

福建山樱花天然居群表型变异研究

陈 璋

(福建省林木种苗总站, 福州 350003)

摘要:以闽、赣、粤三省天然分布的福建山樱花(*Cerasus campanulata* Maxim.)为研究对象,调查了11个居群226个单株的17个表型性状指标,运用变异系数和单因子方差分析研究了居群间和居群内的表型变异;应用相关分析揭示了表型性状间及其与地理、气候因子间的相关性以及表型变异的地理格局;并且运用聚类分析进行了居群分类。结果表明,福建山樱花天然居群内的变异远大于居群间的变异,居群分化较小;花色、花量与经度、纬度间显著或极显著相关,花瓣宽与纬度、海拔显著或极显著相关,花色、花量与年降雨量极显著相关,花量、花瓣宽、开花习性与年日照时数显著相关,花瓣宽与年均温、无霜期显著或极显著相关,存在较明显的地理变异趋势。而居群间马氏距离聚类分析结果与参试居群分布地域性呈现高度一致,二者之间相关显著。

关键词:福建山樱花;天然居群;表型变异;地理变异格局;居群分化

中图分类号:Q948.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3395(2008)01-0061-08

Phenotypic Variation in Natural Populations of *Cerasus campanulata* Maxim.

CHEN Zhang

(Forest Seedling General Station of Fujian Province, Fuzhou 350003, China)

Abstract: Seventeen phenotypic traits were investigated in 226 individuals of 11 natural populations of *Cerasus campanulata* from Fujian, Jiangxi and Guangdong, China, using coefficients of variation, F-test of One-way variance analysis, correlation analysis and clustering analysis. The variation was much greater within populations than among populations, which suggested that little differentiation occurred among populations. Among 17 phenotypic traits, flower color, the number of flowers per plant were significantly correlated to both longitude and latitude, petal width to both longitude and altitude, flower color, the number of flowers per plant to annual rainfall, the number of flowers per plant, petal width, flowering habit to hours of sunshine, and petal width to both annual mean temperature and the frost-free period. There was significant relationship between geographic distances and Mahalanobis distances calculated from all phenotypic traits.

Key words: *Cerasus campanulata*; Natural population; Phenotypic variation; Geographic variation pattern; Population differentiation

生物的形态特征是遗传和环境、结构基因和调控基因综合作用的结果,其变异有其自己的遗传基础^[1],了解生物遗传变异则是人们开展生物资源保护、利用和改良的重要依据。随着现代生物技术的发展,人们研究生物遗传变异的手段不断丰富,尤其是分子标记技术的诞生,使人们能够从

更深的层次、更准确地了解各种生物的遗传结构特征。表型变异作为一种研究物种变异和进化传统方法之一,虽存在着研究周期长,研究结果受人为因素影响较大的不足,但仍有着其他研究方法不可代替的优势。天然居群的表型变异研究能够使我们初步了解类群遗传变异的大小,是人工驯化

和遗传育种研究的基础,也是揭示类群适应性的有效途径之一。因此,尽管天然居群表型性状的变异研究因条件难以控制,未能进行严密的试验设计,不能区分环境效应和遗传效应对表型变异的贡献^[2],但利用表型性状揭示天然居群遗传变异及其格局的方法目前仍然为许多学者所应用^[3-9]。

福建山樱花(*Cerasus campanulata* Maxim.)又名绯寒樱、钟花樱、结樱桃等^[10],为蔷薇科(Rosaceae)樱属(*Cerasus*)落叶性小乔木或中乔木,广泛分布于我国的福建、广东、广西、江西、台湾等省区及越南、日本、琉球等地,每年冬末春初开花,先花后叶,钟状花形,呈下垂性开展,花色丰富多彩,喜光照充足和温暖的环境,较耐高温和阴凉,有较强的适应性和较强的抗污染能力,是园林配景中不可多得的乡土植物,已被夏季气候炎热的南方许多城市列为园林绿化骨干树种。以往的研究主要集中在福建山樱花的群落特征^[11]、组织培养^[12-13]和扦插育苗^[14]等方面,本研究对分布于我国闽、赣、粤 3 省的 11 个福建山樱花天然居群的形态特征进行观测,试图揭示福建山樱花天然居群的表型变异及其地理变异格局,以期为我国福建山樱花的资源保护、开发利用、品种改良及环境绿化提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 调查取样

2005 年 11 月至 2006 年 3 月,从福建、江西、广东等地共采集 226 份材料,其中福建 189 份、江西 18 份、广东 20 份。各材料的地理位置和生境概况见表 1。对每个调查居群,原则上选取不少于 20 株成年个体,株与株之间相距 50 m 以上。但由于取样居群偏小或调查困难,有 5 个居群的取样株数与 20 株相差甚远。

1.2 数据采集

调查记载成熟个体的花色(FWC)、叶形(LFS)、叶尖(LTS)和叶缘(LES)4 个形质性状,花朵长(FWL)、花瓣长(PTL)、花瓣宽(PTW)、花梗长(PDL)、每序花数(FPI)、嫁接苗 60 d 苗高(SDH)、叶长(LBL)、叶宽(LBW)、叶片长宽比(LLW)和分枝能力(BRC)10 个数量性状以及花量(FWN)、开花习性(FWH)和树冠形态(CWS)3 个整体观赏效果指标。

花色记载以当日新开放的花朵为准。花形、

花朵长、花瓣长、花瓣宽、花梗长、每序花数等随机取样测量 20 次,求其平均值。树冠形态分树冠圆整、较圆整、一般、较稀疏和稀疏 5 级综合评定;开花习性分先花后叶、花叶同放和先叶后花 3 类;花量按盛花期目测结果分花朵繁多、花朵较多、一般、较少和零星花朵 5 级记载生长。同时,在其嫁接苗春梢生长停止后 2 周测量并记录主枝倒数第 5 片叶的叶长、叶宽以及叶形、叶尖、叶缘等性状,并计算叶片长宽比。60 d 苗高为嫁接苗萌芽 60 d 时的高度。分枝能力以 1 a 生嫁接苗分枝多少评定。

1.3 数据处理

应用变异系数分析居群内各性状变异情况,以居群平均值计算居群间各表型性状的变异系数,结合单因子方差分析及 F 检验比较不同居群间各表型性状变异,并利用相关分析对表型性状及其与地理、气候变量间进行相关分析,探讨福建山樱花表型变异的地理格局。应用各表型性状求算居群间协方差矩阵,继而计算居群间的马氏(Mahalanobis)距离,并进行聚类分析,同时将它与对应的地理距离进行相关分析。所有统计分析运用 SPSS13.0 或 DPS v3.01 软件进行。

2 结果和分析

2.1 居群内形态变异

变异系数可以反映表型性状在居群内和居群间的变异,从而揭示其变异格局。从不同居群形态指标的变异系数(表 2)可知,个体间的差异几乎存在于每一个居群的每一个性状中,但在不同性状间、不同居群内的差异程度各不相同。在所调查的性状中,以花梗长、花瓣宽、花瓣长、花朵长、开花习性、每序花数、叶片长宽比和树冠形态 8 个性状变异较小,平均变异系数均小于 10%;叶形、60 d 苗高、叶尖、花色和叶缘的变异最大,平均变异系数均超过 20%。综合分析各种性状可以看出,居群 X 的变异最丰富,17 个性状的平均变异指数达 17.05%,其次是居群 IV、居群 VI 和居群 IX,平均变异系数分别为 16.85%、16.87% 和 16.87%,居群 I 的变异最小,平均变异系数只有 9.57%。同时,比较居群内变异系数与参试个体的总变异系数可以发现,不同居群以及同一居群不同性状间差异很大,其中居群 II、居群 III、居群 VI、居群 VII、居群 VIII 和居群 IX 分别有 7-9 个性状的变异系数

表 1 福建山樱花各居群的概况

Table 1 Locations and climatic traits of 11 sampled populations in *Cerasus campanulata* Maxim.

居群 Population	地点 Distribution	取样株数 Number of plants	纬度 Latitude	经度 Latitude	海拔 Altitude (m)	年均温* Annual mean temperature (°C)	年均降水量 Annual rainfall (mm)	无霜期 Frost-free period (d)	日照时数 Hours of sunshine (h)
I	江西赣县 Ganxian, Jiangxi	10	25°51'	115°12'	509-533	16.9	1076	298	1092
II	江西乐安 Le'an, Jiangxi	8	27°13'	115°49'	461-502	15.0	1703	265	1667
III	福建武夷山星村 Xincun, Wuyishan, Fujian	15	27°43'	117°42'	315-433	17.2	1906	272	1878
IV	福建武夷山吴屯 Wutun, Wuyishan, Fujian	38	27°53'	117°08'	367-514	16.6	1906	272	1878
V	福建邵武 Shaowu, Fujian	29	27°11'	117°19'	452-567	15.7	1783	262	1737
VI	福建沙县 Shaxian, Fujian	21	26°33'	117°53'	407-496	17.1	1583	297	1873
VII	福建德化 Dehua, Fujian	8	25°35'	118°12'	503-633	17.1	1744	270	1916
VIII	福建南平 Nanning, Fujian	14	26°35'	117°55'	247-364	18.1	1664	301	1699
IX	福建漳平 Zhangping, Fujian	36	25°08'	117°27'	473-601	18.2	1496	317	1863
X	福建连城 Liancheng, Fujian	27	25°40'	116°52'	422-566	17.1	1674	278	1927
XI	广东曲江 Qujiang, Guangdong	20	24°47'	113°37'	332-478	18.3	1640	306	1916

* 年均温根据采种点所在县的气象站数据推算,海拔每升高 100 m,气温下降 0.6°C。Annual mean temperature is calculated with data from the meteorologic stations near the sampled populations according to formulae: $T_2 = T_1 - (A_2 - A_1) \times 0.6/100$, where $T(A)_1$ and $T(A)_2$ are temperatures(altitude) of sampled population and meteorologic station nearly, respectively.

表 2 11 个福建山樱花天然居群各表型性状的变异系数(CV, %)

Table 2 Coefficients of variation (CV, %) of phenotypic traits of 11 sampled populations in *Cerasus campanulata* Maxim.

性状 Trait	平均值 Mean value	居群内 Within population										居群间 Among population	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		XI
花色 FWC	4.20	25.24	0	28.54	31.14	27.97	23.48	37.97	37.97	20.52	24.79	17.84	9.69
花朵长 FWL (cm)	1.88	9.78	6.54	5.85	8.45	4.24	5.31	10.08	10.08	9.01	7.01	5.61	6.82
花瓣长 PTL (cm)	1.13	6.73	3.68	5.11	8.25	8.25	4.78	9.22	9.22	4.30	4.83	4.21	3.20
花瓣宽 PTW (cm)	0.86	7.09	2.44	4.35	8.56	8.29	8.77	6.90	6.90	4.55	4.52	3.80	4.35
花梗长 PDL (cm)	1.45	15.37	6.48	3.50	3.44	3.33	6.86	5.08	5.08	2.62	1.77	2.28	15.13
每序花数 FPI	2.51	8.55	9.07	9.96	6.43	6.32	9.91	9.51	9.51	7.47	7.54	8.17	3.61
叶长 LBL (cm)	9.99	17.59	16.14	12.69	16.51	14.96	20.18	15.23	16.85	17.62	17.31	12.47	7.55
叶宽 LBW (cm)	4.46	16.60	22.13	11.39	14.37	14.22	16.54	15.06	12.64	14.41	16.7	15.01	8.10
叶片长宽比 LLW	2.26	9.99	10.06	6.02	8.95	8.03	10.28	9.67	9.67	9.77	11.38	10.21	4.08
叶形 LFS	1.31	59.02	28.75	54.11	43.62	30.84	27.46	0	0	67.11	94.20	35.20	16.41
叶尖 LTS	1.15	30.81	0	31.05	28.14	17.95	35.25	24.94	24.94	35.78	24.85	31.86	13.14
叶缘 LES	1.64	27.53	0	31.69	34.34	32.62	15.79	35.07	35.07	0	9.80	11.47	23.28
分枝能力 BRC	3.63	22.59	0	25.91	23.33	26.01	23.80	22.10	22.10	23.69	21.96	19.24	6.48
花量 FWN	4.42	11.13	7.71	11.02	11.07	11.36	11.45	10.10	10.10	11.32	10.83	10.45	3.50
60 d 苗高 SDH	28.46	24.43	20.09	37.68	20.18	19.43	32.63	28.96	28.96	22.45	16.41	20.27	8.65
开花习性 FWH	4.88	8.78	18.33	14.89	9.25	7.53	8.90	0	0	9.50	7.81	0	2.45
树冠形态 CWS	4.72	9.38	11.23	11.02	9.42	8.60	8.37	10.71	10.71	9.62	8.22	10.52	1.69

FWC: Flower color; FWL: Flower length; PTL: Petal length; PDL: Petal width; FPI: Flowers per inflorescence; LBL: Leaf blade length; LBW: Leaf blade width; LLW: Leaf length/width; LFS: Leaf shape; LTS: Leaf tip shape; LES: Leaf edge shape; BRC: Branching capabilities; NFW: Number of flowers per plant; SDH: Seedling height after 60 days; FWH: Flowering habit; CWS: Crown shape. 下同。

大于总变异系数, 而居群 X 和居群 XI 只有 3 个性状的变异系数大于总变异系数。

2.2 居群间形态变异

比较居群间各表型性状的变异系数, 以叶缘最大 (23.28%), 其次是叶形 (16.41%)、花梗长 (15.13%) 和叶尖 (13.14%), 而树冠形态最小 (1.69%); 开花习性、花瓣长、花量、每序花数、叶片长宽比和花瓣宽的变异系数也均低于 5%。以变异系数作为指标, 比较居群间变异系数和总变异系数及居群内变异系数发现, 各性状居群间变异系数均小于总变异系数, 而居群内的变异均大于居群间的变异, 仅叶缘和花梗长例外 (表 2)。在 17 个性状中, 叶形、60 d 苗高两个性状的居群内和居群间变异系数相差最为悬殊, 而花朵长、花瓣

宽两个性状的居群内和居群间变异系数相差最小。

同时, 单因素方差分析 F 检验结果 (表 3) 表明, 17 个性状中, 叶形、分枝能力、花量、开花习性和树冠形态在居群间差异不显著, 花色在居群间差异显著 ($P < 0.05$), 花朵长、花瓣长、花瓣宽、花梗长、每序花数、叶长、叶宽、叶片长宽比、叶尖、叶缘和 60 d 苗高在居群间差异达极显著水平 ($P < 0.01$)。通过 F 值的比较, 可以发现 17 个性状在居群间的差异程度依次为: 花梗长 > 花朵长 > 叶缘 > 花瓣宽 > 叶宽 > 叶长 > 每序花数 > 花瓣长 > 叶片长宽比 > 60 d 苗高 > 叶尖 > 花色 > 花量 > 叶形 > 分枝能力 > 开花习性 > 树冠形态。方差分析的结果与变异系数的结果基本一致。

表 3 单因子方差分析 F 检验表

Table 3 F-test of single factor variance analysis

性状 Trait	居群 Population			误差 Error			F ^①
	SS	df	MS	SS	df	MS	
花色 FWC	23.823	10	2.382	237.775	215	1.106	2.154*
花朵长 FWL	3.511	10	0.351	3.828	215	0.018	19.721**
花瓣长 PTL	0.179	10	0.018	1.123	215	0.005	3.422**
花瓣宽 PTW	0.192	10	0.019	0.641	215	0.003	6.428**
花梗长 PDL	9.045	10	0.905	1.563	215	0.007	124.440**
每序花数 FPI	1.465	10	0.147	8.170	215	0.038	3.855**
叶长 LBL	103.738	10	10.374	554.948	215	2.581	4.019**
叶宽 LBW	21.889	10	2.189	91.075	215	0.424	5.167**
叶片长宽比 LLW	1.498	10	10.267	0.150	215	0.048	3.137**
叶形 LFS	8.490	10	0.850	117.581	215	0.547	1.552
叶尖 LTS	3.125	10	0.313	25.057	215	0.117	2.681**
叶缘 LES	21.494	10	2.149	27.201	215	0.127	16.989**
分枝能力 BRC	6.482	10	0.648	122.600	215	0.570	1.137
花量 FWN	4.003	10	0.400	50.156	215	0.233	1.716
60 d 苗高 SDH	1195.683	10	119.568	9302.827	215	43.270	2.763**
开花习性 FWH	1.567	10	0.157	40.291	215	0.187	0.836
树冠形态 CWS	1.110	10	0.111	43.426	215	0.202	0.549

* 和 ** 分别表示 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平下的显著差异, 下同。* and ** mean significantly different at 0.05 and 0.01 levels, respectively. The same for below.

2.3 表型变异与地理、气候因子的相关性

福建山樱花的质量性状与数量性状间存在一定的关系, 如花色与 60 d 苗高为显著负相关, 与分枝能力则为极显著的负相关, 说明花色越淡的个体, 苗期生长较快, 分枝能力也较强; 此外, 叶缘形态与花瓣宽为极显著正相关, 与花瓣长显著

正相关, 叶形与叶宽为显著正相关, 叶尖形状与叶片长宽比为极显著负相关。而整体观赏性状与部分质量性状、数量性状间也存在显著相关, 如花量与分枝能力, 树冠形态与每序花数、开花习性与叶宽之间均存在显著正相关 (表 4)。

福建山樱花的质量性状和数量性状的地理变

异趋势较明显(表 4), 花色、花量、花瓣等观赏性状中, 花色与纬度、经度相关均为极显著的负相关, 即纬度或经度越高, 花色越淡; 花瓣宽与纬度为极显著负相关, 与海拔为显著正相关, 即花瓣宽随纬度减少, 或海拔上升而增大; 花量与纬度、经度间存在显著正相关, 即随经、纬度增加, 福建山樱花的花量逐渐增加。

表型性状与气候因子的相关分析结果(表 4)表明, 气候因子与众多性状间存在显著或极显著的相关。花色与年降雨量为极显著负相关, 即随年降雨量的增加, 花色有逐渐变淡的趋势; 花瓣宽与无霜期为显著正相关、与年均温和年日照时数为极显著正相关, 即花瓣宽随无霜期的延长、或年均温的提高、或年日照时数的增加而增大; 花量与年降雨量、花量与年日照时数、开花习性与年日照时数之间存在显著正相关, 说明福建山樱花的花量随年降雨量或年日照时数的增加而增加, 先花后叶的开花习性随年日照时数的增加而愈为明显。

2.4 居群的聚类分析

运用 DPS 程序计算居群间的马氏距离, 并以

类平均法(UPGMA)进行聚类分析, 结果见图 1。从图 1 可知, 在马氏距离 5 水平上, 可将 11 个种群分为 4 个表征群, 表征群 A 由居群 I、居群 II 和居群 IV 3 个居群构成, 表征群 B 由居群 III 和居群 V 2 个居群构成, 表征群 C 由居群 VI、居群 VII、居群 VIII 和居群 IX 4 个居群构成, 而表征群 D 则由居群 X 和居群 XI 2 个居群构成。进一步将居群间马氏距离与地理距离进行相关分析, 发现两者之间相关极显著($r=0.6686, P=2.42 \times 10^{-8}$), 说明居群间聚类分析结果与参试居群分布的地域性呈现高度一致。

3 讨论

3.1 福建山樱花表型变异丰富, 居群内的变异大于居群间的变异

樱属植物种类繁多, 表型特征存在很大差异, 但人们对其研究还不多。本研究结果表明, 福建山樱花种内个体间的差异几乎存在于每一个居群的每一个性状中, 但在不同性状间、不同居群内的差异程度各不同。在 17 个检测性状中, 叶形、60 d 苗高、叶尖、花色和叶缘的变异较大, 居群内平

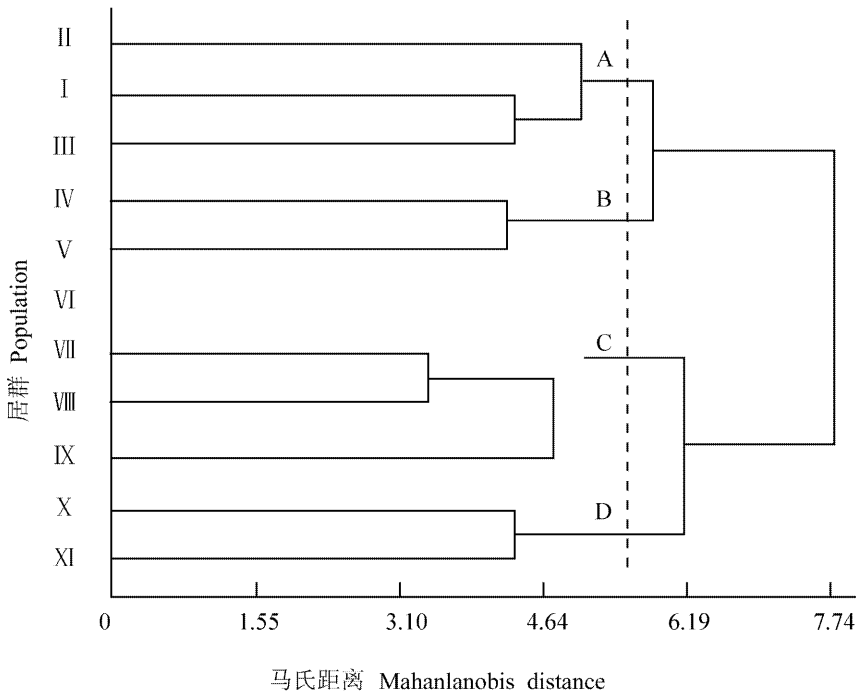


图 1 11 个福建山樱花居群的关系树状图

Fig. 1 Dendrograms of 11 populations using UPGMA clustering method for Mahalanobis distance derived from phenotypic traits in *Cerasus campanulata*

表 4 表型性状间及其与地理因子间的相关性
Table 4 Correlations among phenotypic traits and correlations between phenotypic traits and geographic variables

性状 Trait	FWC	FWL	PTL	PTW	PDL	FPI	LBL	LBW	LLW	LFS	LTS	LES	BRC	FWN	SDH	FWH	CWS
花色 FWC	1																
花朵长 FWL	-0.036	1															
花瓣长 PTL	-0.101	0.225 **	1														
花瓣宽 PTW	0.009	0.155 *	0.753 **	1													
花梗长 PDL	0.021	0.203 **	0.001	-0.149 *	1												
每序花数 FPI	-0.025	0.206 **	0.010	0.059	0.148 *	1											
叶长 LBL	0.076	0.026	-0.061	-0.017	0.135 *	0.169 *	1										
叶宽 LBW	0.110	0.009	-0.032	0.077	0.107	0.161 *	0.822 **	1									
叶长宽比 LLW	-0.045	0.022	-0.051	-0.135 *	0.027	-0.015	0.334 **	-0.248 **	1								
叶形 LFS	0.073	-0.018	-0.018	0.077	-0.110	0.060	0.049	0.160 *	-0.181 **	1							
叶尖 LTS	0.063	0.110	0.038	0.110	0.066	0.077	-0.115	0.002	-0.206 **	0.038	1						
叶缘 LES	0.014	0.080	0.141 *	0.314 **	-0.048	0.087	0.051	0.126	-0.117	0.100	0.118	1					
分枝能力 BRC	-0.503 **	0.083	0.072	0.062	-0.049	0.149 *	-0.094	-0.055	-0.091	-0.053	-0.089	0.032	1				
花量 FWN	0.046	0.114	-0.012	-0.007	-0.059	-0.111	-0.089	-0.033	-0.119	-0.083	0.022	-0.053	0.155 *	1			
60 d 苗高 SDH	-0.154 *	0.016	0.133 *	0.151 *	-0.284 **	0.071	0.025	0.064	-0.103	0.025	0.023	0.015	0.459 **	0.128	1		
开花习性 FWH	-0.079	-0.123	-0.067	-0.040	-0.019	0.033	0.104	0.156 *	-0.088	0.080	0.035	0.024	0.049	0.016	0.081	1	
树冠形态 CWS	0.027	-0.077	0.013	0.022	0.028	0.132 *	-0.006	-0.008	-0.002	0.069	0.026	-0.004	0.014	0.026	0.028	-0.045	1
纬度 Latitude	-0.186 **	-0.061	0.082	-0.233 **	0.106	-0.189 **	-0.204 **	-0.351 **	0.205 **	-0.167 *	-0.149 *	-0.410 **	0.101	0.161 *	-0.044	-0.030	0.017
经度 Longitude	-0.186 **	0.259 **	0.006	-0.025	0.155 *	0.043	0.157 *	-0.010	0.240 **	-0.107	0.098	-0.003	0.106	0.135 *	-0.047	0.013	0.056
海拔 Altitude	0.080	-0.091	-0.094	0.132 *	-0.048	-0.154	0.065	0.079	0.002	0.074	0.071	0.163 *	0.016	-0.027	0.145 *	-0.019	0.040
年均温 Annual mean temperature	0.036	0.220 **	0.038	0.210 **	-0.157 *	0.273 **	0.210 **	0.298 **	-0.136 *	0.090	0.189 **	0.356 **	-0.057	-0.045	-0.010	0.048	-0.049
年降雨量 Annual rainfall	-0.225 **	-0.107	0.130 *	-0.060	-0.219 **	-0.141 *	-0.176 **	-0.184 **	-0.015	-0.056	-0.060	-0.050	0.101	0.162 *	0.034	0.094	0.030
无霜期 Frost-free period	0.110	0.149 *	-0.080	0.165 *	-0.019	0.250 **	0.261 **	0.317 **	-0.080	0.080	0.172 **	0.269 **	-0.056	-0.063	-0.027	0.004	-0.052
年日照时数 Hours of sunshine	-0.113	0.102	0.067	0.265 **	-0.270 **	0.053	0.114	0.205 **	-0.171 **	0.114	0.181 **	0.514 **	0.070	0.136 *	0.067	0.132 *	0.053

均变异系数均超过20%，叶部性状的变异明显大于花部性状的变异；就每个居群内部的形态变异而言，居群X的变异最丰富，居群I的变异最小，其形态特征相对较稳定；且居群内的变异均大于居群间的变异，也即福建山樱花居群内多样性大于居群间多样性，居群分化较小。究其原因，可能有两个方面：一是本研究11个取样居群中有8个分布于福建省的西北部地区，另3个居群与闽西北地区的距离也较近，其经度、纬度和海拔跨度较小，分别为4°35′、3°06′和386 m；二是近年来福建山樱花野生资源受到大量破坏，导致的生境破碎化因时间较短，尚未对福建山樱花天然居群的表型变异产生显著影响。这与陈益泰等^[6]对四川省桤木(*Alnus cremastogyne*)居群和曾杰等^[7]对西南桦(*Betula alnoides*)居群的研究结果相似，但与向志强等^[8]对海南岛的海南粗榧(*Cephalotaxus mannii*)居群研究发现同一性状在居群间和居群内的变异基本接近及李文英等^[9]对我国北方地区的蒙古栎(*Quercus mongolic*)居群的研究发现群体间变异略高于群体内变异的结果不同。笔者认为这可能与树种特性以及进化程度有关。

3.2 福建山樱花的表型变异具梯度规律性，观赏性状表现尤为明显

福建山樱花广泛分布于我国的福建、广东、广西、江西、台湾等省区及越南、日本、琉球等地，地理空间上许多生态因子存在梯度变化，伴随着这些生态因子的梯度变异，福建山樱花种内居群表型变异也出现梯度规律性。其中那些受环境选择影响较大的性状在表达上更为明显，如花色随经、纬度增加，或年降雨量的增加而变淡；花量随经、纬度而增加；花瓣宽随纬度减少，或海拔上升，或无霜期的延长、或年均温的提高、或年日照时数的增加而增大；而先花后叶的开花习性随年日照时数的增加而愈为明显。这是因为在本研究调查区内，随着经、纬度的增加，年降雨量逐渐增加，年平均气温逐渐降低，在水分供应充足的条件下，会直接导致花色素形成不足，花色变淡，而夏季气温相对较低的条件下，则有利于福建山樱花的花芽分化，花量随之增多。同时，有研究表明，无论是采用何种性状来衡量遗传材料的特性，都可以通过遗传相似系数或遗传距离来综合度量材料间的差异水平，从而对遗传群体进行合理的分

类，用以直观地反映群体间的相互关系。但通用的欧氏距离因植物性状间存在着相关性，不能很好地度量品种间的遗传差异^[15]，而马氏距离不但受分类度量指标的影响，可以克服变量之间的相关性，而且还顾及了各分类指标之间的相关性^[16]。本研究应用马氏距离对11个居群聚类结果发现，居群间17个性状的表型变异与地理距离间存在极显著相关，居群间聚类分析结果与参试居群分布的地域性呈现高度一致，这既反映出种群表型变异是对影响种群生存的光、温、水等环境条件适应的结果，也反映了福建山樱花居群间存在着较明显的地理变异趋势。

3.3 福建山樱花野生资源保护与遗传改良策略

福建山樱花作为中国樱属植物的代表种之一，因其适应性广、抗逆性强，具有较高的观赏性而为人们所重视，已被南方许多城市列为城市园林绿化的重点或骨干物种，近年来野生资源受到较为严重的破坏，急需加强保护与开发。福建山樱花天然居群表型变异研究对开展野生资源保存、良种选育、园林绿化及观赏游憩林建设和经营具有十分重要的意义。由于福建山樱花居群内多样性分化高于居群间的分化，因此，在进行遗传改良研究中，对优良种源、优良居群选择和利用的同时，应加大优良个体选择和利用的力度。也就是说，可以适当减少抽样居群数，增加居群内的株数。而在种质资源收集和保存时，可以选择变异较为丰富的居群，如居群X、居群IV、居群VI和居群IX。原则上，由于福建山樱花野生种质资源破坏十分严重，应尽可能地实施多点保护策略，对上述变异较为丰富的居群必须加以重点保护。

致谢 研究得到吕月良、施季森、苏倩、蔡幼华、刘初钊、刘训仁、蔡志勇、罗光宇、常本富等的大力支持与帮助。

参考文献

- [1] Brochmann C, Soltis P S. Recurrent formation and polyphyly of Nordic polyploids in *Draba* (Brassicaceae) [J]. *Amer J Bot*, 1992, 79(6):673-688.
- [2] Olfeh J J, Furnier G R, Luby J J. What data determine whether a plant taxon is distinct enough to merit legal protection? A case study of *Sedum integrifolium* (Crassulaceae) [J]. *Amer J Bot*, 2001, 88(3):401-410.
- [3] Xie C Y, Ying C C. Genetic architecture and adaptive landscape of interior lodgepole pine (*Pinus contorta* ssp. *latifolia*) in Canada [J]. *Can J For Res*, 1995, 25:2010-2021.
- [4] Volis S, Mendlinger S, Whittaker L O, et al. Phenotypic variation

- and Stress resistance in core and peripheral populations of *Hordeum spontaneum* [J]. Biodiv Cons, 1998, 7:799-813.
- [5] Daehler C C, Yorkston M, Sun W, et al. Genetic variation in morphology and growth characters of *Acacia koa* in the Hawaiian Islands [J]. Inter J Plant Sci, 1999, 160(4):767-773.
- [6] Chen Y T(陈益泰), Li G Y(李桂英), Wang H X(王惠雄). Study on phenotypic variation in natural range of Longpeduncled alder (*Alnus cremastogyne*) [J]. For Res(林业科学研究), 1999, 12(4): 379-385. (in Chinese)
- [7] Zeng J(曾杰), Zheng H S(郑海水), Gan S M(甘四明), et al. Phenotypic variation in natural populations of *Betula alnoides* in Guangxi, China [J]. Sci Sil Sin(林业科学), 2005, 41(2):59-65. (in Chinese)
- [8] Xiang Z Q(向志强), Fu Y C(付永川), Liu Y C(刘玉成), et al. Study on the morphological variations of *Cephalotaxus mannii* in different populations [J]. Guihaia(广西植物), 1999, 19(2):131-135. (in Chinese)
- [9] Li W Y(李文英), Gu W C(顾万春). Study on phenotypic diversity of natural population in *Quercus mongolica* [J]. Sci Sil Sin(林业科学), 2005, 41(1):49-56. (in Chinese)
- [10] Yu D J(俞德浚), Lu L D(陆玲娣), Gu C Z(谷粹芝), et al. Flora Reipublicae Popularis Sinicae Tomus 38 [M]. Beijing: Science Press, 1986:46-90. (in Chinese)
- [11] Xu K F(许克福), Wang X R(王贤荣), Yan D L(闫道良), et al. Ecological characteristics of *Cerasus cerasoides* var. *campanulata* community [J]. J Nanjing For Univ Nat Sci(南京林业大学学报:自然科学版), 2004, 28(6):111-114. (in Chinese)
- [12] Wang G P(王光萍), Huang M R(黄敏仁). Tissue culture and plant regeneration of *Cerasus campanulata* [J]. J Nanjing For Univ Nat Sci(南京林业大学学报:自然科学版), 2002, 26(2):73-76. (in Chinese)
- [13] Lü Y L(吕月良), Chen Z(陈璋), Shi J S(施季森), et al. Adventitious bud inducing and plant regeneration of *Cerasus campanulata* in large scale [J]. J Nanjing For Univ Nat Sci(南京林业大学学报:自然科学版), 2006, 30(3):105-108. (in Chinese)
- [14] Lü Y L(吕月良), Chen Z(陈璋), Shi J S(施季森). Cutting propagation and its influential factors of *Cerasus eampanulata* [J]. J Fujian For Sci Techn(福建林业科技), 2006, 33(2):1-6. (in Chinese)
- [15] Liu L F(刘来福). Genetic distance of quantitative characters and its estimation [J]. Acta Genet Sin(遗传学报), 1979, 6(3):349-355. (in Chinese)
- [16] Yu X L(于秀林), Ren X S(任雪松). Multivariate Statistical Analysis [M]. Beijing: China Statistics Press, 1999:61-100. (in Chinese)