

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201506021

董文婧,张雪,申仕康,等. 都市园林植物云南樱花的表型多样性研究 [J]. 广西植物, 2016, 36(3):349-354

DONG WJ,ZHANG X,SHEN SK,et al. Phenotypic diversity of urban landscape plant *Prunus yunnanensis* [J]. Guihaia, 2016, 36(3):349-354

都市园林植物云南樱花的表型多样性研究

董文婧¹, 张雪¹, 申仕康^{1*}, 吴富勤¹, 杨冠松¹, 和树庄², 王跃华¹

(1. 云南大学 生命科学学院, 昆明 650091; 2. 云南大学 生态学与环境学院, 昆明 650091)

摘要: 云南樱花(*Prunus yunnanensis*)为蔷薇科(Rosaceae)多年生落叶乔木,是中国西南地区特有的重要园林观赏植物,其在昆明园林绿化中具有较高的应用价值。以昆明地区的云南樱花为研究对象,研究了6个栽培居群120个单株的16个表型性状的多样性,分析了16个表型性状的相关性和广义遗传力,并对6个栽培居群进行了聚类分析,旨在探明其在资源应用过程中的表型变异程度及变异规律,为今后优良性状选育与种质推广提供科学依据。结果表明:云南樱花在居群间及居群内均存在丰富的表型多样性,除雌蕊长以外,其它15个表型性状在各居群之间均存在显著性差异,其中各性状的平均变异幅度为7.73%~94.04%,在居群内的变异幅度为20.74%~28.22%,各性状居群内的变异明显小于居群间,16个表型性状的广义遗传力介于0.54~0.97之间,其中叶长的广义遗传力最大,而雌蕊长的广义遗传力最小。对云南樱花16个形态指标的相关性分析表明,大部分形态指标之间均存在显著的相关性。利用居群间欧氏距离进行的UPGMA聚类分析结果表明,云南樱花6个栽培居群可以聚为2类。

关键词: 云南樱花, 栽培居群, 观赏植物, 变异, 种质选育

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2016)03-0349-06

Phenotypic diversity of urban landscape plant *Prunus yunnanensis*

DONG Wen-Jing¹, ZHANG Xue¹, SHEN Shi-Kang^{1*}, WU Fu-Qin¹,
YANG Guan-Song¹, HE Shu-Zhuang², WANG Yue-Hua¹

(1. School of Life Sciences, Yunnan University, Kunming 650091, China; 2. School of Ecology and Environment Sciences, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: Investigation of intraspecific phenotypic diversity is critical for the understanding of evolutionary and ecological processes, and may provide insights for uncovering the roles of natural selection, genetic diversity and variation that contribute to species' variety breeding and resource exploitation and utilization. *Prunus yunnanensis* is a perennial deciduous plant in the family Rosaceae. It is an endemic germplasm resource with high ornamental value in Southwestern, China. The species has been widely implicated as an ornamental plant in city landscaping in Kunming, Yunnan Province. In order to reveal the variation degree and variation patterns of the phenotype in *P. yunnanensis* during resource application and provide scientific evidence for species' breeding and germplasm utilization, we investigated 16 phenotypic traits, including 12 flower characters and 4 foliage traits, of 120 individuals in 6 cultivated populations of *P. yunnanensis* from Kunming City. Furthermore, the phenotypic traits variations and relationships were also

收稿日期: 2015-06-18 修回日期: 2015-08-14

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07102-003)[Supported by Key Project of Science and Technology of National Water Pollution Control and Management(2012ZX07102-003)]。

作者简介: 董文婧(1990-),女,云南大理人,硕士研究生,主要从事生物多样性保护研究,(E-mail)dwj1015@126.com。

*通讯作者: 申仕康,博士,副教授,主要从事生物多样性保护与恢复生态学研究,(E-mail)yunda123456@126.com。

analyzed. In addition, UPGMA based cluster analysis was performed using the phenotypic data. The broad heritability of these phenotypic traits was also calculated in the present study. The results showed that there were significant differences in the phenotypic variation among and within populations. All phenotypic traits had significant differences among the populations except for the phenotypic index of pistil length. Specifically, the coefficient of variation of these phenotypic traits varied from 7.73% to 94.04%, while it varied from 20.74% to 28.22% within populations. The variation of the phenotypic traits was lower within populations than that among populations. The broad heritability of 16 phenotypic traits ranged between 0.54 and 0.97. The leaf length has the highest value, while the pistil length has the lowest value of broad heritability, with the ordering of LL>LW>PETL>PLEF>PW>FBL>FI>FD>PEL>VN>SN>PN>FN>PL>SL>PIL. The correlation analysis showed that there were significant correlation among most phenotypic traits. UPGMA cluster analysis based on phenotypic traits showed that the 6 cultivated populations could be divided into two groups. The reasons that caused the phenotypic traits variation of *P. yunnanensis* were also discussed.

Key words: *Prunus yunnanensis*, cultivated population, ornamental plant, variation, germplasm selection and propagation

植物个体在长期进化与环境适应过程中所产生的形态变异是生物界最基本的特性之一,这种形态变异往往是遗传和环境因素共同作用的结果,同样也是物种适应环境和本身遗传等因素综合作用的外在表现形式(张睿鹏等,2008)。具有遗传差异的物种在相似的环境条件下可能表现出丰富的表型变化,遗传背景相对一致的物种也可能由于环境变化而有表型多样化(Zheng & Sun, 2008; 顾婧婧等, 2010; 王丽等, 2011; Forsman, 2014)。因此,通过对植物表型性状变异的研究,不仅可以探究物种在不同居群上的遗传变异,同时也可以探讨物种在不同环境条件下的形态变异,对于园林观赏植物的品种选育、种质改良以及可持续开发利用具有重要价值(孙海芹等, 2005; 邵清松等, 2005; 张彩霞等, 2008; 王业社等, 2015)。随着现代园林产业的发展,都市园林植物大多采用苗木市场培育而来的植株,很少直接利用野生资源。故随着城市的不断发展,都市园林植物在不同栽培居群内亦发生着各种各样的变异,而各个栽培居群间也由于气候、地理条件、所选苗木来源不同等因素,使得都市园林植物在表型上呈现越来越丰富的多样性。因此,通过对都市园林植物不同栽培居群表型多样性的研究,不仅可以深入探究都市园林植物对城市生态环境的适应性,并对物种种质优良性状选育具有重要价值。

目前,国内开展栽培居群的表型性状变异研究主要集中在中药材,如菊花(*Chrysanthemum morifolium*) (邵清松等, 2011)、滇重楼(*Paris polyphylla* var. *yunnanensis*) (李林玉等, 2010)、曼陀罗(*Datura stramonium*) (赵云青等, 2013)、薯蓣(*Dioscorea opposita*) (黄玉仙等, 2013)、麦冬(*Ophiopogon japonicus*) (刘江, 2010)、余甘子(*Phyllanthus*

emblica) (赵琼玲等, 2012)、甘草(*Glycyrrhiza uralensis*) (杨全等, 2009),但是对于观赏植物资源栽培居群的表型多样性研究则鲜有报道。云南樱花(*Prunus yunnanensis*),又名苦樱桃、箐樱桃、云南欧李或高盆樱桃,为蔷薇科(Rosaceae)多年生落叶乔木,是中国西南地区特有的重要园林观赏植物(俞德俊等, 1999)。云南樱花自然居群常分布于海拔1 350~2 600 m的常绿阔叶疏林中、沟旁向阳处、林缘或山坡草地。其花深粉红色,重瓣或半重瓣,花2~4朵,盛花时红花满树,花团锦簇,十分艳丽,比日本樱花更富观赏性。该植物喜光和喜温暖、湿润的气候,可在排水良好的酸性土壤中生长,对城市环境有较好的适应性,因此,其在城市园林景观构建中具有重要的应用价值。目前已经在园林绿化中被广泛应用与推广,但如何基于其栽培居群的表型变异式样筛选优良变异性状并进行品种选育仍然是该珍贵种质资源今后可持续化开发利用的关键,且目前未有云南樱花表型多样性方面的研究报道。鉴于此,本研究通过对昆明地区园林绿化地带的6个云南樱花栽培居群的表型多样性进行调查与分析,旨在探明该植物在都市园林绿化应用中的表型变异式样,为今后筛选云南樱花在栽培利用过程中的优良变异性状以及品种选育等提供参考。

1 材料与方法

1.1 云南樱花居群的选择和材料采集

2012-2013年期间对昆明地区园林绿化应用的云南樱花资源进行调查,在此基础上于2013年3-4月在昆明选取6个地理相对隔离的云南樱花栽培居群,采用GPS记录各居群的经纬度和海拔。各居群

样地信息见表 1。

表 1 云南樱花不同栽培居群概况

Table 1 General situations of 6 sampled cultivated populations in *Prunus yunnannensis*

居群 Population	样本数 No. of sample	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude (m)	生境 Habitat
P1	20	102°51'7" E	24°49'38" N	1 982	景观绿化带 Landscape and green belt
P2	20	102°42'30" E	25°3'24" N	1 921	公园景观区 Park landscape areas
P3	20	102°49'28" E	24°49'58" N	1 948	景观绿化带 Landscape and green belt
P4	20	102°49'25" E	24°50'15" N	1 917	景观绿化带 Landscape and green belt
P5	20	102°45'30" E	24°3'51" N	1 950	景观绿化带 Landscape and green belt
P6	20	102°51'17" E	24°50'16" N	1 970	景观绿化带 Landscape and green belt

1.2 表型性状的选取与测定

在选定的居群内随机选取 20 株生长良好、无明显病虫害的植株,选取花枝长(FBL)、着花数(FN)、花序花朵数(FI)、花序梗长度(PL)、单花花梗长(PLEF)、花瓣数(PN)、花径(FD)、花瓣长(PETL)、花瓣宽(PW)、雄蕊数(SN)、雄蕊长(SL)、雌蕊长(PIL)、叶长(LL)、叶宽(LW)、叶柄长(PEL)、叶脉对数(VN) 16 个表型性状,其中花枝长、叶长、叶宽、花序梗长度和单花花梗长采用直尺测量,花枝长测量时定义为测量枝条顶端到末端花朵之间的距离;花瓣长、花瓣宽、雄蕊长、雌蕊长和花径采用游标卡尺测量。

1.3 数据处理与分析

不同居群云南樱花形态特征用 excel 计算平均值、标准差和变异系数,采用单因素方差分析的(one-way ANOVA)方法在 SPSS13.0 统计软件(SPSS Inc. Chicago, Illiong)中分析不同居群各形态特征之间是否存在差异,同时对差异达到显著性的变量采用最少显著差数法(LSD)进行均数的多重比较,选择概率为 0.05 的显著性水平。参考续九如(2006)的计算方法: $H2 = 1 - 1/F$ (F 为方差分析的 F 检验值)计算各形态特征指标在居群之间的广义遗传力,用表型特征变异系数表示表型性状的离散程度,反映表型的变异特征,并对云南樱花各表型性状进行相关性分析。计算欧氏距离系数,采用非加权配

对算术平均法(UPGMA)进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 云南樱花不同栽培居群的表型性状特征

云南樱花 16 个形态指标在 6 个栽培居群中呈不规则性分布,其中花枝长、雄蕊数在 P6 居群最大,但该居群的着花数、花序花朵数、花序梗长度、单花花梗长、花瓣数、花径、花瓣长、花瓣宽、雌蕊长、叶长、叶宽和叶柄长则较小。花瓣数、雄蕊长、叶长、叶宽、叶柄长在 P5 居群最大,但花枝长、雄蕊数和叶脉对数则较小。方差分析表明:云南樱花 6 个栽培居群的 16 个形态特征,雌蕊长性状在 6 个栽培居群之间没有显著性差异,其它 15 个形态特征在各居群之间均存在显著性差异,即表明选择的 16 个云南樱花形态特征中有 15 个存在较大的变异性。

2.2 云南樱花的表型性状变异特征

变异系数可以反映植物表型性状在居群内和居群间的变异特征,从而揭示物种的变异格局(陈璋, 2008)。云南樱花各个性状的变异系数在居群间及居群内均存在很大不同(表 3)。在所调查的 16 个性状中,花枝长和着花数 2 个性状的变异较大,分别达到 94.04% 和 51.63%,而花径、花瓣长、花瓣宽、雄蕊长、雌蕊长、叶长、叶宽、叶柄长和叶脉对数等 9 个性状变异较小,平均变异系数均小于 15%。综合分析各种性状可以看出,P2 居群的变异最丰富,16 个性状的平均变异指数达 28.22%,其次是居群 P5、P4,平均变异系数分别为 25.99%、25.72%,居群 P6 的变异最小,平均变异系数只有 20.74%。比较云南樱花居群间各表型性状的变异系数发现,花枝长和着花数的居群间变异系数最大,分别达到 122.4% 和 55.8%,其次为花序花朵数(46.81%) 和花序梗长度(42.11%),而雌蕊长在不同居群间的变异系数最小(9.78%)。

2.3 云南樱花的广义遗传力

遗传力是物种遗传育种和优良株系选育中的重要参数。对云南樱花 6 个栽培居群 16 个形态特征指标的广义遗传力计算表明,云南樱花 16 个表型特征的广义遗传力介于 0.54~0.97 之间,其中叶长的广义遗传力最大,为 0.97,而雌蕊长的广义遗传力最小,为 0.54。16 个表型特征的广义遗传力大小分别为叶长>叶宽>花瓣长>单花花梗长>花瓣宽>花枝长>花序花朵数>花径>叶柄长>叶脉对数>雄蕊数>花瓣

表 2 云南樱花不同栽培居群表型特征 (平均值±SD)
Table 2 Phenotypic characteristics of 6 cultivated populations in *Prunus yunnanensis*

表型性状 Phenotypic trait	居群 Population						方差分析 Variance analysis	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	F	P
FBL	6.79±1.03	10.33±2.44	17.40±3.65	9.24±2.23	5.16±1.41	37.63±5.62	14.980	0.000
FN	5.10±0.41	4.05±0.47	3.50±0.43	3.45±0.51	3.35±0.36	2.20±0.26	5.237	0.000
FI	4.05±0.21	6.90±0.84	3.80±0.17	3.90±0.18	3.95±0.21	3.50±0.15	10.905	0.000
PL	0.53±0.53	0.45±0.42	0.60±0.44	0.63±0.60	0.61±0.54	0.42±0.30	3.352	0.007
PLEF	2.60±0.84	2.15±0.14	2.73±0.11	3.14±0.96	2.44±0.11	1.58±0.94	24.644	0.000
PN	12.90±0.52	12.45±0.59	12.75±0.64	12.15±0.94	16.05±0.91	10.50±0.39	6.784	0.000
FD	3.75±0.12	3.39±0.61	3.52±0.95	3.42±0.85	3.65±0.64	2.96±0.67	10.780	0.000
PETL	2.46±0.10	1.83±0.44	1.94±0.37	1.92±0.33	1.99±0.44	1.56±0.30	29.517	0.000
PW	1.47±0.29	1.34±0.65	1.56±0.25	1.46±0.29	1.48±0.32	1.08±0.29	21.201	0.000
SN	16.35±1.06	16.80±1.09	15.55±1.57	18.55±1.40	11.10±1.16	21.35±0.92	7.791	0.000
SL	1.04±0.04	1.12±0.04	1.15±0.02	1.14±0.04	1.19±0.03	1.09±0.02	2.409	0.041
PIL	2.12±0.06	2.21±0.03	2.29±0.03	2.22±0.05	2.22±0.05	2.11±0.04	2.179	0.061
LL	10.29±0.29	11.31±0.24	9.70±0.25	9.22±0.19	11.85±0.33	7.54±0.17	37.526	0.000
LW	4.90±0.09	5.39±0.11	4.94±0.14	4.87±0.10	5.53±0.12	3.72±0.10	32.093	0.000
PEL	1.54±0.04	1.45±0.05	1.51±0.03	1.37±0.04	1.55±0.03	1.24±0.04	9.971	0.000
VN	7.55±0.17	9.25±0.41	7.50±0.25	7.80±0.28	7.00±0.15	8.30±0.25	8.842	0.000

表 3 云南樱花表型性状的相关性分析
Table 3 Correlation analysis of phenotypic traits in 6 cultivated populations of *Prunus yunnanensis*

表型性状 Phenotypic trait	FBL	FN	FL	PL	PLEF	PN	FD	PETL	PW	SN	SL	PIL	LL	LW	PEL	VN
FBL	1															
FN	-0.115	1														
FI	-0.233 *	0.04	1													
PL	-0.185 **	0.04	0.032	1												
PLEF	-0.295 **	0.119	0.038	0.365 **	1											
PN	-0.291 **	0.018	0.053	0.03	0.144	1										
FD	-0.342 **	0.2 *	0.035	0.208 *	0.35 **	0.461 **	1									
PETL	-0.318 **	0.223 *	-0.006	0.223 *	0.528 **	0.186 *	0.46 **	1								
PW	-0.351 **	0.124	0.089	0.276 **	0.066 **	0.356 **	0.594 **	0.532 **	1							
SN	0.326 **	-0.009	-0.122	-0.179	-0.194 *	-0.671 **	-0.415 **	-0.282 **	-0.376 **	1						
SL	0.058	-0.017	0.036	0.061	0.175	0.096	0.275 **	-0.133	0.276 **	-0.086	1					
PIL	-0.004	0.021	0.017	0.162	0.292 **	-0.091	0.168	0.071	0.343 **	0.049	0.385 **	1				
LL	-0.445 **	0.096	0.214 *	0.042	0.182 *	0.264 **	0.333 **	0.298 **	0.326 **	-0.362 **	0.086	0.063	1			
LW	-0.454 **	0.075	0.199 **	0.118	0.266 **	0.274 **	0.309 **	0.284 **	0.348 **	-0.352 **	0.095	0.061	0.847 **	1		
PEL	-0.378 **	0.337 **	-0.044	0.04	0.138	0.221 *	0.22 *	0.271 **	0.211 *	-0.192 *	-0.134	-0.029	0.281 **	0.373 **	1	
VN	0.079	-0.082	0.27 **	-0.211 *	-0.078	-0.134	-0.178	-0.158	-0.113	0.14	-0.091	0.072	0.192 *	0.067	-0.173	1

数>着花数>花序梗长度>雄蕊长>雌蕊长(图 1)。

2.4 云南樱花表型性状间的相关关系

采用 Pearson 相关分析方法计算 16 个形态指标之间的相关性系数,结果表明:16 个性状两两组合中有 62 对性状具有显著的正相关性,其中 44 对的

相关性达到极显著水平 ($P<0.01$),表明这些形态特征在物种适应环境过程中具有极强的相互调节作用。云南樱花的 16 个形态性状中,花枝长与着花数、花序花朵数、花序梗长度、单花花梗长、花瓣数、花径、花瓣长、花瓣宽、叶长、叶宽、叶柄长具有极显

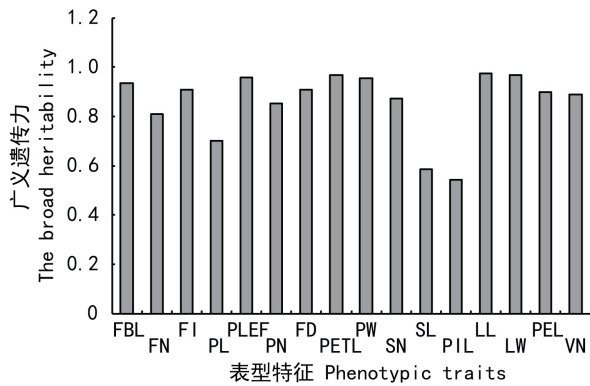


图 1 云南樱花 16 个不同表型特征的广义遗传力

Fig. 1 Broad heritabilities of 16 phenotypic traits of *Prunus yunnanensis*

著的负相关性,花瓣长与雄蕊数、花瓣宽与雄蕊数、雄蕊数与叶长、叶宽等均具有极显著的负相关性,花序梗长度与叶脉对数、单花花梗长与雄蕊数、花瓣数与雄蕊数以及雄蕊数与叶柄长均具有显著的负相关性,表明这些形态特征在适应过程相互之间的互利调节。

2.5 聚类分析

基于 16 个表型特征指标,对 6 个云南樱花居群进行 UPGMA 聚类分析,结果显示:在欧氏距离 5 个水平上,云南樱花 6 个居群总体上可以划分为 2 个表征群,其中 P6 居群单独聚为 1 支,而其它 5 个居群聚为一支;而在 P1–P5 的 5 个居群中,P1、P4 和 P2 三个居群单独聚成一支,而 P5 和 P3 分别聚为一支(图 2)。

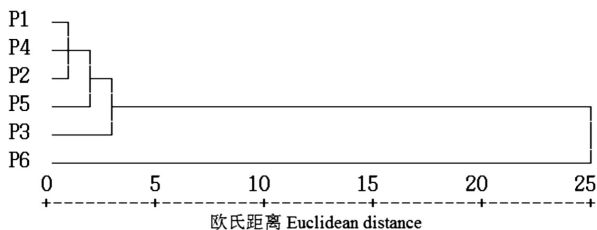


图 2 基于 16 个形态特征的云南樱花 6 个栽培居群 UPGMA 聚类分析

Fig. 2 UPGMA derived dendrogram based on Euclidean distances showing the clustering of the 16 phenotype traits in 6 cultivated populations of *Prunus yunnanensis*

3 讨论与结论

表型变异是植物遗传变异的直接表现形式,其往往反映物种遗传多样性与遗传变异格局(张睿鹂

等, 2008; 傅巧娟等, 2015)。顾婧婧等(2010)研究了夏蜡梅(*Sinocalycanthus chinensis*)3 个地理居群的花部形态变异,结果发现,夏蜡梅花部的表型性状无论是在物种水平还是在居群水平都具有较丰富的表型多样性,推测认为遗传上的多样性是形成夏蜡梅花部形态变异的主要因素。植物的表型性状除受其自身遗传因素影响外,外界环境条件亦影响其表型特征变化,如曾斌等(2008)对新疆野扁桃(*Amygdalus ledebouriana*)自然居群的表型性状变异研究发现,新梢长宽比在所有性状指标中变异最大,其认为可能是该性状对环境影响反应最敏感的原因。明军和顾万春(2006)对紫丁香(*Syringa oblata*)4 个天然群体和 1 个栽培居群的表型多样性分析发现,紫丁香表型性状中的 10 个种实性状与生态梯度值呈显著或极显著的相关。在本研究中,云南樱花在居群内和居群间均存在很明显的表型多样性,16 个表型性状中的 15 个性状在不同居群间均达到了显著性差异,但不同性状及各性状在不同居群间的差异不同,从这 16 个表型性状在居群内和居群间的变异特征来看,其中着花数、花序花朵数、叶长、叶宽在居群间差异较大。花枝长、单花花梗长、雄蕊数在居群内及居群间都存在较大差异,花序梗长度、花瓣数、花径在居群内差异较大,表明云南樱花的 16 个表型性状在环境压力与自身遗传特性共同作用形成了相应的变异特性。从云南樱花的变异系数来看,云南樱花 16 个性状在各居群间的平均变异系数为 24.32%。其中雌蕊长变异系数最小,花枝长变异系数最大,各性状的变异幅度为 7.73%~94.04%,且同一居群的不同性状变异系数差异性明显,故表明云南樱花在园林绿化过程中,不同居群的微环境条件已经影响其表型性状变化。这与顾婧婧等(2010)认为微生境的异质性影响夏蜡梅表型性状变化的结论一致。云南樱花不同表型性状在 6 个栽培居群内的变异幅度为 20.74%~28.22%,且各性状居群内的变异明显小于居群间的变异,推测其可能是由于相同居群的云南樱花来源于同一种源的原因。

植物在适应和演化过程中,不同形态性状之间往往通过相互调节达到适应环境的目的,一个形态性状的改变亦直接或者间接导致其他性状的变化,因此,植物不同形态性状之间常存在相互的联系(杨志玲和杨旭, 2011; 梁振旭等, 2014)。通过对云南樱花 6 个栽培居群 16 个表型性状的相关性分析表明,绝大部分的表型性状存在显著或极显著的

相关性。此外,通过聚类分析发现,云南樱花的表型性状特征并没有完全依地理距离而聚类,表明各居群内的微生境条件对云南樱花的表型变异影响较大,这与宋杰等(2013)对云南含笑(*Michelia yunnanensis*)的研究结论一致。

总之,云南樱花不论是在居群间还是居群内均存在明显的变异,即表明云南樱花存在较大的变异积蓄,这为云南樱花在适应多变的气候与环境过程中提供了保障,并对其资源规模化开发利用具有重要意义。但云南樱花作为我国西南地区特有的优良观赏种质资源,具有重要的园林绿化价值,其目前已经在昆明地区推广应用,且资源化利用过程中逐步减少对野生资源的依赖,而采用人工繁殖的种质资源进行应用与推广。故本研究通过对昆明地区不同居群云南樱花开展其应用过程中的表型变异研究,不仅可以为其优良性状选育提供科学依据,并为资源的可持续开发利用提供参考,但是由于本研究的6个居群均来自栽培居群,故云南樱花野生居群与栽培居群的表型差异以及栽培居群遗传背景对表型性状多样性的影响等仍然有待进一步研究。

参考文献:

CHEN Z, 2008. Phenotypic variation in natural populations of *Cerasus campanulata* Maxim. [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 16(1): 61-68. [陈璋, 2008. 福建山樱花天然居群表型变异研究 [J]. *热带亚热带植物学报*, 16(1): 61-68.]

FORSMAN A, 2014. Effects of genotypic and phenotypic variation on establishment are important for conservation, invasion, and infection biology [J]. *Proc Nat Acad Sci*, 111(1): 302-307.

FU QJ, LI CN, CHEN Y, et al, 2015. Analysis of phenotypic diversity of major salvia splendens germplasm resources in China [J]. *Plant Gen Resour*, 16(2): 294-299. [傅巧娟, 李春楠, 陈一, 等, 2015. 我国主栽一串红资源的表型多样性分析 [J]. *植物遗传资源学报*, 16(2): 294-299.]

GU JJ, JIN ZX, XIONG N, 2010. Morphological variation of flowers in endangered plant *Sinocalycanthus chinensis* [J]. *Bull Bot Res*, 2010, 30(4): 461-467. [顾婧婧, 金则新, 熊能, 2010. 濒危植物夏蜡梅花的形态变异 [J]. *植物研究*, 2010, 30(4): 461-467.]

HUANG YX, WANG FQ, DU JF, et al, 2013. Numerical analysis of morphological variation of germplasm resources of *Dioscorea* [J]. *Chin J Chin Mat Med*, 38(3): 318-324. [黄玉仙, 王丰青, 杜家方, 等, 2013. 薯蓣属植物种质资源形态变异的数量分析 [J]. *中国中药杂志*, 38(3): 318-324.]

FORCADA I, GRADZIEL CF, GOGORCENA TM, et al, 2014. Phenotypic diversity among local Spanish and foreign peach and nectarine [*Prunus persica* (L.) Batsch] accessions [J]. *Euphytica*, 197(2): 261-277.

LIU J, CHEN XF, YANG WY, et al, 2010. A study on morphological variation of germplasm resources of *Ophipogon japonicus* in

the Sichuan basin [J]. *Acta Pratac Sin*, 19(1): 143-150. [刘江, 陈兴福, 杨文钰, 等, 2010. 四川盆地麦冬种质资源的形态特征变异分析 [J]. *草业学报*, 19(1): 143-150.]

LI LY, LI SP, YANG B, et al, 2010. Morphological variation in different populations of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis* [J]. *Chin J Chin Mat Med*, 35(22): 2 959-2 962. [李林玉, 李绍平, 杨斌, 等, 2010. 滇重楼不同居群形态变异研究 [J]. *中国中药杂志*, 35(22): 2 959-2 962.]

LIANG ZX, ZHANG YL, NIU LX, et al, 2014. Phenotypic diversity of *Lilium brownie* native to Qinba mountainous area [J]. *Guihaia*, 34(6): 727-733. [梁振旭, 张延龙, 牛立新, 等, 2014. 秦巴山区野百合表型多样性 [J]. *广西植物*, 34(6): 727-733.]

MING J, GU WC, 2006. Phenotypic variation of *Syringa oblata* Lindl. [J]. *For Res*, 19(2): 199-204. [明军, 顾万春, 2006. 紫丁香表型多样性研究 [J]. *林业科学研究*, 19(2): 199-204.]

SONG J, LI SF, LIU LN, et al, 2013. Phenotypic diversity of natural populations of *Michelia yunnanensis* [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 33(2): 272-279. [宋杰, 李世峰, 刘丽娜, 等, 2013. 云南含笑天然居群的表型多样性分析 [J]. *西北植物学报*, 33(2): 272-279.]

SUN HQ, LI A, BAN W, et al, 2005. Morphological variation and its adaptive significance for *Changnienia amoena*, an endangered orchid [J]. *Biodiv Sci*, 13(5): 376-386. [孙海芹, 李昂, 班玮, 等, 2005. 濒危植物独花兰的形态变异及其适应意义 [J]. *生物多样性*, 13(5): 376-386.]

SHAO QS, GUO QS, LI YC, et al, 2005. Numerical analysis of morphological variation of germplasm resources of *Chrysanthemum morifolium* for medicine [J]. *Chin J Chin Mat Med*, 36(10): 1 261-1 265. [邵清松, 郭巧生, 李育川, 等, 2005. 药用菊花种质资源形态变异的数量分析 [J]. *中国中药杂志*, 36(10): 1 261-1 265.]

WANG L, WU M, XU X, et al, 2011. Studies on the correlation between the branch and leaf morphological variation of *Diplopanax stachyanthus* and the environmental factors [J]. *Guihaia*, 31(3): 349-356. [王丽, 吴敏, 徐翊, 等, 2011. 濒危植物马蹄参枝叶形态变异与环境因子的相关性分析 [J]. *广西植物*, 31(3): 349-356.]

WANG YS, HOU BX, SUO ZL, et al, 2015. Phenotypic diversity of *Lagerstroemia indica* cultivar [J]. *J Plant Gen Resour*, 16(1): 71-79. [王业社, 侯伯鑫, 索志立, 等, 2015. 紫薇品种表型多样性分析 [J]. *植物遗传资源学报*, 16(1): 71-79.]

XU JR, 2006. *Tree quantitative genetics* [M]. Beijing: Higher Education Press: 34-51. [续九如, 2006. *林木数量遗传学* [M]. 北京: 高等教育出版社: 34-51.]

YANG Q, WEI SL, WANG WQ, et al, 2009. The types of morphological variation in *Glycyrrhiza uralensis* [J]. *Asia-Pacific Trad Med*, 5(2): 34-36. [杨全, 魏胜利, 王文全, 等, 2009. 甘草群体形态变异类型研究 [J]. *亚太传统医药*, 5(2): 34-36.]

YANG ZL, YANG X, 2011. *Study on germplasm resources of Magnolia officinalis* [M]. Beijing: China Forestry Press: 80-90. [杨志玲, 杨旭, 2011. *厚朴种质资源研究* [M]. 北京: 中国林业出版社: 80-90.]

YU DJ, LU LD, GU CZ, et al, 1999. *Flora of China* [M]. Beijing: Science Press: 64. [俞德俊, 陆玲娣, 谷粹芝, 等, (下转第 334 页 Continue on page 334)