



我国棱果花天然主要分布区叶片多样性分析

徐斌, 易礼江, 林子湛, 陈新宇, 廖焕琴, 潘文, 杨会肖

引用本文:

徐斌, 易礼江, 林子湛, 陈新宇, 廖焕琴, 潘文, 杨会肖. 我国棱果花天然主要分布区叶片多样性分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2023, 31(2): 173–180.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4574>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[基于表型性状和SSR标记的57份辣椒种质遗传多样性分析](#)

Genetic Diversity Analysis of 57 Germplasms of *Capsicum annuum* Based on Phenotypic Traits and SSR Markers
热带亚热带植物学报. 2020, 28(4): 356–366 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4185>

[枇杷叶片性状与单果质量的遗传规律研究](#)

Study on Inheritance Patterns of Leaf Traits and Fruit Weight in Loquat
热带亚热带植物学报. 2023, 31(1): 62–68 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4563>

[火龙果种质资源果实特性的遗传多样性分析](#)

Genetic Diversity Analysis of Fruit Traits of *Hylocereus undatus* Germplasm Resources
热带亚热带植物学报. 2019, 27(4): 432–438 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4007>

[油橄榄品种间叶片性状及总黄酮含量分析](#)

Analysis of Leaf Characteristics and Content of Total Flavonoids among Varieties of *Olea europaea* L.
热带亚热带植物学报. 2017, 25(4): 379–386 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3708>

[14个杉木家系主要用材性状表型多样性分析与评价](#)

Phenotypic Diversity Analysis and Evaluation of Main Timber Traits in 14 Families of Chinese Fir
热带亚热带植物学报. 2022, 30(6): 874–O14–1 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4615>

[向下翻页，浏览PDF全文](#)

我国棱果花天然主要分布区叶片多样性分析

徐斌¹, 易礼江², 林子湛³, 陈新宇¹, 廖焕琴¹, 潘文¹, 杨会肖^{1*}

(1. 广东省森林培育与保护利用重点实验室/广东省林业科学研究院, 广州 510520; 2. 广东省沙头角林场, 广东 深圳 518081; 3. 广东阳春鹅凰嶂省级自然保护区管理处, 广东 阳春 529631)

摘要: 为了解棱果花(*Barthea barthei*)种质资源叶片表型的多样性, 对棱果花 6 个种群的 139 株的叶片性状进行方差分析、相关性分析、主成分分析及聚类分析。结果表明, 棱果花种群间和个体间的叶片表型性状存在显著差异, 变异系数为 0.14~0.84, 平均为 0.32, 说明棱果花叶片性状变异较大。叶面积、叶周长与叶长间的相关系数为 0.75~0.99。叶片性状可提取为 5 个主成分, 累计贡献率达 88%, 其中叶片的面积、周长、宽度、长/宽和叶形是表型变异的主要因素。聚类分析将 139 株棱果花分为 6 组, 第 I 组包含 34 株材料, 第 II 组 7 株, 第 III 组 1 株, 第 IV 组 15 株, 第 V 组 37 株和第 VI 组 45 株, 说明来自不同种群的棱果花植株分散在不同的组中, 棱果花叶片表型与来源无显著关系。因此, 棱果花叶片表型多样性丰富, 其中种群间和单株间具有丰富的多样性, 可为棱果花遗传改良和新品种选育提供基础。

关键词: 棱果花; 种质资源; 叶片性状; 相关性分析

doi: 10.11926/jtsb.4574

Phenotypic Diversity Analysis of *Barthea barthei* Germplasm Resources in Main Natural Distribution Area

XU Bin¹, YI Lijiang², LIN Zizhan³, CHEN Xinyu¹, LIAO Huanqin¹, PAN Wen¹, YANG Huixiao^{1*}

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China; 2. Guangdong Shaotoujiao Forest Station, Shenzhen 518081, Guangdong, China; 3. Management Department of Ehuangzhang Provincial Nature Reserve, Yangchun 529631, Guangdong, China)

Abstract: In order to understand the diversity of leaf phenotypic traits in *Barthea barthei* germplasm resources, the variance analysis, correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis were conducted based on leaf traits of 139 individuals from 6 populations. The results showed that there were significant differences in leaf phenotypic traits among population groups and individuals. The variation coefficients of leaf traits ranged from 0.14 to 0.84 with average of 0.32, suggesting that the leaf traits of *B. barthei* varied greatly. Leaf traits could be extracted into five principal components, with a cumulative contribution rate of 88%, in which leaf area, leaf perimeter, leaf width, leaf length/width and leaf shape parameters were the main factors caused phenotype difference. Cluster analysis showed that 139 individuals of *B. barthei* resources could be divided into 6 groups, there were 34 individuals in group I, 7 in group II, 1 in group III, 15 in group IV, 37 in group V, and 45 in group VI, which showed that the individuals from different population were scattered in different groups, indicating that there were no significant relationship between leaf phenotype and source. Therefore, the leaf phenotypic diversity was abundant among different populations and individuals, which could provide basis for genetic improvement and new variety breeding.

收稿日期: 2021-11-22 接受日期: 2022-03-14

基金项目: 广东省林业科技创新项目(2020KJ CX002)资助

This work was supported by the Project for Forestry Science Technology Innovation in Guangdong (Grant No. 2020KJ CX002).

作者简介: 徐斌(1974年生), 男, 博士, 教授级高级工程师, 主要从事木本花卉遗传育种方面的研究。E-mail: xubin@sinogaf.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hxyang@sinogaf.cn

Key words: *Barthea barthei*; Germplasm; Leaf trait; Correlation analysis

种质资源群体多样性是长期进化的产物, 群体多样性越高, 表明对环境变化的适应能力越强^[1]。植物通过叶片将光能转换成化学能, 因此叶片是植物物质积累的重要场所, 是决定植物生物量大小的重要器官之一。不同植物的叶片在叶形、颜色、质地、叶缘等存在明显的差异, 而同种植物不同种质资源的叶片表型性状也存在较大的差异^[2-4]。通过对植物叶片性状变异规律进行研究, 可为优质种质筛选提供依据。

棱果花(*Barthea barthei*)为野牡丹科(Melastomataceae)棱果花属灌木, 单属单种, 聚伞状花序, 花瓣长圆状、椭圆形或近倒卵形, 花白色至粉红色或紫红色, 分布于我国广东、湖南、广西、福建、台湾等地。棱果花花期为 10 月到翌年 4 月, 比野牡丹科其他多数植物花期(多为 6—9 月)较晚, 花期长、抗逆性强, 适生范围广。目前已对广东、海南、福

建和湖南等地区野牡丹科观赏植物进行了资源调查^[5-9], 并对其观赏性及园林应用价值进行了评价分析^[10-12], 但对棱果花种质资源的表型性状多样性研究未见报道。本研究利用 139 株棱果花对种质资源进行叶片表型性状分析, 结合相关分析、主成分分析和聚类分析研究棱果花种质资源的多样性, 为棱果花种质资源的改良利用、新种质的创制及杂交亲本选择提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料

根据现存棱果花天然资源分布, 在分布相对集中的 6 个天然种群, 选取间距在 30 m 以上的植株, 于 2021 年春季采集树冠外侧东、南、西、北 4 个方位的成熟叶片, 各种群的来源和编号见表 1。

表 1 棱果花资源

Table 1 *Barthea barthei* resources

编号 No.	数量 Number	来源 Source	经度 Longitude (N)	纬度 Latitude (E)
GY1~GY36	36	广东阳春 Yangchun, Guangdong	111°26'17"	21°53'20"
SW1~SW3, SW5~SW23, SW25~SW34	32	广东深圳 Shenzhen, Guangdong	114°13'45"	22°34'41"
GR1~GR18	18	广东韶关 Shaoguan, Guangdong	112°56'27"	21°41'42"
GH1~GH6, GH8~GH11, GH13~GH16	14	广东汕尾 Shanwei, Guangdong	115°13'58"	23°3'43"
GF1~GF24	24	广西防城港 Fangchenggang, Guangxi	107°32'1"	21°50'24"
HC1~HC14, HC16	15	湖南郴州 Chenzhou, Hunan	112°55'43"	24°58'48"

1.2 叶片表型性状测定

从东、南、西、北 4 个方位选取植株中部外侧成熟叶片各 2 片, 将叶子平展后用扫描仪扫描, 采用万深 LA-S 植物图像分析仪(TMA1600)检测叶面积(mm²)、叶柄面积(mm²)、叶周长(mm)、叶片长(mm)、叶柄长(mm)、叶片宽(mm)、叶柄宽(mm)、叶柄长/宽、叶长/宽、叶绿素和叶形数据。用游标卡尺测量叶片厚度; 用电子天平先称取叶片鲜质量, 然后将叶片置于烘箱中烘干, 再用电子天平称取叶片干质量, 数据取平均值。

1.3 数据分析

利用 Excel 对原始数据进行整理, 数据的基本统计分析则采用 R 软件^[13]。用“psych”和“cluster”包分别进行主成分分析和聚类分析, 其中聚类分析基于系统聚类中离差平方和进行聚类; 用 ASReml 软

件分析棱果花叶片形状的性状变异^[14], 混合线性模型为 $Y_{ijk}=u+P_i+I_j+e_{ijk}$, 其中 Y_{ijk} 是第 i 种群第 j 单株的观测值, u 为总叶片平均值, P_i 为第 i 个种群的随机效应值, I_j 为第 i 个种群内第 j 个单株的随机效应值, e_{ijk} 为随机误差。

2 结果和分析

2.1 叶片表型性状变异分析

对 139 株棱果花叶片表型性状的变异分析表明, 叶面积、叶柄面积分别为 2 000.00 和 19.00 mm²; 叶周长、叶长、叶柄长、叶宽、叶柄宽分别为 220.00、82.00、11.00、39.00 和 2.50 mm; 叶柄长/宽、叶长/宽、叶绿素、叶形分别为 4.90、2.20、4.50、2.00; 叶厚、叶鲜质量和叶干质量分别为 0.31 mm、9.10 g 和

6.46 g。叶片表型性状的变异系数为 14%~84%，说明椴果花种质资源的叶片表型性状差异较大，性状表现不稳定。其中变异系数较大的是叶柄面积和叶干质量，变异系数分别为 61%和 84%。除叶

形的峰度系数为 5.80 外，其余性状的偏度系数和峰度系数均约为 1，说明这些叶形性状符合近似正态分布，可用于相关性、主成分分析和聚类分析(表 2)。

表 2 椴果花叶片表型性状的变异

Table 2 Variation coefficient of phenotypic traits of *Barthea barthei* leaves

性状 Trait	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 Standard error	方差 Variation	变异系数 /% Coefficient variation (CV)	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis
叶面积 Leaf area (mm ²)	480.00	12 890.00	1 990.00	21.00	570 000.00	38	0.28	0.31
叶柄面积 Petiole area (mm ²)	2.20	210.00	19.00	0.36	140.00	61	0.47	0.61
叶周长 Leaf perimeter (mm)	120.00	580.00	220.00	1.20	1 800.00	20	0.85	1.20
叶片长 Leaf length (mm)	42.00	220.00	82.00	0.45	270.00	20	0.74	0.30
叶柄长 Petiole length (mm)	3.10	33.00	11.00	0.10	11.00	29	0.84	1.80
叶片宽 Leaf width (mm)	18.00	96.00	39.00	0.20	57.00	20	0.59	2.30
叶柄宽 Petiole width (mm)	0.68	12.00	2.50	0.03	1.00	41	1.30	0.69
叶柄长/宽 Petiole length/width	1.70	14.00	4.90	0.05	2.50	32	0.72	0.83
叶片长/宽 Leaf length/width	1.20	3.20	2.20	0.01	0.12	16	0.05	0.42
叶绿素 Chlorophyll	0.10	5.70	4.50	0.02	0.39	14	0.32	0.20
叶形 Leaf shape	1.30	4.30	2.00	0.01	0.10	16	1.40	5.80
叶厚 Leaf thickness (mm)	0.15	0.58	0.31	0.00	0.01	29	1.00	0.91
叶鲜质量 Leaf fresh weight (g)	5.80	13.00	9.10	0.04	1.90	15	0.33	0.13
叶干质量 Leaf dry weight (g)	5.20	9.50	6.46	0.16	34.00	84	1.10	1.30

对 139 株椴果花叶片表型性状进行方差分析表明，不同种群椴果花的叶面积、叶柄面积、叶周长、叶长、叶柄长、叶宽、叶柄宽、叶柄长/宽、叶长/

宽、叶绿素、叶形、叶厚度、叶鲜质量和叶干质量的差异达极显著水平(表 3, $P<0.05$)。其中，叶绿素在种群间的 F 值最大，为 131.53，叶宽在种群内的

表 3 椴果花叶片表型性状的方差分析

Table 3 Variance analysis of leaf traits of *Barthea barthei*

性状 Trait	方差来源 Variance source	自由度 Degree of freedom (df)	平方和 Sum of squares (SS)	均方和 Mean sum of squares (MS)	F
叶片面积 Leaf area	种群间 Among populations	5	52 900 000.00	10 571 360.00	32.46***
	单株间 Among individuals	137	325 000 000.00	2 371 218.00	7.28***
叶柄面积 Petiole area	种群间 Among populations	5	18 899.00	3 780.00	39.21***
	单株间 Among individuals	137	38 140.00	278.00	2.89***
叶周长 Leaf perimeter	种群间 Among populations	5	151 264.00	30 253.00	29.77***
	单株间 Among individuals	137	1 097 988.00	8 015.00	7.89***
叶长 Leaf length	种群间 Among populations	5	24263.00	4 853.00	33.29***
	单株间 Among individuals	137	171 137.00	1 249.00	8.57***
叶柄长 Petiole length	种群间 Among populations	5	1 741.00	348.00	53.77***
	单株间 Among individuals	137	4 064.00	30.00	4.58***
叶宽 Leaf width	种群间 Among populations	5	14 532.00	2 906.00	114.60***
	单株间 Among individuals	137	31 905.00	233.00	9.18***
叶柄宽 Petiole width	种群间 Among populations	5	172.00	34.40	44.96***
	单株间 Among individuals	137	232.00	1.70	2.21***
叶柄长/宽 Petiole length/width	种群间 Among populations	5	410.00	82.00	45.09***
	单株间 Among individuals	137	618.00	4.50	2.48***
叶长/宽 Leaf length/width	种群间 Among populations	5	47.40	9.49	187.08***
	单株间 Among individuals	137	48.30	0.35	6.95***

续表(Continued)

性状 Trait	方差来源 Variance source	自由度 Degree of freedom (df)	平方和 Sum of squares (SS)	均方和 Mean sum of squares (MS)	F
叶绿素 Chlorophyll	种群间 Among populations	5	143.00	28.56	131.53***
	单株间 Among individuals	137	117.00	0.85	3.94***
叶形 Leaf shape	种群间 Among populations	5	6.50	1.30	16.72***
	单株间 Among individuals	137	38.90	0.28	3.66***
叶厚 Leaf thickness	种群间 Among populations	5	5.22	1.04	1.28***
	单株间 Among individuals	137	5.84	0.04	5.23***
叶鲜质量 Leaf fresh weight	种群间 Among populations	5	1 016.00	203.30	1.19***
	单株间 Among individuals	137	1 624.00	11.90	6.96***
叶干质量 Leaf dry weight	种群间 Among populations	5	2 141.00	428.00	2.40***
	单株间 Among individuals	137	43 707.00	319.00	1.79***

***: $P < 0.001$

F 值最大, 为 9.18, 说明 139 株棱果花的叶片性状在种群间和个体间存在丰富的表型变异, 为棱果花进一步评价研究提供材料。

2.2 叶片表型性状相关分析

棱果花叶片表型性状的相关分析结果表明(表 4), 除叶绿素和叶厚度外, 其他叶片表型性状间的相关系数较高, 其中叶面积、叶周长、叶长和叶宽间存在极显著正相关, 相关系数为 0.660~0.997。叶鲜质量与叶面积、叶周长、叶长和叶宽存在极显著正相关, 相关系数为 0.360~0.600。叶形与叶长/宽呈极显著正相关, 相关系数为 0.682。叶厚度与叶长/宽呈极显著负相关, 相关系数为 0.369。

2.3 叶片表型性状的主成分分析

植物不同性状间存在一定的关联, 而单个性状的作用较难分析, 通过主成分分析对多个性状原有信息进行抽提和合并, 进而简化成数量较少的独立性状。通过对棱果花 14 个叶片表型性状进行主成分分析, 结果见表 5。以特征值为 1 进行抽提, 共

获得 5 个主成分, 累计贡献率为 88%, 说明 139 株样品的 14 个叶片性状的大部分信息可以用这 5 个主成分提取。

第 1 主成分对叶片表型变异的贡献率最大, 为 46%, 包含叶面积、叶宽、叶周长、叶长、叶鲜质量、叶柄面积、叶柄宽、叶柄长、叶厚、叶绿素、叶干质量、叶长/宽、叶柄长/宽和叶形, 说明第 1 主成分表示叶面积的综合因子。第 2 主成分的贡献率为 20%, 主要为叶长/宽、叶柄长/宽和叶形, 说明第 2 主成分表示叶形的综合因子。第 3 主成分的贡献率为 10%, 贡献较大的性状为叶绿素、叶柄面积和叶柄长, 说明第 3 主成分表示叶绿素值和叶柄性状的综合因子。第 4 个主成分的贡献率为 6%, 贡献较大的性状为叶干质量, 说明第 4 主成分表示叶干质量的综合因子。第 5 个主成分的贡献率为 5%, 贡献较大的性状为叶厚度, 说明第 5 主成分表示叶厚度的综合因子。因此, 棱果花叶片表型的差异主要表现在叶面积、叶周长和叶宽上。

表 4 棱果花叶片表型性状相关系数(右上)和显著性检验(左下)

Table 4 Correlation coefficient (upper right) and significance test (lower left) of leaf traits of *Barthea barthei*

性状 Trait	面积 Area	周长 Perimeter	长 Length	宽 Width	长/宽 Length/width	叶绿素 Chlorophyll	叶形 Shape	厚度 Thickness	鲜质量 Fresh weight	干质量 Dry weight
面积 Area		0.893	0.859	0.900	-0.024	0.106	-0.010	0.180	0.480	0.069
周长 Perimeter	<0.001		0.961	0.760	0.259	0.084	0.397	0.110	0.410	0.075
长 Length	<0.001	<0.001		0.660	0.428	0.094	0.373	0.022	0.360	0.055
宽 Width	<0.001	<0.001	<0.001		-0.381	0.142	-0.181	0.338	0.600	0.100
长/宽 Length/width	0.377	<0.001	<0.001	<0.001		-0.040	0.682	-0.369	-0.270	-0.055
叶绿素 Chlorophyll	<0.001	0.002	<0.002	<0.001	0.144		-0.087	-0.011	0.310	0.137
叶形 Shape	0.704	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001		-0.128	-0.160	0.006
厚度 Thickness	<0.001	<0.001	0.411	<0.001	<0.001	0.685	<0.001		0.420	0.112
鲜质量 Fresh weight	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		0.129
干质量 Dry weight	0.011	0.006	0.044	0.000	0.044	<0.001	0.832	<0.001	<0.001	

表5 棱果花叶片表型性状的主成分分析

Table 5 Principal component analysis of leaf phenotypic traits in *Barthea barthei*

性状 Trait	主成分 Principal component				
	PC ₁	PC ₂	PC ₃	PC ₄	PC ₅
叶面积 Leaf area	0.96	0.08	0.12	-0.11	0.03
叶柄面积 Petiole area	0.73	-0.15	-0.54	0.12	-0.15
叶周长 Leaf perimeter	0.90	0.38	0.13	-0.08	0.11
叶长 Leaf length	0.82	0.52	0.13	-0.11	0.08
叶柄长 Petiole length	0.66	0.22	-0.56	0.30	-0.24
叶宽 Leaf width	0.91	-0.26	0.14	-0.04	0.00
叶柄宽 Petiole width	0.69	-0.45	-0.43	0.00	0.00
叶柄长/宽 Petiole length/width	-0.13	0.73	-0.11	0.30	-0.27
叶长/宽 Leaf length/width	-0.17	0.89	0.02	-0.09	0.09
叶绿素 Chlorophyll	0.25	-0.09	0.75	0.07	-0.35
叶形 Leaf shape	-0.06	0.83	-0.05	0.03	0.32
叶厚 Leaf thickness	0.35	-0.47	-0.01	0.09	0.63
叶鲜质量 Leaf fresh weight	0.75	-0.33	0.27	0.04	-0.19
叶干质量 Leaf dry weight	0.13	-0.04	0.31	0.86	0.19
特征值 Eigenvalue	7.30	3.23	1.62	1.01	0.87
贡献率 Contribution rate /%	46.00	20.00	10.00	6.00	5.00
累积贡献率 Accumulative contribution rate /%	46.00	66.00	76.00	82.00	88.00

2.4 叶片表型性状的聚类分析

利用 R 软件中的“psych”包对 139 株棱果花的 14 个叶表型性状进行聚类分析, 并构建相关聚类图(图 1)。由图 1 和表 6 可见, 当距离=1 时, 139 株棱果花可划分为 6 组, 第 I 组包含 34 株, 占样本总数的 24.46%, 叶柄长和叶柄宽最大, 分别为 12.12、

2.65 mm; 第 II 组包含 7 株, 约占样本总数的 5.04%, 叶面积、叶柄面积、叶周长、叶长、叶柄长较大, 分别为 3274.8、3254.65 mm² 和 305.2、279.89、106.44、14.19 mm; 第 III 组包含 1 株, 约占 0.72%, 叶面积、叶柄面积、叶周长和叶宽最小, 分别为 681.38、678.70 mm² 和 133.04、20.82 mm; 第 IV 组

表6 棱果花种质资源各类群叶片性状特征

Table 6 Leaf traits of different groups in *Barthea barthei*

性状 Trait	类群 Group					
	1	2	3	4	5	6
数量 Number	34	7	1	15	37	45
叶面积 Leaf area (mm ²)	2 252.99c	3 254.65a	678.70g	2 724.72b	1 882.35d	1 415.87f
叶柄面积 Petiole area (mm ²)	2 252.99c	3 254.65a	678.7g	2 724.72b	1 882.35d	1 415.07f
叶周长 Leaf perimeter (mm)	233.99c	279.89a	133.04g	258.70b	213.32d	186.82e
叶长 Leaf length (mm)	87.27c	106.44a	51.77f	96.89b	79.63d	70.59e
叶柄长 Petiole length (mm)	12.12ab	14.19a	5.06c	12.94ab	11.44bc	9.77c
叶宽 Leaf width (mm)	41.58bc	49.29a	20.82e	44.95ab	38.05cd	32.03e
叶柄宽 Petiole width (mm)	2.65a	2.99a	1.09c	2.98a	2.54ab	2.05a
叶柄长/宽 Petiole length/width	4.94a	5.03a	4.68a	4.85a	4.88a	5.14a
叶长/宽 Leaf length/width	2.12a	2.20a	2.49a	2.18a	2.11a	2.22a
叶绿素 Chlorophyll	4.46ab	4.47ab	4.17b	4.67a	4.48 ab	4.28b
叶形 Leaf shape	1.98a	1.94a	2.08a	2.01a	1.96a	2.01a
叶厚 Leaf thickness (mm)	0.33a	0.37a	0.15a	0.34a	0.31a	0.29a
叶鲜质量 Leaf fresh weight (g)	9.23b	10.73a	6.30c	10.71a	9.15b	7.85c
叶干质量 Leaf dry weight (g)	8.47a	7.03a	5.30a	6.93a	6.40a	5.95a

同行数据后不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Data followed different letters at the same line indicate significant difference at 0.05 level.

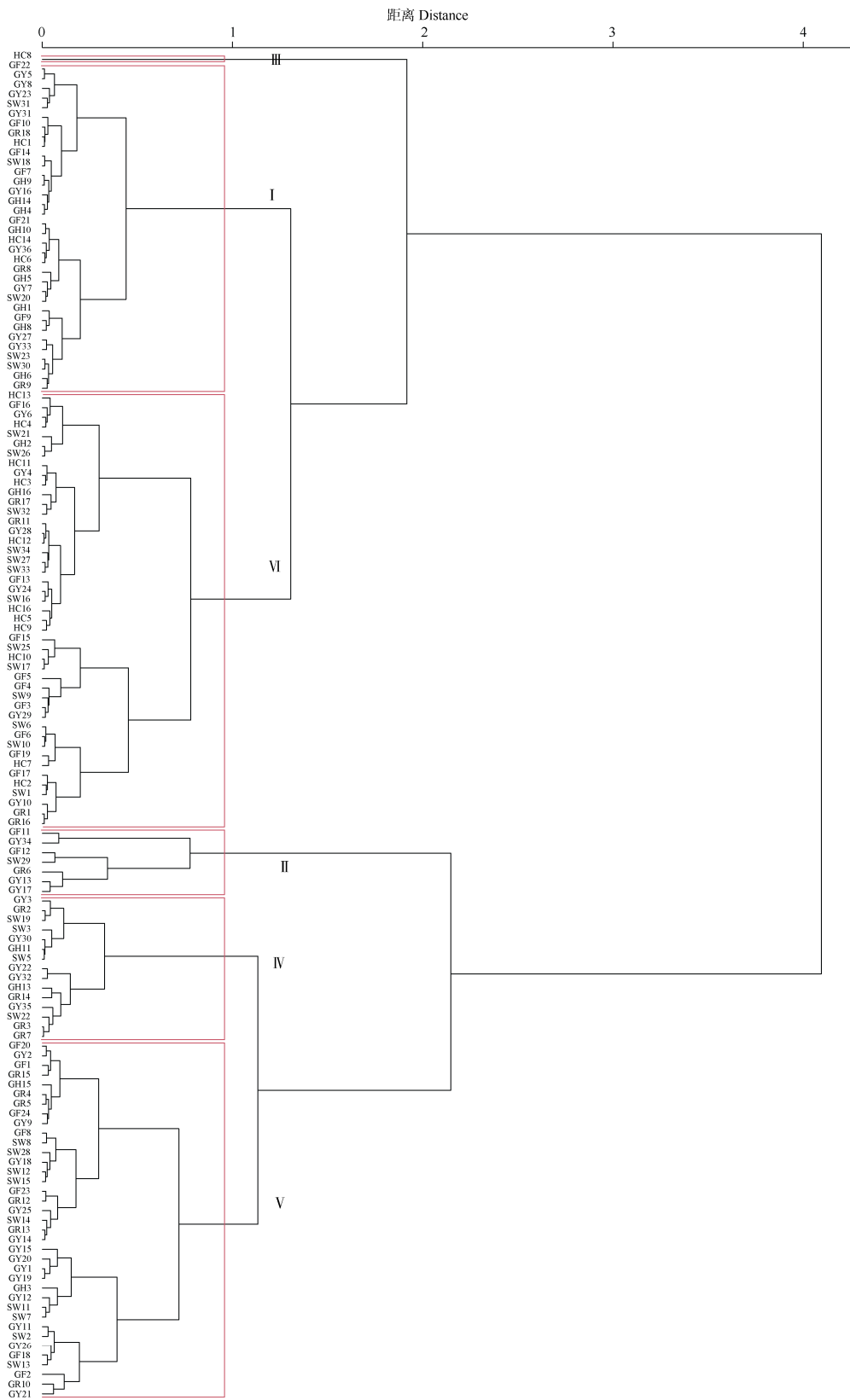


图 1 139 株棱果花叶片表型性状聚类图。GY1~GY36、SW1~SW3、SW5~SW23、SW25~SW34、GR1~GR18、GH1~GH6、GH8~GH11、GH13~GH16、GF1~GF24、HC1~HC14 和 HC16 见表 1。

Fig. 1 Cluster dendrogram of leaf phenotypic traits of *Barthea barthei*. GY1~GY36, SW1~SW3, SW5~SW23, SW25~SW34, GR1~GR18, GH1~GH6, GH8~GH11, GH13~GH16, GF1~GF24, HC1~HC14 and HC16 see Table 1.

含 15 株, 约占 10.79%, 叶柄长和宽较大, 分别为 12.94、2.98 mm; 第V组包含 37 株, 约占 26.62%; 第VI组包含 45 株, 约占 32.37%, 叶绿素较小, 为 4.28。这表明来自不同种群的样品分散在不同的组中, 说明叶片表型聚类与样品来源无显著关系, 进一步说明了棱果花种群内部具有丰富的多样性, 为开展棱果花种内杂交育种的亲本选择奠定基础。

3 结论和讨论

群体变异系数在一定程度上反映出群体性状的差异性及其多样性, 变异系数值越大, 说明群体离散程度越大, 相应的性状越不稳定; 变异系数值越小, 说明群体相对稳定, 一致性较好^[15-17]。目前, 已有较多利用叶片表型性状对种质资源进行遗传多样性分析的报道^[2-4,18-19]。文珊珊等^[19]对 12 个灰木莲(*Manglietia conifera*)群体的叶片性状进行了表型多样性分析; 唐庆兰等^[18]对 10 个群体斑皮柠檬桉(*Corymbia citriodora* subsp. *variegata*)叶片性状进行变异分析; 徐斌等^[2]对 37 个杜鹃红山茶(*Camellia azalea*)无性系的叶片主要性状进行了遗传多样性分析。本研究表明 139 个棱果花种质资源的叶片表型性状变异系数为 14%~84%, 平均为 32%, 说明这些叶片性状在棱果花种质资源中变异较大, 表型多样性水平丰富, 可以选出叶片观赏性状较高的优良品种。下一步将对资源的鉴定和创新进行研究, 利用高通量和分子生物学手段评价各个资源的遗传背景及其特性, 通过常规杂交或现代生物技术手段对高观赏性状进行改良利用研究, 研发具有自主知识产权的新品种, 对华南地区花卉产业健康发展具有重要的意义。

叶片性状相关性和主成分分析是植物表型多样性分析的重要方法, 在植物表型多样性及其进化研究方面发挥了重要作用。相关性分析可了解不同性状间相互作用关系, 如果 2 个性状间为显著的正相关关系, 说明一个性状的改良将有助于另一个性状的应用, 表现为协同效应, 反之则表现为拮抗作用^[20]。本研究分析的棱果花不同叶片表型性状间的相关值较高, 如叶面积、叶周长与叶长间的相关系数为 0.75~0.99。主成分分析通过降维处理将多个变量转成为少量能代表大部分变量信息的方法。通过对叶片表型性状进行主成分分析, 共提取了 5 个主成分, 累计贡献率达到 88%, 表明各性状的累计贡

献率增长比较迅速, 说明在棱果花的性状变异具有多样性。综上所述, 根据叶片各主成分贡献率选出了影响较大的性状指标, 叶片面积、叶片周长、叶片宽、叶片长/宽和叶形参数是棱果花分类最主要的标准和依据。

聚类分析能够将性状相近的种质资源聚为一类, 每一类都有各自的表型特征^[21-22]。育种学家可根据不同的选育目标选择亲缘关系较远的亲本配置杂交组合, 进而筛选出具有杂种优势的新品种。离差平方和法能够将 139 个单株完全区分开, 并在阈值为 1 时将棱果花种质资源划分为 6 类, 每个类型内棱果花种质资源表型性状类似, 而不同类型中存在明显的差异。通过对棱果花各类群的分析发现, 部分来自同一个种群的材料分布在不同的类群, 该结果表明聚类与地理来源无明显的关联。因此, 在后续育种材料选择上不仅考虑种群, 还要注重材料的遗传多样性分析, 才能更有利于棱果花种质资源收集和利用。

参考文献

- [1] MOU H X, HOU X C, LIU Q Z. Study on the phenotype diversity of woody energy plant *Xanthoceras sorbifolia* [J]. *For Res*, 2007, 20(3): 350-355. [牟洪香, 侯新村, 刘巧哲. 木本能源植物文冠果的表型多样性研究 [J]. *林业科学研究*, 2007, 20(3): 350-355. doi: 10.3321/j.issn:1001-1498.2007.03.010.]
- [2] XU B, PENG L X, YANG H X, et al. Genetic diversity analysis for leaf main traits of *Camellia azalea* [J]. *Bull Bot Res*, 2015, 35(5): 730-734. [徐斌, 彭莉霞, 杨会肖, 等. 杜鹃红山茶叶片主要性状的遗传多样性分析 [J]. *植物研究*, 2015, 35(5): 730-734. doi: 10.7525/j.issn.1673-5102.2015.05.015.]
- [3] CHEN W W, XIA T F, SUN X X, et al. The phenotypic diversity analysis of *Castanopsis wenchangensis* germplasm leaves [J]. *Mol Plant Breed*, 2021, 19(11): 3800-3809. [陈伟文, 夏腾飞, 孙秀秀, 等. 文昌锥种质资源叶片表型多样性分析 [J]. *分子植物育种*, 2021, 19(11): 3800-3809. doi: 10.13271/j.mpb.019.003800.]
- [4] QIU Q Q, FENG Y F, WU C Y. Genetic diversity of leaf phenotypic traits in Jujube germplasm resources [J]. *Xinjiang Agric Sci*, 2021, 58(2): 282-293. [仇倩倩, 冯一峰, 吴翠云. 枣种质资源叶表型性状遗传多样性分析 [J]. *新疆农业科学*, 2021, 58(2): 282-293. doi: 10.6048/j.issn.1001-4330.2021.02.010.]
- [5] YIN J M, WANG Z N, YANG G S, et al. Germplasm resources of wild Melastomataceae ornamental plants and their development and utilization in Hainan Island [J]. *Chin J Trop Agric*, 2006, 26(6): 63-66. [尹

- 俊梅, 王祝年, 杨光穗, 等. 海南野牡丹科野生观赏植物种质资源及其开发利用 [J]. 热带农业科学, 2006, 26(6): 63–66. doi: 10.3969/j.issn.1009-2196.2006.06.018.]
- [6] PENG D H, ZHANG Q X, HUANG J T. Melastomataceae ornamental plant germplasm resources in China and the distribution investigation in Fujian Province [J]. Chin Landsc Archit, 2007, 23(11): 83–88. [彭东辉, 张启翔, 黄俊婷. 中国野牡丹科观赏植物种质资源及其在福建省的分布初步调查 [J]. 中国园林, 2007, 23(11): 83–88. doi: 10.3969/j.issn.1000-6664.2007.11.022.]
- [7] CAO Y, PENG Z H. Preliminary studies on ornamental plant germplasm resources of Melastomataceae in Hunan Province [J]. Hunan For Sci Technol, 2010, 37(1): 30–33. [曹瑜, 彭重华. 湖南省野牡丹科野生观赏植物初步研究 [J]. 湖南林业科技, 2010, 37(1): 30–33. doi: 10.3969/j.issn.1003-5710.2010.01.009.]
- [8] DAI S P, LIU L H, LIU H, et al. Investigation and evaluation on the wild ornamental resource of Melastomataceae in Guangdong [J]. J Fujian For Sci Technol, 2012, 39(4): 121–126. [代色平, 刘连海, 刘慧, 等. 广东省野牡丹科植物资源调查与评价 [J]. 福建林业科技, 2012, 39(4): 121–126.]
- [9] ZHAO J, QIU S, LI X J, et al. The germplasm resource of Melastomataceae ornamental plants in Guangxi and its development prospect [J]. J Hebei Agric Sci, 2008, 12(7): 80–82. [赵健, 仇硕, 李秀娟, 等. 广西野牡丹科观赏植物种质资源及开发前景 [J]. 河北农业科学, 2008, 12(7): 80–82. doi: 10.3969/j.issn.1088-1631.2008.07.032.]
- [10] LIN Q J, LIN X X, SU J Q, et al. Comprehensive appraisal on ornamental characteristics and adaptability of plants in family Melastomataceae [J]. J SW For Univ, 2010, 30(5): 33–37. [林秋金, 林秀香, 苏金强, 等. 16种野牡丹科植物观赏性及适应性综合评价 [J]. 西南林学院学报, 2010, 30(5): 33–37. doi: 10.3969/j.issn.2095-1914.2010.05.008.]
- [11] SU C L, ZHANG S K, HU Q Y, et al. The comprehensive appraisal of Melastomataceae species on cultivation characteristics [J]. For Environ Sci, 2020, 36(2): 94–100. [苏纯兰, 张尚坤, 胡秋艳, 等. 16种野牡丹科植物栽培性状综合评价 [J]. 林业与环境科学, 2020, 36(2): 94–100. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2020.02.014.]
- [12] XIE D S, ZHANG W W, LI S Y, et al. Introduction and comprehensive evaluation of 23 species of wild Paoniaceae [J]. Jiangsu Agric Sci, 2019, 47(14): 164–168. [谢东升, 张弯弯, 李仕裕, 等. 23种野生野牡丹科植物引种和综合评价 [J]. 江苏农业科学, 2019, 47(14): 164–168. doi: 10.15889/j.issn.1002-1302.2019.14.038.]
- [13] R Core Team. A Language and Environment for Statistical Computing [M]. Vienna: R for Statistical Computing, 2019.
- [14] GILMOUR A, CULLIS B, WELHAM S, et al. An efficient computing strategy for prediction in mixed linear models [J]. Comput Stat Data Anal, 2004, 44(4): 571–586. doi: 10.1016/S0167-9473(02)00258-X.
- [15] OU H B, LIN J Y, LI J, et al. Analysis of variation of leaf phenotypic traits in different provenances of *Phoebe bournei* [J]. SW China J Agric Sci, 2020, 33(3): 637–644. [欧汉彪, 林建勇, 李娟, 等. 不同种源楠木叶片表型性状变异分析 [J]. 西南农业学报, 2020, 33(3): 637–644. doi: 10.16213/j.cnki.scjas.2020.3.026.]
- [16] LI Y C, FU N F, SUN J Z, et al. Intraspecific phenotypic diversity in *Begonia grandis* [J]. Bull Bot Res, 2021, 41(5): 775–788. [李雁瓷, 付乃峰, 孙加芝, 等. 秋海棠(*Begonia grandis*)的种内表型多样性 [J]. 植物研究, 2021, 41(5): 775–788. doi: 10.7525/j.issn.1673-5102.2021.05.016.]
- [17] UPADHYAYA H D, YADAV D, DRONAVALLI N, et al. Mini core germplasm collections for infusing genetic diversity in plant breeding programs [J]. Electr J Plant Breed, 2010, 1(4): 1294–1309.
- [18] TANG Q L, LIANG L H, DENG Z Y, et al. Variation analysis on leaf morphologic characters of different provenance of *Corymbia citriodora* ssp. *variegata* [J]. Mol Plant Breed, 2022, 20(16): 5454–5462. [唐庆兰, 梁丽华, 邓紫宇, 等. 不同种源斑皮柠檬桉叶片形态变异分析 [J]. 分子植物育种, 2022, 20(16): 5454–5462. doi: 10.13271/j.mpb.020.005454.]
- [19] WEN S N, ZHONG C L, JIANG Q B, et al. Phenotypic diversity analysis of seedling leaf traits of *Manglietia conferta* Dandy [J]. Bull Bot Res, 2017, 37(2): 288–297. [文珊娜, 仲崇禄, 姜清彬, 等. 灰木莲种源幼苗叶片性状表型多样性分析 [J]. 植物研究, 2017, 37(2): 288–297. doi: 10.7525/j.issn.1673-5102.2017.02.018.]
- [20] PENG Y H, LU G, HAO H K, et al. Analysis on leaf nutrient elements of different *Castanopsis hystrix* provenances [J]. J SW For Univ, 2012, 32(5): 37–41. [彭玉华, 路刚, 郝海坤, 等. 不同种源红锥叶片营养元素分析 [J]. 西南林业大学学报, 2012, 32(5): 37–41. doi: 10.3969/j.issn.2095-1914.2012.05.008.]
- [21] PENG F, ZHAO M L, XU C X, et al. Genetic diversity analysis of spinach germplasm resources based on phenotypic traits [J]. Mol Plant Breed, 2021, 19(5): 1698–1708. [彭枫, 赵孟良, 徐晨曦, 等. 基于表型性状的菠菜种质资源遗传多样性分析 [J]. 分子植物育种, 2021, 19(5): 1698–1708. doi: 10.13271/j.mpb.019.001698.]
- [22] RUIZ D, EGEE J. Phenotypic diversity and relationships of fruit quality traits in apricot (*Prunus armeniaca* L.) germplasm [J]. Euphytica, 2008, 163(1): 143–158. doi: 10.1007/s10681-007-9640-y.