

陈艺荃, 潘宏, 魏云华. 山茶花品种观赏性状的主成分分析与观赏价值综合评价 [J]. 福建农业学报, 2019, 34 (5): 551—559.
CHEN Y Q, PAN H, WEI Y H. Principal Component Analysis and Comprehensive Evaluation on Ornamental Value of Varieties of *Camellia* [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 34 (5): 551—559.

山茶花品种观赏性状的主成分分析与观赏价值综合评价

陈艺荃, 潘 宏*, 魏云华

(福建省农业科学院农业工程技术研究所, 福建 福州 350003)

摘要:【目的】为山茶花科学引种和育种目标性状的选择提供参考。【方法】运用相关性分析和主成分分析法提取影响山茶花观赏性的关键因子, 对 28 个山茶花品种进行观赏价值的综合评价与观赏品种的筛选, 构建观赏价值综合评价模型。【结果】山茶花各观赏性状之间存在显著相关性, 花量、瓣数与花期呈极显著正相关, 花色与新叶色呈极显著正相关; 13 个性状可综合为花量因子、花期因子、花径因子、色彩因子和叶形因子等 5 个主成分, 累积贡献率达 85.48%, 具有生物学意义; 28 个品种评为 3 个等级, 筛选出金碧辉煌、花宝珠、花鹤翎、花芙蓉、正黄旗、黄的旋律、小桃红、红叶贝拉、杰作等 9 个观赏价值 I 级的品种, 评价结果与实地观测效果基本一致。【结论】山茶花观赏价值主要受花量、花期、花径、色彩和叶形等因子的综合影响, 花量和花期是最关键的影响因子, 要重点选择花大色艳、花量丰富、花期长, 或具彩叶特征, 整体观赏性强的品种作为推广栽培或育种的优良亲本材料。

关键词: 山茶花; 观赏性状; 主成分分析; 观赏价值评价

中图分类号: S 685.14

文献标识码: A

文章编号: 1008—0384 (2019) 05—551—09

Principal Component Analysis and Comprehensive Evaluation on Ornamental Value of Varieties of *Camellia*

CHEN Yi-quan, PAN Hong*, WEI Yun-hua

(Institute of Agricultural Engineering and Technology, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, China)

Abstract:【Objective】For introducing and breeding new varieties. 【Method】Ornamental value of 28 *Camellia* cultivars was evaluated, key appealing factors of *Camellia* were selected using the correlation and principal component analysis to construct a comprehensive evaluation model. 【Result】Significant correlations among the various traits were observed. For instance, the flower count and petal number correlated significantly with florescence, and flower color with new leaf color. Those 13 characteristic traits were grouped into 5 principal components: flower count, florescence, flower diameter, leaf color, and leaf shape with a total cumulative contribution of 85.48% for the differentiation. Flower count and florescence were critical with biological significance as well. Based on their ornamental values, the 28 varieties were classified into 3 grades. The 9 varieties judged to be excellent were Jinbihuihuang, Variegated Precious Pearl, Variegated Crane's Feather, Variegated Hibiscus, Kigirohi, Senritsu-Ko, Otome, Red Leaf Bella, and Masterpiece. The results were basically in agreement with field observation. 【Conclusion】The ornamental value of *Camellia* was governed by the flower count, florescence, flower diameter, leaf color and leaf shape with the flower count and florescence as the determinant factors. Thus, varieties with large and abundant flowers, long florescence period, and attractive leaves should be the choice for cultivation and breeding.

Key words: *Camellia*; ornamental traits; principal component analysis; ornamental value evaluation

收稿日期: 2019—03—17 初稿; 2019—04—23 修改稿

作者简介: 陈艺荃 (1989—), 女, 硕士, 研究实习员, 研究方向: 园林植物资源与繁育 (E-mail: yiquanchen1107@sina.com)

* 通讯作者: 潘宏 (1970—), 男, 副研究员, 研究方向: 园林植物栽培技术与园林工程设计 (E-mail: 563129737@qq.com)

基金项目: 福建省农业科学院科研引导项目 (AC2017-21)

0 引言

【研究意义】山茶花 *Camellia* sp. 是山茶科山茶属观赏植物, 是我国十大传统名花之一, 树冠多姿, 花姿绰约, 花色鲜艳, 享誉世界。山茶花的花型有单瓣型、牡丹型、玫瑰重瓣型、完全重瓣型等^[1], 花色以红色、粉色和白色为主色, 有斑块、条纹等内次色, 色彩深浅交融、变化多样, 新叶颜色有嫩绿、淡赭色或赭红色, 季相变化丰富。山茶花兼具观赏价值和经济价值, 市场需求量大, 应用前景广泛。构建科学合理的综合评价体系, 判定各品种观赏价值和筛选优种具有重要意义。**【前人研究进展】**前人关于山茶花生理特性^[2-3]、香气成分分析^[4]、遗传多样性^[5-6]、繁殖和栽培技术^[7]等方面已有较多研究, 但在种质资源观赏性状方面的系统研究较少, 尤其是观赏价值综合评价与品种筛选等方面鲜见报道。研究表明, 主成分分析法是评价植物种质资源观赏价值的重要方法, 可以简化性状变量, 利于提取影响性状的关键因子, 具有独特的优越性^[8-9]。前人已对白榆、香椿进行主成分分析与性状评价^[10-11], 也有观赏向日葵、蝴蝶兰等观赏植物观赏价值综合评价的相关报道^[12-13]。廖美兰等^[14]对广西 20 种金花茶的观赏价值开展研究, 筛选出崇左金花茶等 6 种观赏价值极高的金花茶。**【本研究切入点】**山茶花品种繁多, 各品种观赏特性各不相同, 仍有大量品种未进行观赏价值综合评价。现有山茶花观赏性评价较多以实地观测和定性描述为主, 缺乏定量、客观的因子分析和模型构

建, 较难科学、综合体现某个品种的观赏价值, 评价结果较为主观和单一。**【拟解决的关键问题】**本研究以 28 个山茶花品种为试验对象, 对 13 个观赏性状进行相关性分析和主成分分析, 构建山茶花观赏价值综合评价模型, 旨在量化评定各品种的观赏价值, 明确影响观赏性的关键因子, 筛选出观赏价值高、综合性状优的品种, 为山茶花科学引种和育种目标性状的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验地点为福建省农业科学院树兜山茶花种质资源圃, 试验材料引种自浙江金华物种园。引种后露地栽培, 按常规管理。选取长势良好、开品优、无病虫害的山茶花品种 28 个作为试验材料, 观测物候特征, 定期测定花径、花瓣数、花色、花型、花量、花期、开花指数、新叶色、叶长、叶宽、叶形、株高、冠幅等 13 项观赏性状, 试验重复 3 次。

1.2 试验方法

选取盛花期完全开放的花朵 8~10 朵及植株顶下成熟叶 4~6 片进行测量, 其中, 花径用游标卡尺测量, 叶长、叶宽、株高、冠幅用卷尺测量, 以瓣化程度判断花型, 开花指数^[15-16] = 花量 × (花径/冠幅)², 花径、瓣数、花量、花期、开花指数、叶长、叶宽、株高、冠幅等定量指标取均值作为初始数据。综合园艺专家评分和相关标准^[14,17], 采用 5 分制评分法, 对花色、花型、新叶色、叶形等定性指标进行描述和赋值量化处理, 标度越大代表重要性越强(表 1)。

表 1 山茶花部分观赏性状评分标准
Table 1 Evaluation criteria on ornamental value of *Camellia* varieties

评分 Score	花色 Flower color	花型 Flower pattern	新叶色 New leaf color	叶形 Leaf shape
1	白色 White	单瓣型 Single-lobe	绿色 Green	椭圆形 Ellipse
2	白色带杂色、浅粉色 White with variegation, light pink	半重瓣型 Semi-double	黄绿色 Yellow green	卵形、倒卵形 Ovate, obovate
3	粉色、桃红色 Pink, peach red	托桂型、牡丹型 Anemone, full peony	浅绿色、嫩绿色 Pale green	长椭圆形、长倒椭圆形 Long ellipse, long inverted ellipse
4	红色、橙红色 Red, orange red	玫瑰重瓣型 Rose	淡赭色 Light ochre	阔椭圆形、近圆形 Broad ellipse, near circle
5	黄色、紫红色、黑红色 Yellow, purple red, black red	完全重瓣型 Formal imbricated	赭色、赭红色 Ochre, red ochre	叶形较为奇特、少见 More peculiar and rare

1.3 数据计算与分析方法

用 SPSS 21.0 软件对所有性状的均值进行标准化预处理, 消除不同量纲的影响后进行相关性分析和主成分分析, 判断各初始变量是否具有相关性。由

SPSS 21.0 软件输出各主成分的初始特征值、方差贡献率及主成分因子载荷矩阵, 提取特征值 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 1$ 前 p 个主成分; 通过成分载荷系数与特征值算数平方根的比值求出对应的特征向量 e_j , 可得到主

成分 $Y_i = \sum e_j X_i$, X_i 为各性状指标的标准化值;以 Y_i 的方差贡献率 $A_i = \lambda_i / \sum \lambda_i$ 作为权重, 构建观赏价值综合评价模型 $F_n = \sum A_i Y_i$, F_n 表示第 n 个山茶花品种观赏价值的综合评分, 并根据评分排序确定等级。

2 结果与分析

2.1 品种间观赏性状的差异

由表 2 可知, 13 项观赏性状变异系数 $9.22\% \sim 74.24\%$, 变异幅度大。开花指数变异系数最大, 达 74.24% , 开花指数最大的品种为佛娜

礼, 最小的为美人茶, 最大值是最小值的 46 倍。变异系数较大的性状是叶形、新叶色和花量, 变异系数分别为 57.32% 、 54.57% 和 52.43% , 其中, 黄莲华叶片为倒披针形, 最为独特; 红叶贝拉、松子和午夜魔幻新叶为赭红色, 彩叶特征最明显; 花量最大的为花宝珠, 单株平均开花达 33 朵。叶长变异系数最小, 仅为 9.22% , 表明不同品种山茶花的叶片长度差异较小。由变异性分析得出, 山茶花品种观赏性状变异丰富, 品种间观赏特性具有差异性, 有必要进行观赏价值分析与综合评价。

表 2 供试的 28 个山茶花品种的观赏性状表现

Table 2 Ornamental traits of 28 *Camellia* varieties under study

品种名 Variety name	花径 Flower diameter/cm	瓣数 Petal number/枚	花色 Flower color	花型 Flower pattern	花量 Flower number/朵	花期 Florescence/d	开花指数 Flowering index
小桃红 Otome	8.12±0.42	82.22±3.58	3.00	5.00	26.37±1.89	65.08±2.25	0.43±0.01
正黄旗 Kigirohi	8.53±0.36	105.41±3.33	5.00	5.00	20.45±1.32	70.32±3.31	0.59±0.02
杰作 Masterpiece	9.65±0.45	63.30±2.58	1.00	5.00	11.19±0.88	52.98±2.96	0.18±0.01
黄的旋律 Senritsu-ko	9.21±0.29	35.08±2.36	5.00	3.00	21.18±1.56	48.06±2.21	0.15±0.03
美人茶 Camellia uraku	5.00±0.27	5.00±0.21	3.00	1.00	6.30±0.62	41.20±2.50	0.06±0.01
荷尔 Roger hall	10.93±0.48	48.16±3.22	4.00	5.00	12.58±0.34	55.42±2.77	0.37±0.01
花宝珠 Variegated precious pearl	9.55±0.45	130.05±3.39	3.00	3.00	33.10±1.88	70.26±3.22	0.91±0.02
心愿 Desire	9.48±0.48	52.83±2.68	2.00	5.00	7.80±1.24	35.21±1.97	0.86±0.02
红叶贝拉 Red leaf bella	13.12±0.38	80.39±3.57	5.00	5.00	13.91±1.35	72.25±2.03	1.57±0.03
贝拉大玫瑰 Nuccio's bella rossa	9.08±0.55	64.56±2.34	4.00	5.00	14.97±1.01	54.88±2.15	0.41±0.02
金碧辉煌 Jinbihuihuang	10.15±0.32	105.24±2.84	4.00	5.00	23.34±1.98	74.96±2.37	0.31±0.02
花鹤翎 Variegated crane's feather	10.11±0.37	83.21±2.91	3.00	5.00	25.29±1.67	76.10±2.67	0.21±0.01
松子 Matsukasa	5.06±0.22	27.81±2.50	4.00	2.00	24.81±2.01	57.74±3.04	0.11±0.01
狂想曲 Extravaganza	11.95±0.34	47.62±2.88	2.00	3.00	9.63±1.03	41.03±3.20	1.32±0.02
西利米切尔 Cile Mitchell	9.83±0.53	77.72±3.22	3.00	5.00	11.77±1.62	48.05±2.55	1.28±0.01
情人大卡特 Carter's sunburst sweetheart	12.87±0.51	49.52±3.45	3.00	3.00	7.85±0.85	55.14±2.40	1.20±0.02
牛西奥美玉 Nuccio's gem	9.88±0.33	39.88±2.14	1.00	5.00	9.62±1.21	34.55±1.92	0.60±0.01
赛牡丹 Elegans splendor	14.03±0.56	30.68±2.09	2.00	3.00	5.20±0.72	35.11±1.45	0.88±0.02
美国大红 Coquettii	10.07±0.30	77.91±3.10	4.00	5.00	11.23±1.11	55.29±2.50	0.75±0.02
黄莲华 Ki-renge	10.85±0.44	34.78±2.49	5.00	2.00	6.31±1.09	32.18±1.41	1.33±0.01
午夜魔幻 Midnight magic	9.03±0.35	57.81±2.89	5.00	3.00	4.70±0.21	35.13±1.66	0.72±0.01
飘柔 Softly	8.48±0.23	39.94±2.11	2.00	5.00	7.58±0.34	40.12±2.43	0.93±0.02
花芙蓉 Variegated hibiscus	10.15±0.32	115.28±3.45	2.00	3.00	22.95±1.45	65.00±3.03	0.29±0.02
春秋战国 Chunqizhanguo	9.18±0.45	58.07±2.66	4.00	5.00	6.11±0.23	49.63±2.19	0.44±0.03
雪牡丹 Snow peony	9.69±0.38	18.95±1.98	1.00	3.00	17.97±1.55	19.56±1.80	1.01±0.01
迷茫的春天 Spring daze	9.38±0.53	60.81±3.46	3.00	4.00	11.75±1.21	50.58±2.70	0.74±0.01
娃丽娜深 Valley knudsen	13.03±0.46	40.19±2.22	5.00	3.00	14.88±1.70	39.66±2.21	1.74±0.03
佛娜礼 Kathryn funari	12.26±0.45	60.35±2.19	3.00	5.00	11.39±0.92	59.62±2.88	2.74±0.04
综合平均 Mean±SD	9.95±2.03	60.46±29.10	3.25±1.27	3.96±1.21	14.29±7.49	51.25±14.34	0.79±0.59
最大值 Maximum	14.03	130.05	5.00	5.00	33.10	76.10	2.74
最小值 Minimum	5.00	5.00	1.00	1.00	4.70	19.56	0.06
变异系数 CV/%	20.41	48.13	39.12	30.51	52.43	27.98	74.24

(续上表)

品种名 Name	新叶色 New leaf color	叶长 Leaf length/cm	叶宽 Leaf width/cm	叶形 Leaf shape	株高 Plant height/m	冠幅 Plant width/m
小桃红 Otome	3.00	9.50±0.39	4.50±0.31	1.00	1.20±0.19	0.62±0.02
正黄旗 Kigirohi	4.00	9.30±0.25	3.80±0.22	1.00	1.05±0.15	0.43±0.01
杰作 Masterpiece	3.00	10.30±0.43	7.00±0.15	4.00	0.94±0.19	0.64±0.03
黄的旋律 Senritsu-ko	4.00	11.50±0.20	4.00±0.19	3.00	1.50±0.20	0.96±0.01
美人茶 Camellia uraku	3.00	8.60±0.19	3.20±0.20	3.00	1.25±0.21	0.56±0.01
荷尔 Roger hall	4.00	9.00±0.30	4.00±0.13	1.00	0.75±0.14	0.57±0.02
花宝珠 Variegated precious pearl	2.00	9.90±0.11	4.70±0.35	1.00	1.20±0.20	0.53±0.02
心愿 Desire	3.00	9.40±0.23	4.20±0.28	1.00	0.53±0.09	0.25±0.02
红叶贝拉 Red leaf bella	5.00	9.00±0.35	4.50±0.21	1.00	0.53±0.17	0.33±0.03
贝拉大玫瑰 Nuccio's bella rossa	5.00	9.40±0.22	5.00±0.18	4.00	0.93±0.13	0.55±0.04
金碧辉煌 Jinbihuihuang	3.00	9.90±0.31	4.20±0.29	1.00	1.50±0.06	0.77±0.01
花鹤翎 Variegated crane's feather	2.00	10.00±0.40	3.50±0.33	3.00	1.55±0.28	0.85±0.01
松子 Matsukasa	5.00	9.10±0.45	4.70±0.26	4.00	1.15±0.16	0.75±0.02
狂想曲 Extravaganza	1.00	9.00±0.37	4.80±0.14	4.00	0.50±0.18	0.33±0.02
西利米切尔 Cile mitchell	2.00	9.10±0.22	4.40±0.21	1.00	0.61±0.17	0.29±0.02
情人大卡特 Carter's sunburst sweetheart	1.00	9.40±0.15	4.40±0.17	3.00	0.55±0.15	0.34±0.03
牛西奥美玉 Nuccio's gem	2.00	9.40±0.26	5.00±0.33	4.00	0.60±0.14	0.41±0.01
赛牡丹 Elegans splendor	1.00	8.70±0.13	5.00±0.16	4.00	0.53±0.10	0.33±0.03
美国大红 Coquettii	2.00	8.80±0.26	3.70±0.24	1.00	0.52±0.16	0.36±0.01
黄莲华 Ki-renge	4.00	11.50±0.47	3.80±0.23	5.00	0.52±0.25	0.29±0.01
午夜魔幻 Midnight magic	5.00	9.00±0.43	4.40±0.28	1.00	0.58±0.22	0.35±0.01
飘柔 Softly	3.00	7.90±0.37	3.80±0.32	1.00	0.47±0.16	0.25±0.02
花芙蓉 Variegated hibiscus	1.00	10.20±0.48	4.00±0.34	3.00	1.60±0.10	0.78±0.01
春秋战国 Chunqizhangguo	1.00	8.80±0.29	4.10±0.30	1.00	0.49±0.11	0.33±0.02
雪牡丹 Snow peony	1.00	9.10±0.33	4.60±0.25	4.00	0.88±0.13	0.31±0.02
迷茫的春天 Spring daze	1.00	7.60±0.10	3.10±0.22	1.00	0.58±0.05	0.38±0.01
娃丽娜深 Valley knudsen	1.00	10.70±0.20	3.90±0.21	3.00	1.20±0.26	0.72±0.02
佛娜礼 Kathryn funari	1.00	9.50±0.36	3.70±0.19	3.00	0.52±0.07	0.37±0.01
综合平均 Mean±SD	2.61±1.42	9.41±0.87	4.29±0.73	2.39±1.37	0.87±0.38	0.49±0.20
最大值 Maximum	5.00	11.50	7.00	5.00	1.60	0.96
最小值 Minimum	1.00	7.60	3.10	1.00	0.47	0.25
变异系数 CV/%	54.57	9.22	16.95	57.32	43.45	40.93

2.2 观赏性状的相关性分析

由表3可知,花径与开花指数组呈极显著正相关,相关系数为0.660;瓣数与花量、花期呈极显著正相关,相关系数分别为0.582、0.767,与花型呈显著正相关,相关系数为0.439;花色与新叶色呈极显著正相关,相关系数为0.528;花型与花期呈显著正相关,相关系数为0.377;花量与花期、株高、冠幅呈极显著正相关,相关系数分别为0.641、0.762和0.659;花期与株高、冠幅呈显著正相关,相关系数分别为0.474、0.473;叶长与株高、冠幅呈极显著正相关,相关系数分别为0.489、0.534;叶宽与叶形呈显著正相关,相关系

数为0.350;株高与冠幅呈极显著正相关,相关系数为0.909。由相关性分析得出,各性状之间存在显著相关性,具备主成分分析的基础。

2.3 主成分分析

主成分分析是一种利用初始变量之间的相关性进行降维,用各因子的贡献率确定权重构建新的线性组合来体现初始变量信息的一种多元数理统计分析方法^[18]。由表4可知,前5个成分累积方差贡献率达85.48%,根据主成分累积方差贡献率应≥85%的标准^[19],即可认为该5个主成分可表达13个观赏性状的主要信息。以成分载荷系数与其特征根算术平方根的比值得出对应的特征向量 e_j ,进而建立各主成分

与观赏性状之间对应的函数关系, 即 $Y_1 = -0.068X_1 + 0.218X_2 + 0.083X_3 - \dots + 0.499X_{12} + 0.482X_{13}$, $Y_2 = 0.042X_1 + 0.507X_2 + 0.049X_3 + \dots + 0.001X_{12} - 0.027X_{13}$, $Y_3 = 0.630X_1 + 0.091X_2 + 0.099X_3 + \dots - 0.208X_{12} - 0.171X_{13}$, $Y_4 = -0.095X_1 - 0.017X_2 + 0.663X_3 - \dots - 0.007X_{12} + 0.088X_{13}$, $Y_5 = 0.103X_1 - 0.009X_2 - 0.343X_3 + \dots - 0.066X_{12} + 0.025X_{13}$ (表 4)。

表 3 主要观赏性状的相关性分析

Table 3 Correlation of main ornamental traits

性状 Traits	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}
花径 Flower diameter(X_1)	1												
瓣数 Petal number(X_2)	0.082	1											
花色 Flower color(X_3)	-0.022	0.130	1										
花型 Flower pattern(X_4)	0.171	0.439*	-0.087	1									
花量 Flower number(X_5)	-0.255	0.582**	0.087	0.037	1								
花期 Florescence(X_6)	-0.055	0.767**	0.296	0.377*	0.641**	1							
开花指数 Flowering index(X_7)	0.660**	-0.046	0.058	0.058	-0.283	-0.164	1						
新叶色 New leaf color(X_8)	-0.422	-0.020	0.528**	0.033	0.095	0.159	-0.330	1					
叶长 Leaf length(X_9)	0.157	0.123	0.269	-0.197	0.322	0.091	0.001	0.135	1				
叶宽 Leaf width(X_{10})	0.109	0.022	-0.406	0.134	0.013	-0.084	-0.133	0.119	0.171	1			
叶形 Leaf shape(X_{11})	0.121	-0.503	-0.282	-0.487	-0.116	-0.381*	0.036	-0.104	0.409*	0.350*	1		
株高 Plant height(X_{12})	-0.368	0.318	0.116	-0.203	0.762**	0.474*	-0.521	0.102	0.489**	-0.077	0.087	1	
冠幅 Plant width(X_{13})	-0.281	0.191	0.198	-0.134	0.659**	0.473*	-0.521**	0.165	0.534**	0.011	0.164	0.909**	1

注: ** 和 * 分别表示 0.01 和 0.05 水平差异显著。

Note: ** and * mean significant difference at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

表 4 主成分分析

Table 4 Principal component analysis on traits

	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2	主成分 3 PC3	主成分 4 PC4	主成分 5 PC5
特征值 Eigenvalue	3.423	2.575	2.020	1.609	1.485
方差贡献率 Variance contribution rate/%	26.331	19.811	15.539	12.377	11.419
累积方差贡献率 Cumulative variance contribution rate/%	26.331	46.142	61.680	74.057	85.476
花径 Flower diameter(X_1)	-0.068	0.042	0.630	-0.095	0.103
瓣数 Petal number(X_2)	0.218	0.507	0.091	-0.017	-0.009
花色 Flower color(X_3)	0.083	0.049	0.099	0.663	-0.343
花型 Flower pattern(X_4)	-0.114	0.493	0.047	-0.009	0.207
花量 Flower number(X_5)	0.435	0.219	-0.110	-0.036	-0.021
花期 Florescence(X_6)	0.289	0.445	-0.011	0.107	-0.078
开花指数 Flowering index(X_7)	-0.174	-0.004	0.584	-0.029	-0.127
新叶色 New leaf color(X_8)	-0.001	0.038	-0.278	0.671	0.160
叶长 Leaf length(X_9)	0.362	-0.166	0.257	0.262	0.214
叶宽 Leaf width(X_{10})	-0.001	0.007	-0.011	-0.047	0.778
叶形 Leaf shape(X_{11})	0.116	-0.469	0.120	-0.095	0.352
株高 Plant height(X_{12})	0.499	0.001	-0.208	-0.007	-0.066
冠幅 Plant width(X_{13})	0.482	-0.027	-0.171	0.088	0.025

主成分 1 的方差贡献率为 26.331%, 主要受株高、冠幅和花量的影响, 株高、冠幅与花量呈极显著正相关, 株高和冠幅越大, 开花数量越多, 该

成分称为花量因子。主成分 2 的方差贡献率为 19.811%, 主要受瓣数、花型和花期影响, 瓣数和花期呈极显著正相关, 花瓣数越多, 花期越长; 花

型和花期呈显著正相关,完全重瓣型的品种较单瓣型、半重瓣型的品种花期更长,该成分为花期因子。主成分3的方差贡献率为15.539%,主要受花径、开花指数影响,花径与开花指数呈极显著正相关,花径越大,开花指数越高,该成分为花径因子。主成分4的方差贡献率为12.377%,主要受花色、新叶色影响,花色和新叶色呈极显著正相关,结合表2分析,新叶为赭红色的品种,花色多为紫红或黑红色;新叶为淡赭色的品种,花色多为黄色;新叶为嫩绿、淡绿色的品种,花色多为白色或白色带杂色,该成分为色彩因子。主成分5的方差贡献率为11.419%,主要受叶宽、叶形影响,叶片较宽的品种,叶形多为宽椭圆形或近圆形,叶片较窄小的品种,叶形多为长椭圆形或倒披针形,该成分为叶形因子。每个主成分都具有明确的生物学意义。

2.4 观赏价值综合评价与品种筛选

以5个主成分的方差贡献率作为权重构建观赏价值综合评价模型 F_n ,建立 F_n 与各主成分 Y_i ($i=1\sim 5$)之间的线性组合,即 $F_n=0.2633Y_1+0.1981Y_2+0.1554Y_3+0.1238Y_4+0.1142Y_5$ 。运用 F_n 对28个山茶花品种的观赏价值进行评价,综合得分为-1.40~1.41,并将观赏价值分为3个等级(表5)。I级总分 ≥ 0.49 ,依次有金碧辉煌、花宝珠、花鹤翎、花芙蓉、正黄旗、黄的旋律、小桃红、红叶贝拉、杰作等观赏价值高的品种(图1);II级总分-0.53~-0.43,依次为贝拉大玫瑰、娃丽娜深、荷尔、松子、佛娜礼、西利米切尔、美国大红、情人大卡特、黄莲华、午夜魔幻、春秋战国等观赏价值较高的品种;III级总分-1.40~-0.62,依次为牛西奥美玉、心愿、狂想曲、迷茫的春天、赛牡丹、飘柔、雪牡丹、美人茶等观赏价值一般的品种。

表5 28个山茶花品种观赏价值综合评价

Table 5 Comprehensive evaluation of ornamental value of 28 *Camellia* varieties

品种名 Variety name	主成分1 Y_1	主成分2 Y_2	主成分3 Y_3	主成分4 Y_4	主成分5 Y_5	综合得分 Score	排序 Order	等级 Grade
小桃红 Otome	1.84	1.94	-1.50	0.34	0.01	0.80	7	I
正黄旗 Kigirohi	1.08	2.48	-0.87	1.76	-1.22	0.84	5	I
杰作 Masterpiece	0.77	-0.36	-0.70	-0.86	4.40	0.49	9	I
黄的旋律 Senritsu-ko	3.41	-1.30	-1.33	2.37	-0.07	0.84	5	I
美人茶 <i>Camellia uraku</i>	-0.06	-2.85	-2.89	0.14	-1.62	-1.40	28	III
荷尔 Roger hall	-0.29	0.90	-0.53	1.06	-0.46	0.11	12	II
花宝珠 Variegated precious pearl	2.63	2.26	-0.23	-0.16	-0.23	1.24	2	I
心愿 Desire	-2.04	0.06	0.14	-0.53	0.20	-0.64	22	III
红叶贝拉 Red leaf bella	-0.87	2.13	1.51	1.86	-0.34	0.72	8	I
贝拉大玫瑰 Nuccio's bella rossa	0.58	0.16	-0.98	1.43	1.40	0.43	10	II
金碧辉煌 Jinbihuihuang	2.96	2.54	-1.00	1.04	-0.44	1.41	1	I
花鹤翎 Variegated crane's feather	3.38	1.48	-0.97	0.05	-0.47	1.15	3	I
松子 Matsukasa	2.09	-1.34	-3.22	1.66	0.33	0.03	13	II
狂想曲 Extravaganza	-1.64	-1.52	1.69	-1.87	0.94	-0.70	23	III
西利米切尔 Cile mitchell	-1.36	1.08	0.81	-0.55	-0.20	-0.13	15	II
情人大卡特 Carter's sunburst sweetheart	-1.24	-0.81	1.97	-1.07	0.10	-0.35	17	II
牛西奥美玉 Nuccio's gem	-1.31	-1.17	0.16	-1.71	2.04	-0.62	21	III
赛牡丹 Elegans splendor	-2.18	-2.04	1.77	-2.05	1.32	-0.95	25	III
美国大红 Coquettii	-1.13	1.34	0.30	0.03	-1.17	-0.14	16	II
黄莲华 Ki-renge	-0.79	-3.18	1.88	1.79	0.12	-0.36	18	II
午夜魔幻 Midnight magic	-1.61	-0.52	-0.54	1.89	-0.58	-0.52	19	II
飘柔 Softly	-2.72	0.25	-0.53	-0.87	-0.66	-1.09	26	III
花芙蓉 Variegated hibiscus	3.36	0.75	-0.63	-1.00	-0.06	0.94	4	I
春秋战国 Chunqiu zhanguo	-1.65	0.66	-0.07	-0.41	-0.79	-0.53	20	II
雪牡丹 Snow peony	-1.23	-2.52	0.36	-2.43	1.02	-1.11	27	III
迷茫的春天 Spring daze	-1.60	0.70	-0.24	-1.25	-2.11	-0.84	24	III
娃丽娜深 Valley knudsen	1.06	-1.46	2.24	0.36	-0.76	0.35	11	II
佛娜礼 Kathryn funari	-1.42	0.35	3.41	-1.03	-0.66	0.03	13	II



图1 观赏价值I级的山茶花品种

Fig. 1 *Camellia* varieties with Grade I ornamental value

注：A~I依次为金碧辉煌、花宝珠、花鹤翎、花芙蓉、正黄旗、黄的旋律、小桃红、红叶贝拉、杰作。

Note: A—I is as follows: Jin Bi Hui Huang, Variegated Precious Pearl, Variegated Crane's Feather, Variegated Hibiscus, Kigirohi, Senritsu-Ko, Otome, Red Leaf Bella, Masterpiece.

结合表2分析得出，观赏价值Ⅰ级的品种花瓣数多（89枚）、花量丰富（单株22朵）、花期长（66 d）、花型以玫瑰重瓣型和完全重瓣型居多，花色艳丽、新叶色独特、株高冠幅大，整体观赏性强；观赏价值Ⅱ级的品种大多花量和花期中等，但花色（4.0分）、叶形（2.5分）更为独特，观赏效果良好；观赏价值Ⅲ级的品种大多瓣数较少（37枚）、花量较少（9朵），花期较短（37 d），花色多为蜡质，株高冠幅小，观赏价值一般。

3 讨论与结论

3.1 评价结果深层分析

本研究构建了山茶花观赏价值综合评价模型，将28个品种评为3个等级，Ⅰ级9个品种，Ⅱ级11个品种，Ⅲ级8个品种，评价结果与实地观测效果基本一致。金碧辉煌花朵为艳红色，各项观赏

指标均优，综合分值最高；花宝珠瓣数最多（130枚）、花量最大（单株33朵）、花鹤翎花期最长（76 d），整体观赏性强。正黄旗是月光与金花茶杂交品种，花色为纯乳黄色；黄的旋律花色较正黄旗深，有淡粉色镶边，2个品种的新叶均为淡赭色，为稀少品种。小桃红花瓣近圆形、排列整齐，为标准的完全重瓣型，花朵稠密如云，开花效果好。红叶贝拉花色黑红，新叶赭红色、叶色艳丽、呈彩期长，为优良的彩叶品种，观赏价值高，与殷爱华等的研究结果一致^[17]。杰作花色纯白透亮，叶片硕大近圆形，形状独特。综上，筛选出金碧辉煌、花宝珠、花鹤翎、花芙蓉、正黄旗、黄的旋律、小桃红、红叶贝拉、杰作等9个观赏价值Ⅰ级的品种（图1），可作为重点繁育的新优品种，加以推广应用。

3.2 山茶花育种目标性状的选择

观赏性状是观赏植物最重要的品质性状，是育种的主攻方向之一，花径、花色、花型、叶形等都是主要性状，必须将性状信息加以汇总并客观合理赋权^[20]。供试的28个山茶花品种观赏性状变异丰富，各观赏性状之间存在显著相关性，如花量、瓣数与花期都呈极显著正相关，花色与新叶色呈极显著正相关。主成分分析表明，山茶花观赏价值主要受花量、花期、花径、色彩和叶形等因子的综合影响，其中，花量和花期是最关键的影响因子。山茶花为冬令花卉，开花于冬春之际^[1]，花朵稠密、瓣数众多、花期长的品种更有商业价值，在新品种选育时要重点选择开花量大和花期长的亲本组合。其他因子对观赏价值也有较大影响，花径越大，开花指数越高，观赏价值也越高，这在其他物种观赏性状研究中也有类似现象^[21]。完全重瓣型或玫瑰重瓣型的品种优于单瓣品种，花色浓艳、纯净的品种优于花色浅淡的品种。黄色的茶花品种较少，金花茶是唯一具有金黄色花瓣的茶花品种，不仅富含茶多酚、总黄酮等多种营养成分^[6]，还具有很高的观赏价值，也是获取黄色茶花新品系的重要亲本材料。山茶花彩叶品种也相对较少，丰富的新叶色与春季嫩叶中花青素的大量合成有关^[22-23]，具彩叶特征可延长茶花的整体观赏期。

如何选择亲本是实现育种目标的关键，在山茶花育种目标性状选择时要综合平衡各观赏性状，选择株型紧凑、花大色艳、花量丰富、花期长，或具彩叶特征、整体观赏性强的品种作为亲本，通过杂交育种、诱变育种、基因工程等手段进一步改良性状，以期获得理想目标性状的优种。此外，花卉品种观赏价值综合评价是受多因子交互作用影响的复杂的动态系统。山茶花品种繁多，性状差异丰富，目前尚未建立统一的观赏价值评价数理模型，不同的研究方法、研究手段导致最终的评价结果具有多元性。如何构建更为合理高效的评价模型，客观全面体现观赏性状的核心信息，消除部分性状赋值时主观因素的影响，提升评价结果的系统性与科学性需深入研究。仍有大量山茶花种质资源需要进行观赏价值综合评价，以筛选观赏性与适应性兼具的优种，为高效育种与推广栽培提供参考。

参考文献：

- [1] 陈俊愉, 程绪珂. 中国花经 [M]. 上海: 上海文化出版社, 1990: 145—149.
CHEN J Y, CHENG X K. *China Floral Encyclopaedia* [M]. Shanghai: Shanghai Culture Publishing House, 1990: 145—149. (in Chinese)
- [2] VELA P, SALINERO C, SAINZ M J. Phenological growth stages of *Camellia japonica* [J]. *Annals of Applied Biology*, 2013, 162 (2): 182—190.
- [3] ZHANG Y L, GUO W Z, LI X P, et al. Analysis of the impact of heat on new *camellias* using nondestructive methods [J]. *Acta physiologae plantarum*, 2018, 40 (5): 84.
- [4] LI J B, HASHIMOTO F, SHIMIZU K, et al. Chemical taxonomy of red-flowered wild *Camellia* species based on floral anthocyanins [J]. *Phytochemistry*, 2013, 85: 99—106.
- [5] RYU Y, KIM I R, SU M H, et al. Phylogeographical study of *Camellia japonica* inferred from AFLP and chloroplast DNA haplotype analyses [J]. *Journal of Plant Biology*, 2019, 62 (1): 14—26.
- [6] 张玥, 蓝增全, 吴田. 云南大围山金花茶种质资源的ISSR分析 [J]. 分子植物育种, 2018, 16 (2): 649—655.
ZHANG Y, LAN Z Q, WU T. ISSR Analysis of *Camellia nitidissima* germplasm resources from Dawei Mountain in Yunnan [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2018, 16 (2): 649—655. (in Chinese)
- [7] 韦晓娟, 梁晓静, 廖健明, 等. 7种越南金花茶生物学特性及繁殖技术 [J]. 广西林业科学, 2017 (3): 248—252.
WEI X J, LIANG X J, LIAO J M, et al. Biological characteristics and reproductive technology of 7 Vietnam golden *Camellia* [J]. *Guangxi Forestry Science*, 2017 (3): 248—252. (in Chinese)
- [8] BRO R, SMILDE A K. Principal component analysis [J]. *Analytical Methods*, 2014, 6 (9): 2812—2831.
- [9] KARA D. Evaluation of trace metal concentrations in some herbs and herbal teas by principal component analysis [J]. *Food Chemistry*, 2009, 114 (1): 347—354.
- [10] THAKUR S, THAKUR I K. Principal component analysis of growth and biomass characteristics for different progenies of *Ulmus villosa* Brandis [J]. *Indian Journal of Plant Genetic Resources*, 2016, 29 (1): 71—74.
- [11] 雷小华, 涂炳坤, 王茂丽, 等. 主成分分析在香椿性状评价和优良单株选择中的运用 [J]. 华中农业大学学报, 2006, 25 (4): 441—444.
LEI X H, TU B K, WANG M L, et al. Character evaluation and superior selection of *Toona sinensis* by principal component analysis [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2006, 25 (4): 441—444. (in Chinese)
- [12] 宋良红, 郭欢欢, 侯少培, 等. 观赏向日葵观赏价值评价体系的建立 [J]. 河南科学, 2015, 33 (6): 934—937.
SONG L H, GUO H H, HOU S P, et al. Establishment of ornamental value system of *Helianthus annuus* [J]. *Henan Science*, 2015, 33 (6): 934—937. (in Chinese)
- [13] 陈和明, 吕复兵, 李佐, 等. 蝴蝶兰品质性状综合评价体系的构建 [J]. 中国农业大学学报, 2017, 22 (8): 83—94.
CHEN H M, LV F B, LI Z, et al. Establishment of comprehensive evaluation system on quality traits in *Phalaenopsis* [J]. *Journal of China Agricultural*

- University, 2017, 22 (8): 83—94. (in Chinese)
- [14] 廖美兰, 王华新, 周修任, 等. 广西二十种金花茶观赏价值综合评价 [J]. 北方园艺, 2015 (9): 67—70.
- LIAO M L, WANG H X, ZHOU X R, et al. Comprehensive evaluation of ornamental value for twenty species of *Camellia chrysanthia* in Guangxi [J]. *Northern Horticulture*, 2015 (9): 67—70. (in Chinese)
- [15] SCARIOT V, GULLINO P. Evaluation of flowering time and ornamental characteristics in Autumn *Camellias* [J]. *Acta Horticulturae*, 2010 : 319—324.
- [16] 陈俊愉, 王四清, 王香春. 花卉育种中的几个关键环节 [J]. 园艺学报, 1995, 22 (4): 372—376.
- CHEN J Y, WANG S Q, WANG X C. Several key problems in breeding of ornamental plants [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1995, 22 (4): 372—376. (in Chinese)
- [17] 殷爱华, 全一叶, 田雪琴. 高观赏性茶花种, 品种的筛选及评价 [J]. 防护林科技, 2018 (3): 14—16, 22.
- YIN A H, QUAN Y Y, TIAN X Q. Screening and evaluation of high ornamental *Camellia* species and varieties [J]. *Protection Forest Science and Technology*, 2018 (3): 14—16, 22. (in Chinese)
- [18] 李静萍, 曾玉亮, 谢邦昌. 多元统计方法与应用 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008: 21—22.
- LI J P, ZENG Y L, XIE B C. *Multivariate Statistical Method and Its Application* [M]. Beijing: Renmin University of China Press, 2008: 21. (in Chinese)
- [19] 郭英姿, 贾文庆, 刘会超, 等. 三十二个品种芍药观赏性状的主成分分析 [J]. 北方园艺, 2018 (4): 20—21.
- GUO Y Z, JIA W Q, LIU H C, et al. Principal component analysis of ornamental traits of thirty-two *Paeonia lactiflora* varieties [J]. *Northern Horticulture*, 2018 (4): 20—21. (in Chinese)
- [20] 陈和明, 朱根发, 操君喜, 等. 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, et al. Ornamental characteristics evaluation of 27 *Phalaenopsis* varieties [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2013, 34 (6): 1060—1064. (in Chinese)
- [21] 许晶, 张何信, 雷金睿. 基于主成分分析法的猴面包树观赏性状评价研究 [J]. 热带林业, 2018 (2): 31—33.
- XU J, ZHANG H X, LEI J R. Evaluation of ornamental characters of *Adansonia digitata* L. based on principal component analysis [J]. *Tropical Forestry*, 2018 (2): 31—33. (in Chinese)
- [22] 郭卫珍, 张亚利, 王荷, 等. 5 个山茶品种的叶色变化及相关生理研究 [J]. 浙江农林大学学报, 2015, 32(5): 729—735.
- GUO W Z, ZHANG Y L, WANG H, et al. Leaf color transformation and related physiological changes for five *Camellia* cultivars [J]. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 2015, 32 (5): 729—735. (in Chinese)
- [23] 应震, 李纪元, 殷恒福, 等. 红叶山茶品种花青素苷相关基因表达水平及代谢产物分析 [J]. 林业科学研究, 2017, 30 (6): 1034—1040.
- YING Z, LI J Y, YIN H F, et al. Analysis of gene expressing and metabolites for synthesising anthocyanins influencing the red color of leaves of *Camellia* cultivar [J]. *Forest Research*, 2017, 30 (6): 1034—1040. (in Chinese)

(责任编辑: 黄爱萍)