

滇北球花报春天然群体表型变异研究

张睿鹂 贾茵 张启翔*

(北京林业大学园林学院/国家花卉工程与技术中心, 北京 100083)

摘要: 滇北球花报春(*Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata*)的早春蓝紫色球状花序具有独特的观赏价值, 但由于多种因素的影响, 其天然群体正在逐渐减少。为评价其遗传多样性水平, 我们对滇北球花报春10个天然群体进行了表型性状变异研究。结果表明: 滇北球花报春8个表型性状在群体间和群体内均存在极显著差异, 变异系数(CV)在4.73–9.90%之间, 表型分化系数(V_{st})在0.1541–0.4069之间, 平均值为0.2854, 群体内的变异是表型变异的主要来源。根据8个表型性状的UPGMA聚类分析将10个天然群体划分为3类。依本研究结果, 在对滇北球花报春种质资源保护时进行就地保护是十分必要的, 并且应该优先保护表型变异较为丰富的天然群体。

关键词: *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata*, 天然群体, 表型多样性, 种质资源保护

Phenotypic variation of natural populations of *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata*

Ruili Zhang, Yin Jia, Qixiang Zhang*

College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, The Flower Engineer and Technological Research Center of China, Beijing 100083

Abstract: *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata* (Primulaceae) is an herbaceous perennial in southwest China. Many gardeners recommend it for alpine garden construction or greenhouse cultivation. Due to habitat destruction, however, this plant is rapidly decreasing in number and size of populations. To conserve this plant for our future reintroductions and breeding, 10 natural populations of *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata* were analyzed using morphological markers. Morphological diversity among and within populations were analyzed based on 8 phenotypic traits of 30 plants from each population. Phenotypic variance analysis showed that significant variation existed among and within populations. Coefficient of variations (CVs) ranged between 4.73% and 9.90%, and phenotypic differentiation coefficients (V_{st}) ranged from 15.41% to 40.69%, the mean value was 28.54% and within-population variation comprised a majority of total phenotypic variation. UPGMA Cluster analysis based on morphological traits showed that the 10 populations could be divided into three groups. According to our results, conservation of this species' genetic resources should focus on protecting populations with higher morphological variation, and *in situ* conservation should be carried out in their original habitats.

Key words: *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata*, natural population, morphological variation, germplasm conservation

报春花属(*Primula*)植物大多数为世界著名的高山花卉, 以其丰富绚丽的花色、各具特色的花型而享有“世界三大园艺植物”的美誉(Richards, 1993)。其中球花报春组的滇北球花报春(*Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata*)为早春开花的种类,

其蓝紫色球状花序具有独特的观赏价值, 既可以应用于岩石园、高山园的景观构建, 也可以通过驯化栽培用于温室盆栽观赏, 具有较高的保护和利用价值(Richards, 1993; 梁树乐和张启翔, 2004)。

对本属其他种类的研究表明: 在进行种质资源

收稿日期: 2007-10-19; 接受日期: 2008-04-01

基金项目: “十五”国家科技攻关计划“中国特有花卉种质资源的保存、创新与利用研究”(2004BA52511)

*通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zqx@bjfu.edu.cn

保护的时候首先要评价现有自然群体的遗传变异, 以确定保护单元。多数种类的报春分布区域较为分散, 而对分散的小群体而言, 受空间限制的基因流对遗传多样性可能产生消极的影响(Rossum *et al.*, 2002; Ishihama *et al.*, 2003; Jacquemyn *et al.*, 2004; Christoph *et al.*, 2005; Kitamoto *et al.*, 2005; Wsahitani *et al.*, 2005)。

由于自然灾害及生态环境的恶化, 滇北球花报春的野外分布范围正在逐渐缩小, 其中有不少地区由连续分布退化为片断化分布, 也有一些地区记载的群体已经消失, 如易门茶树、玉溪峨山、昆明西山、嵩明果东、丽江暂着山、泸水姚家坪。片断化分布把原来连续分布的群体分割成彼此隔离的小群体后, 将会在不同程度上阻碍原群体个体之间的基因流。随着时间的推移, 各群体后代之间的遗传分化有可能会逐渐增大, 同时遗传漂变和瓶颈效应等亦会导致群体遗传多样性的部分丧失, 影响到群体的长期适应能力(Rossum *et al.*, 2002; Wsahitani *et al.*, 2005)。因此研究其遗传多样性并在此基础上制定合理的保护策略, 对滇北球花报春的保护和利用具有重要的意义。

遗传多样性可以在多个层次进行研究和评价, 包括表型、染色体、等位酶、DNA和碱基序列等多个层面(金燕和卢宝荣, 2003; 明军和顾万春, 2006a;

顾万春和李文英, 2007)。表型变异是生物遗传变异最直接的表现, 是遗传多样性研究的重要内容之一。采用遗传上较为稳定、不易受环境影响的性状, 如叶子、花、果实等性状研究表型多样性, 可以揭示群体的变异大小和遗传规律, 评价其遗传多样性水平, 进而为群体的保护提供理论支持(李进等, 1998; 李斌等, 2002; 明军和顾万春, 2006b; 顾万春和李文英, 2007)。本研究应用表型性状差异评价滇北球花报春的野外分布现状, 分析不同区域滇北球花报春表型变异程度, 揭示其变异规律, 为其种质资源的保护提供一定的参考依据。

1 方法

1.1 采样方法

课题组分别于2005年4月、6月和9月对云南滇北球花报春进行了种质资源调查。基于调查, 我们选择所调查到的10个天然群体进行观测、记录和分析。各个群体的经纬度、海拔高度、生境情况等生态因子见表1。

采取以系统采样为主, 结合随机采样的方法。随机采样的比例不超过整个样地的10%。每个群体取30个样本, 选择生长良好, 无明显缺陷, 无明显病虫害的植株, 样本间距大于2 m, 群体间距大于1 km (金燕和卢宝荣, 2003)。

表1 滇北球花报春天然群体的地理位置及生态因子

Table 1 Locations and ecological factors of the sampled populations of *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata*

群体编号 Population No.	地点 Origin	经纬度 Locality	海拔 Altitude (m)	生境 Habitat
CSM 1	大理苍山 Cangshan Mountains, Dali	25°41'165" N 100°06'403" E	3,330	山坡杜鹃林下, 北向 Slope, under Rhododendron shrubs, facing north
CSM 2	大理苍山 Cangshan Mountains, Dali	25°41'749" N 100°06'557" E	2,800	干燥山坡坡地, 杜鹃林缘, 西向 Dry slope, beneath Rhododendron shrubs, facing west
MX	漾濞美翁 Meixi, Yangbi	25°43'213" N 100°03'175" E	3,050	山间开敞坡地, 林缘, 西向 Grassy slope, beneath the woodlands, facing west
TCL	云龙天池 Tianchi Lake, Yunlong	25°51'422" N 99°19'389" E	2,330	干燥坡地, 乔木林下, 东南向 Dry slope, under the woodlands, facing southeast
LDP	丽江梨地坪 Lidiping, Lijiang	27°12'389" N 99°24'478" E	3,400	山坡坡地, 南向 Grassy slope, facing south
PTG	维西攀天阁 Pantiange, Weixi	27°20'983" N 99°11'976" E	2,900	开阔缓坡, 沼泽地, 南向 Moist meadow, facing south
SBM	双柏百竹山 Baizhu Mountain, Shuangbai	24°33'404" N 100°48'615" E	2,500	山顶开阔地带, 潮湿林缘, 东南向 Open forest, moist, beneath the woodlands, facing southeast
YLM	丽江玉龙雪山 Yulong Mountains, Lijiang	27°07'791" N 100°15'114" E	2,800	山坡杜鹃林下, 东北向 Slope, under Rhododendron shrubs, facing northeast
SCH	景东山厂河 Shanchanghe, Jingdong	24°18'151" N 100°43'882" E	2,210	干燥的开阔地带, 北向 Dry slope, facing north
ZZ	腾冲自治 Zizhi, Tengchong	26°34'309" N 99°53'572" E	2,500	开阔地带, 干燥, 南向 Open forest, dry, facing south

1.2 性状选取和观测

选择滇北球花报春的叶部、茎部、花部和果实的8个性状进行观测记录,包括最长叶长度、最长叶宽度、株高、冠幅、叶丛高、花序直径、花梗长度和种子千粒重。2006年4月使用电子游标卡尺进行叶部、茎部和花部的7个性状的测定,重复3次,测定精度为0.1 cm。

于2006年6月采收其果序并进行种子千粒重的称量并计算。种子千粒重采用GB/T3543.7-1995百粒质量算法,即从每个单株采后的种子中随机抽取100粒种子称重量,重复10次,测量精度0.0001 g,取平均数换算成种子千粒重。

1.3 数据分析

对10个群体的各个表型性状和种子千粒重的均值采用软件SPSS11.5进行相关性分析。采用巢式方差分析比较群体间和群体内的差异显著性,其线性模型为: $Y_{ijk} = u + S_i + T_{(ij)} + \varepsilon_{(ijk)}$, Y_{ijk} 为第*i*个小群体第*j*个单株第*k*个观测值, u 为总体均值, S_i 为第*i*个小群体的效应(固定), $T_{(ij)}$ 为群体内第*i*个小群体第*j*个单株的效应(随机); $\varepsilon_{(ijk)}$ 为试验误差。用表型分化系数(V_{st})反映群体间表型分化程度(葛颂等, 1988),用变异系数(CV)表示表型性状离散程度。

用聚类分析探讨群体间的形态分化度。数据处理使用NTSYS-pc 2.1软件,数据采用标准化变换,相似性系数计算采用欧氏距离系数,采用非加权配对算术平均法(UPGMA)进行聚类分析。

2 结果

2.1 表型性状变异特征

10个天然群体8个性状中除叶丛高和最长叶长度,株高和花梗长度存在显著相关性外,其他性状间相关性均不显著(表2)。

从表3可以看出,同一表型性状在不同的群体间变化较大,其中变异程度最大的是花序直径,其次是株高、冠幅、叶丛高,再次是最长叶长和最长叶宽,变异最小的是花梗长度和种子千粒重。群体CSM1、TCL、PTG和ZZ的各性状的平均变异系数都较大,约为9%,表明其表型多态性较为丰富;群体MX、SBM、YLM、SCH的平均变异系数都较小,约5%,表明其表型多态性程度相对较低。

2.2 群体表型分化差异

巢式方差分析结果表明,8个性状在群体间和群体内均存在极显著差异(表4)。按巢式设计方差分量比组成,进一步计算出各方差分量占总变异的比(表5)。根据8个表型性状的平均值,群体间的方差分量占总变异的19.33%,群体内的方差分量占43.36%,机误占37.31%。群体间8个表型性状的表型分化系数(V_{st})的范围为0.1541–0.4069,平均为0.2854,即群体间的平均表型变异约占总变异的1/3,群体内约占2/3,说明群体内变异是表型变异的主要来源。群体间表型分化最大的性状是株高($V_{st}=0.4069$),分化最小的是种子千粒重($V_{st}=0.1541$)。

表2 滇北球花报春10个天然群体8个性状Pearson相关系数(r)及其显著性检验

Table 2 Pearson correlation coefficient (r) for eight morphological traits and their significance in the *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata* populations

	株高 Plant height	冠幅 Rosette width	叶丛高 Rosette height	最长叶长 Longest leaf length	最长叶宽 Longest leaf width	花序直径 Flower diameter	花梗长度 Flower stalk length
冠幅 Rosette width	0.122						
叶丛高 Rosette height	0.056	-0.511					
最长叶长 Longest leaf length	-0.157	0.053	0.645*				
最长叶宽 Longest leaf width	0.562	-0.399	-0.017	-0.335			
花序直径 Flower diameter	-0.396	-0.448	0.281	0.100	-0.417		
花梗长度 Flower stalk length	0.696*	-0.006	0.193	0.079	0.496	-0.219	
种子千粒重 Thousand seeds mass	0.316	0.079	0.293	0.140	-0.069	0.016	0.463

* $P < 0.05$ (2-tailed)

表3 滇北球花报春天然群体表型性状变异系数

Table 3 Coefficients of variance (CV) of morphological traits within each population of *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata*

群体编号 Population	变异系数 CV (%)								
	株高 Plant height	冠幅 Rosette width	叶丛高 Rosette height	最长叶长 Longest leaf length	最长叶宽 Longest leaf width	花序直径 Flower diameter	花梗长度 Flower stalk length	种子千粒重 Thousand seeds mass	平均 Average
CSM 1	11.51	10.28	6.88	10.12	6.62	16.64	5.17	5.04	9.03
CSM 2	8.56	9.45	6.32	5.26	4.57	11.43	3.98	3.77	6.67
MX	5.92	4.92	5.32	4.78	6.82	3.34	3.76	2.95	4.73
TCL	8.65	13.47	7.18	6.51	7.34	17.68	4.77	6.07	8.96
LDP	8.16	9.05	5.98	4.77	3.49	10.57	4.99	3.52	6.32
PTG	15.26	12.62	8.76	7.99	6.48	15.24	6.14	6.68	9.90
SBM	4.55	4.17	4.75	4.14	3.49	12.58	3.59	4.02	5.16
YLM	7.96	8.14	7.82	4.62	2.32	7.78	2.86	3.25	5.59
SCH	8.54	8.26	6.51	3.35	4.48	4.39	4.09	3.88	5.44
ZZ	13.49	10.86	8.13	9.33	4.58	13.46	5.61	6.29	8.97

群体编号同表1 Population codes are the same as in Table 1

表4 滇北球花报春群体间和群体内表型性状方差分析

Table 4 Variance analysis of morphological traits among and within populations of *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata*

性状 Traits	均方(自由度) MS (df)			F	
	群体间	群体内	机误	群体间	群体内
	Among populations	Within population	Random error	Among populations	Within population
株高 Plant height	207.53 (9)	9.99 (290)	1.3962	20.76**	7.16**
冠幅 Rosette width	13.31 (9)	1.42 (290)	0.5663	9.35**	2.51**
叶丛高 Rosette height	280.42 (9)	17.5 (290)	2.5684	15.97**	6.84**
最长叶长 Longest leaf length	23.90 (9)	2.36 (290)	0.2382	10.14**	9.89**
最长叶宽 Longest leaf width	118.23 (9)	13.52 (290)	0.7212	8.75**	18.74**
花序直径 Flower diameter	21.31 (9)	1.35 (290)	0.2076	15.74**	6.52**
花梗长度 Flower stalk length	43.41 (9)	5.23 (290)	1.7746	8.3**	2.94**
种子千粒重 Thousand seeds mass	0.1525 (9)	0.0325 (290)	0.0115	4.69**	2.83**

** P<0.01

表5 滇北球花报春群体间和群体内方差分量与群体间表型分化系数

Table 5 Variance portions and differentiation coefficients of variance of morphological traits among and within populations of *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata*

性状 Traits	方差分量 Variance component			方差分量百分比 % of variation			表型分化 系数 V_{st}
	群体间	群体内	机误	群体间	群体内	机误	
	Among populations	Within population	Random error	Among populations	Within population	Random error	
株高 Plant height	2.1948	3.1992	1.3962	32.32	47.11	20.56	0.4069
冠幅 Rosette width	0.1321	0.2858	0.5663	13.43	29.05	57.53	0.3161
叶丛高 Rosette height	2.9207	4.9973	2.5684	27.84	47.67	24.50	0.3017
最长叶长 Longest leaf length	0.2394	0.7058	0.2382	19.42	57.25	19.32	0.2533
最长叶宽 Longest leaf width	1.1635	4.2651	0.7212	18.94	69.43	11.74	0.2143
花序直径 Flower diameter	0.2219	0.3821	0.2076	27.34	47.08	25.58	0.3674
花梗长度 Flower stalk length	0.4242	1.1521	1.7746	12.66	34.38	52.96	0.2691
种子千粒重 Thousand seeds mass	0.0004	0.0021	0.0115	2.72	14.93	82.34	0.1541
平均值 Mean				19.33	43.36	37.31	0.2854

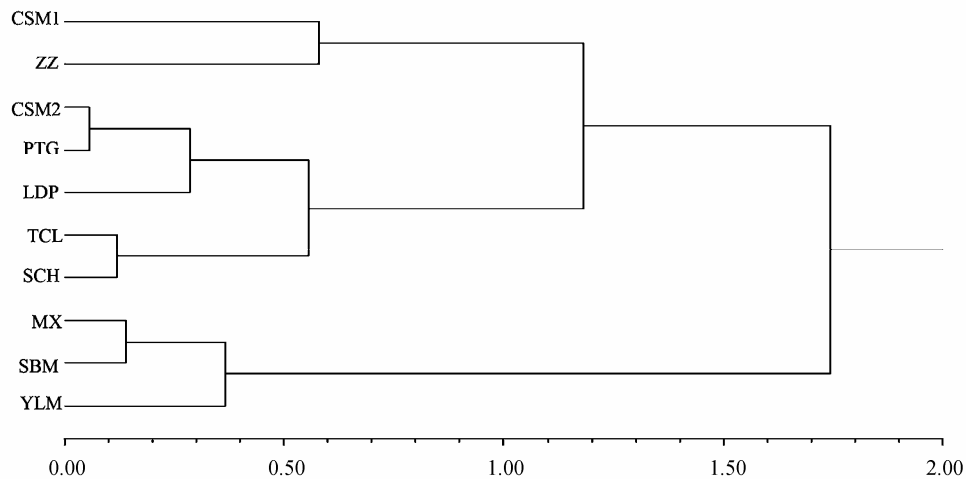


图1 滇北球花报春天然群体UPGMA聚类图。群体编号同表1。

Fig. 1 UPGMA dendrogram of ten natural populations of *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata* based on eight morphological traits. Population codes are the same as in Table 1.

2.3 聚类分析

利用欧式平均距离,采用非加权配对算术平均法(UPGMA)对10个群体的表型性状进行聚类分析,结果见图1。10个群体被分为3大类:第一类为群体CSM1和ZZ,这一类表型变异最丰富,且分布范围较广,数量较大;第二类为群体CSM2、PTG、LDP、TCL和SCH,表型变异程度次之,且集中分布于滇西北的中部区域,其群体分布范围变化较大;第三类为群体MX、YLM和SBM,表型变异程度最低,多为受多种环境因素威胁和人为破坏影响分布范围狭窄的群体。

3 讨论

3.1 群体表型变异丰富

方差分析结果表明滇北球花报春表型性状在群体间和群体内均存在极显著性差异,这说明滇北球花报春群体间群体内存在较大的生态环境压力与遗传体制相互作用而呈现较大的变异幅度,与王凤英等(2005)对钟花报春(*Primula sikkimnesis*)的研究结果一致。

遗传学研究表明,在群体水平上影响遗传变异大小的因素包括:繁育体系、分布范围、生活型、传粉机制和种子散播机制等(Hamrick & Godt, 1992)。不少研究验证了异型花植物的遗传多样性显

著高于自花授粉植物(Hamrick & Godt, 1990)。滇北球花报春较高的遗传变异水平,可能与其具有两型花结构(长花柱花和短花柱花),及其两型花之间进行异交有密切的关系。

除繁育体系外,植物的遗传多样性与其分布范围有着密切的关联性(Hamrick & Godt, 1990)。滇北球花报春分布范围较为广泛,因而可能比狭域种具有更高的遗传多样性。对本属一些广布种,如鄂报春(*Primula obconica*)(Nan *et al.*, 2003)、钟花报春(王凤英等, 2005)的研究都表明具有较高的遗传多样性。我们的研究从表型上验证滇北球花报春具有较高的遗传多样性,但生境的片断化是否对滇北球花报春群体分化造成显著影响,还需要进一步从更深的层次如基因流方面进行研究。

3.2 群体存在一定程度的遗传分化

滇北球花报春群体间表型分化系数(V_{st})为0.2854,表明有28.54%的遗传变异存在于群体间,说明群体间存在一定程度的遗传分化。交配系统是影响植物遗传结构的最重要因素之一。报春属植物作为典型的异花授粉植物,从理论上讲其交配系统应该促进群体间基因交流,增加有效群体大小,并且减少基因漂变对遗传结构的影响(Hamrick & Godt, 1990)。报春花属黄花九轮草(*P. veris*)和*P. elatior*遗传分化系数分别只有0.039 (Antrobus &

Lack, 1993)和0.04 (Jacquemyn *et al.*, 2004); 本研究中滇北球花报春群体间表型分化系数(V_{st})为0.2854, 与异交系统导致植物遗传分化较低的推测不一致 (Hamrick & Godt, 1990)。原因首先可能是由于滇北球花报春群体多分布于喜马拉雅—横断山区, 地理位置特殊, 地形复杂, 气候多变, 生境多样化, 包含复杂的垂直带和纵向的平行峡谷, 这些地质条件很容易导致群体隔离, 从而促进群体间遗传分化。其次滇北球花报春花粉和种子的有效传播距离可能小于群体间的分布距离, 使得群体内的变异交流频繁, 而群体间交流困难, 从而促进群体间的遗传分化。

3.3 保护策略

滇北球花报春群体间的平均表型变异约占1/3, 群体内约占2/3, 这一结果表明群体内变异是滇北球花报春的主要变异来源, 群体内的多样性程度高于群体间, 这是群体结构与环境互作的结果。从物种形成的角度看, 群体间分化更有意义, 因为群体间的分化反映了群体间在地理和繁殖上的隔离。群体间的多样性是种内遗传多样性的更为重要的组成部分。滇北球花报春分布的生境较为多样, 从潮湿的杜鹃林下到开阔的沼泽地带以及干燥的坡谷地带都有分布; 同时其遗传结构受到繁育体系、种子散播机制等多种因素的影响, 因此对其进行就地保护是十分重要和必要的。

在就地保护的时候, 首先要确定保护的群体。群体CSM1、PTG和ZZ的变异系数都较大, 说明这3个群体的形态性状的多态性可能更为丰富。结合野外调查的结果分析, 这3个群体均为分布面积较大的大群体, 而群体LDP虽然现在是小群体, 但估计曾经是大群体, 由于受到某些环境或人为因素的干扰而导致群体的减小, 不过群体的多态性仍较为丰富。在群体保护的时候, 应该优先保护这些变异丰富的群体, 并尽可能保护较多的植株。

2004—2006年北京地区温室初步的引种栽培表明: 夏季高温是滇北球花报春引种驯化成功的限制因子(梁树乐, 2006)。根据引种驯化生态相似性原则选择低海拔且生境较为干燥的群体进行引种, 成功率可能较高。群体CSM1、TCL、PTG和YLM的热害指数测定表明, 群体TCL的热害指数(罗少波等, 1996)较其他3个群体的低近20%, 该群体分布在干燥坡谷地带且海拔较低, 可能具有耐高温的特性,

异地保护时可优先保护。从群体TCL选择生长健壮、种实饱满的植株进行异地栽培实验。通过高温锻炼逐步提高其耐热性, 结合相关的生理指标和热害指数对其进行耐热性的评定, 筛选出耐热的植株, 从而为滇北球花报春的推广应用创造更大的可能性。

综上所述, 滇北球花报春的表型性状在群体间和群体内均存在显著的遗传变异。在进行种质资源保护时应优先保护表型变异较为丰富的天然群体, 在群体内保护尽可能多的个体数量。为选育耐热的品种提高引种成功率, 在对其亲本选择时应加强可能具有耐高温特性的天然群体的收集以及群体内变异的选择。

参考文献

- Antrobus S, Lack AJ (1993) Genetics of colonizing and established populations of *Primula veris*. *Heredity*, **71**, 252–258.
- Christoph R, Anja A, Markus R (2005) Molecular variation within and between ten populations of *Primula farinosa* (Primulaceae) along an altitudinal gradient in the north Alps. *Basic and Applied Ecology*, **6**, 35–45.
- Ge S (葛颂), Wang MX (王明麻), Chen YW (陈岳武) (1988) An analysis of population genetic structure of masson pine by isozyme technique. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), **24**, 399–409. (in Chinese with English abstract)
- Gu WC (顾万春), Li WY (李文英) (2007) Analysis and suggestions of benefit sharing policies relating to forest tree germplasm resources in China. *World Forestry Research* (世界林业研究), **20** (1), 66–69. (in Chinese with English abstract)
- Hamrick JL, Godt MJW (1990) Allozyme diversity in plant species. In: *Plant Population Genetics, Breeding, and Genetic Resources* (eds Brown AHD, Clegg MT, Kahler AL), pp. 43–63. Sinauer Association Inc., Massachusetts.
- Hamrick JL, Godt MJW (1992) Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. *New Forest*, **6**, 95–124.
- Honjo M, Ueno S, Tsumura Y, Washitani I, Ohsawa R (2004) Phylogeographic study based on intraspecific sequence variation of chloroplast DNA for the conservation of genetic diversity in the Japanese endangered species *Primula sieboldii*. *Biological Conservation*, **120**, 215–224.
- Hu QM (胡启明) (1994) On the geographical distribution of the Primulaceae. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), **2** (4), 1–14. (in Chinese with English abstract)
- Ishihama F, Nakano C, Ueno S, Ajima M, Tsumura Y, Washitani I (2003) Seed set and gene flow patterns in an experimental population of an endangered heterostylous herb with controlled local opposite-morph density. *Functional Ecology*, **17**, 680–689.

- Jacquemyn H, Honnay O, Galbusera P, Roldan-Ruiz I (2004) Genetic structure of the forest herb *Primula elatior* in a changing landscape. *Molecular Ecology*, **13**, 211–219.
- Jin Y (金燕), Lu BR (卢宝荣) (2003) Sampling strategy of genetic diversity. *Biodiversity Science* (生物多样性), **11**, 155–161. (in Chinese with English abstract)
- Kitamoto N, Honjo M, Ueno S, Takenaka A, Tsumura Y, Washitani I, Ohsawa R (2005) Spatial genetic structure among and within populations of *Primula sieboldii* growing beside separate streams. *Molecular Ecology*, **14**, 149–157.
- Liang SL (梁树乐), Zhang QX (张启翔) (2004) Investigation on resources of the *Primula* L. in the Cangshan Mountains of Dali. *Journal of Laiyang Agricultural College* (莱阳农学院学报), **21**, 63–65. (in Chinese with English abstract)
- Liang SL (梁树乐) (2006) *Studies on the Introduction and Crossbreeding of Wild Primula L. from the Southwest of China* (我国西南地区部分野生报春的引种与杂交育种研究). PhD dissertation, Beijing Forestry University, Beijing. (in Chinese)
- Li B (李斌), Gu WC (顾万春), Lu BM (卢宝明) (2002) A study on phenotypic diversity of seeds and cones characteristics in *Pinus bungeana*. *Biodiversity Science* (生物多样性), **10**, 181–188. (in Chinese with English abstract)
- Li J (李进), Chen KY (陈可咏), Li BS (李渤生) (1998) The variation of genetic diversity of *Quercus aquifolioides* in different elevations. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), **40**, 761–767. (in Chinese with English abstract)
- Luo SB (罗少波), Li ZJ (李智军), Zhou WB (周微波), Kenichihida, Takehiko (1996) Technique for identification of heat tolerance in heading Chinese cabbage (中国蔬菜), **2**, 16–18. (in Chinese with English abstract)
- Ming J (明军), Gu WC (顾万春) (2006a) Genetic diversity in natural populations of *Syringa oblata* detected by AFLP markers. *Acta Horticulturae Sinica* (园艺学报), **33**, 1269–1274. (in Chinese with English abstract)
- Ming J (明军), Gu WC (顾万春) (2006b) Phenotypic variation of *Syringa oblata* Lindl. *Forest Research* (林业科学研究), **19**, 199–204. (in Chinese with English abstract)
- Nan P, Shi SH, Peng SL, Tian CJ, Zhong Y (2003) Genetic diversity in *Primula obconica* (Primulaceae) from central and south-west China as revealed by ISSR markers. *Annals of Botany*, **91**, 329–333.
- Richards J (1993) *Primula*. B. T. Bastford Ltd., London.
- Rossum F, Echchgadda G, Szabadi I, Triest L (2002) Commonness and long-term survival in fragmented habitats: *Primula elatior* as a study case. *Conservation Biology*, **16**, 1286–1295.
- Van Rossum F, Echchgadda G, Szabadi I, Triest L (2002) Commonness and long-term survival in fragmented habitats: *Primula elatior* as a study case. *Conservation Biology*, **16**, 1286–1295.
- Wang FY (王凤英), Ge XJ (葛学军), Hao G (郝刚), Hu QM (胡启明) (2005) Genetic diversity and differentiation in *Primula sikkimensis* (Primulaceae) in Himalayan-Hengduan Mountains. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), **13**, 149–153. (in the Chinese with English abstract)
- Washitani I, Ishihama F, Matsumura C, Nagai M, Nishihiro J, Ajima M (2005) Conservation ecology of *Primula sieboldii*: synthesis of information towards the prediction of the genetic/demographic fate of a population. *Plant Species Biology*, **20**, 3–15.
- Xue DW, Ge XJ, Hao G, Zhang CQ (2004) High genetic diversity in a rare, narrowly endemic Primrose species: *Primula interjacens* by ISSR analysis. *Acta Botanica Sinica*, **46**, 1163–1169.

(责任编辑: 葛颂 责任编辑: 周玉荣)