 单株开花数最多, 为 784 朵; 花期较长, 为 41 天; 花期较早, 开花时间为早花; 露白花径、全展花径、花萼长度、萼管长度、花丝长度以及雌蕊长度都在平均水平。这两类的表型性状相较于第一类的表型性状来说各方面数据较稳定, 综合考虑更优秀。

## 4.2. 讨论

本研究以山梔花为研究对象, 对山梔花的表型性状进行了多样性分析、主成分分析、相关性分析和聚类分析, 通过以上方法分析可知, 山梔花部表型性状变异较小, 遗传多样性较丰富; 山梔花部性状指标提取出 2 个主成分, 第一主成分为露白花径、全展花径、花丝长度、萼管长度、花萼长度和雌蕊长度, 占比较大, 比较重要, 划分山梔的主要标准和依据是花部大小性状指标[21] [22]; 山梔花的大小会影响其花丝长度、花萼长度和雌蕊长度, 但不会影响其单株开花数和花期, 经过分析可优先考虑单株开花数和花期两个山梔花部性状指标的优秀程度。经过综合考虑主成分分析和聚类分析得出的结果, 初步挑选出了 26、48、52、53、91、94、96、97 等 8 份花部表型性状相对较优的材料, 可为选育花好、果大、高产的山梔优良品种提供参考。本试验设计较简单, 未考虑土壤、气候、温度等因素对山梔生长的影响, 只做出了初步探索, 有待进一步研究。

## 基金项目

湖南省大学生创新创业训练计划项目(湘教通[2023] 237 号); 湖南省企业科技特派员计划(2021GK5006)。

## 参考文献

[1] 杨新荣, 窦霞, 李国峰, 宋沁洁, 李咸慰, 吴红伟, 李东辉, 李越峰. 梔子肝毒性防治的研究进展[J]. 中草药,

- 2022, 53(13): 4170-4176.
- [2] 陈雅林, 彭勇. 山梔子和水梔子的本草学研究[J]. 中药材, 2018, 41(3): 753-756.
- [3] 薛士梅. 中药梔子有效成分及药理作用研究进展[J]. 中国城乡企业卫生, 2022, 37(5): 59-61.
- [4] 潘媛, 李隆云, 王钰, 等. 我国主要梔子栽培资源分布与综合利用调查[J]. 天然产物研究与开发, 2019, 31(10): 1823-1830.
- [5] 赖联赛, 林辉, 吴春赞. 黄梔子特征特性及高产栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2006(1): 45-46.
- [6] 徐祯, 毛春芹, 顾薇, 李林, 苏联麟, 张科卫, 邓畅, 皮文霞, 申屠银洪, 陆兔林. 梔子花的质量标准研究[J]. 香料香精化妆品, 2022(3): 13-18.
- [7] 李江, 尹春明, 李建安, 雷小林, 王金凤, 熊利, 孙颖. 山梔子扦插繁育关键技术研究[J]. 南方林业科学, 2017, 45(2): 20-23.
- [8] 杨艳, 邝鼎, 唐洁, 汤玉喜, 张玉荣, 黄忠良, 杨莉, 吴浪. 药食两用黄梔子农艺性状的比较及其相关性[J]. 经济林研究, 2016, 34(4): 134-137.
- [9] 卢路路, 樊怡灵, 邓珂, 许光治, 王艳, 张有做, 倪勤学. 不同品种和花期梔子花挥发性物质的主成分和聚类分析[J]. 核农学报, 2021, 35(7): 1601-1608.
- [10] 魏广伟, 阳慧怡, 王敏, 苏如奇, 王小慧, 沈庭海, 杨茜, 方圣, 吴自明. 芝麻种质资源表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(18): 122-130.
- [11] 黄稚清, 吴林源, 高筱钰, 丁释丰, 肖观康, 秦新生, 冯志坚. 62 份紫花风铃木的表型多样性分析[J]. 福建农业学报, 2022, 37(9): 1156-1166.
- [12] 蔡晓洋. 不同栽培类型川产梔子综合评价及梔子种子质量的研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都中医药大学, 2017.
- [13] 卢路路. 梔子花功效成分及生物活性探索研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江农林大学, 2021.
- [14] 张晗悦. 5 种樱属植物开花特性研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2020.
- [15] 曹秋霞. 湖南梔子种质资源遗传多样性及有效成分研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2022.
- [16] 蔡晓洋, 张思荻, 曾俊, 李敏, 钟兴彬. 基于主成分分析和聚类分析的梔子种质资源评价[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(14): 30-37.
- [17] 李雁瓷, 付乃峰, 孙加芝, 肖艳, 曹建国, 田代科. 秋海棠(*Begonia grandis*)的种内表型多样性[J]. 植物研究, 2021, 41(5): 775-788.
- [18] 焦子源, 尹守恒, 陈建华. 韭菜种质资源花器官表型性状多样性分析[J]. 中国蔬菜, 2022(10): 66-73.
- [19] 林存学, 杨晓华, 刘海荣. 东北寒地 96 份李种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 园艺学报, 2020, 47(10): 1917-1929.
- [20] 尹子丽, 冯泽辉, 陈静怡, 陈普. 披麻草野生居群表型多样性分析研究[J]. 云南中医中药杂志, 2020, 41(7): 77-82.
- [21] 雷星宇, 胡瑶, 李宏告, 张志德, 李丽辉. 13 份野生黄梔子资源的农艺性状比较与相关性分析[J]. 湖南农业科学, 2022(2): 16-20.
- [22] 田胜平, 汪阳东, 陈益存, 韩小娇, 占志勇. 山苍子天然种群叶片和种实性状的表型多样性[J]. 生态学杂志, 2012, 31(7): 1665-1672.