

# 四川天彭牡丹遗传多样性研究

甘 娜<sup>1,2</sup>, 陈 其 兵<sup>2</sup>, 罗 承 德<sup>3</sup>

(1. 四川师范大学 地理与资源科学学院, 四川 成都 610066; 2. 四川农业大学 风景园林学院, 四川 雅安 625014;

3. 四川农业大学 林学院, 四川 雅安 625014)

**摘 要:**以 20 个天彭牡丹品种为试材,通过野外调查与 ISSR 分子标记试验,研究了其遗传多样性。结果表明:天彭牡丹组内不同品种的表型变异较大,按照花色、花期、花型均可划分出不同的分类结果。20 个牡丹群体遗传多样性水平较高,平均 Nei's 基因多样性指数(He)为 0.3657,平均 Shannon 信息指数(I)为 0.4901,20 份材料的遗传相似系数为 0.44~0.94,平均遗传相似系数为 0.69,其中‘醉西施’与‘血丝红’最近,GS 为 0.94,‘红腰楼’的相似系数次之。聚类分析结果表明,聚类结果与花色相关性最大。可见,根据花色对天彭牡丹进行类别划分具有重要的实践和理论意义。

**关键词:**天彭牡丹;表型变异;分子标记;遗传多样性

**中图分类号:**S 685.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)09-0112-05

四川彭州市古称天彭,唐代已有牡丹栽培,南宋时栽培最盛,成为西南地区的栽培中心,是我国现代三大牡丹聚集区之一,也是我国牡丹西南品种群的分布中

心。陆游所作《天彭牡丹谱》中记载的 5 种紫花牡丹,极有可能来源四川牡丹(*P. szechuanica*)或四川牡丹和原有品种杂交而来,至于 4 种黄花类型也可能来源于四川道孚的野生牡丹类群。尽管如此,天彭牡丹的起源尚不清楚。目前,从彭州的地理位置上看离现在仍有野生牡丹分布的茂县和汶川很近,这有可能是天彭牡丹的来源<sup>[1]</sup>,但这还缺乏足够的理论依据。天彭牡丹是中国牡丹西南牡丹品种群的重要组成部分,以其植株高大、园艺化程度高、耐湿热等特点,成为普遍受关注的地域性牡丹品种。就天彭牡丹的分类而言,大多根据其花色、

**第一作者简介:**甘娜(1981-),女,四川富顺人,博士研究生,讲师,研究方向为城市规划与观赏园艺。E-mail:gan\_na1981@126.com.

**责任作者:**陈其兵(1963-),男,四川万源人,教授,博士生导师,研究方向为园林植物与观赏园艺。

**基金项目:**国家科技支撑计划资助项目(2008NZ0045);四川省科技厅重点资助项目(2009FZ0028)。

**收稿日期:**2013-12-12

## Study on Effect of Different Growth-regulators on Callus Induction of Cotyledon Explants About *Citrus rutaceae*

HU Xuan-ping<sup>1,2</sup>

(1. School of Biological Sciences and Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723000; 2. Shaanxi Key Laboratory of Bio-resources, Hanzhong, Shaanxi 723000)

**Abstract:** Taking *Citrus rutaceae* leaves as materials, the effect of 2,4-D, NAA, 6-BA, KT on the callus induction was researched. The results showed that, NAA, 2,4-D, 6-BA and KT had significant influence on callus induction from cotyledon explants and they contributed to callus induction for each dependent variable were 86.4%, 93.9%, 93.9% and 94.5%. The sequences that four growth-regulators exerted effect on expanding rate, expanding velocity, callus inducing rate and callus accumulating velocity were 2,4-D>NAA>6-BA>KT, KT>2,4-D>NAA>6-BA, 2,4-D>NAA>6-BA>KT, 2,4-D>KT>NAA>6-BA. Taking the comprehensive effect of various measurement variables into consideration, the appropriate culture condition about four growth-regulators combining for cotyledon explants of *Citrus rutaceae* was 2,4-D 1.0 mg/L+NAA 2.0 mg/L+6-BA 0.5 mg/L+KT 0.5 mg/L.

**Key words:** *Citrus rutaceae*; cotyledon; growth-regulators; callus

形态或花期等表型特征而定。这种分类方式的主要问题在于天彭牡丹表型变异较大<sup>[2]</sup>,分类结果也不一致。

简单重复序列区间(Inter Simple Sequence Repeat, ISSR)是检测物种内遗传变异的分子标记技术<sup>[3-9]</sup>,由于具备重复性好、多态性高的特点,所以应用于广泛遗传多样性及亲缘关系研究,并已成功应用于菊花品种<sup>[4-5]</sup>、云锦杜鹃<sup>[6]</sup>、景东报春<sup>[7]</sup>、牡丹<sup>[8-9]</sup>等观赏植物品种、种及种内类型等的鉴定。该研究通过 ISSR-PCR 扩增技术对天彭牡丹 5 个花色组、20 个品种开展遗传多样性分析,旨在探索揭示天彭牡丹的表型变异与 DNA 分子标记之间的相关性,并探索花色组及类型间的遗传分化、基因交流及亲缘关系,以期为天彭牡丹基因资源的保护及开发工作提供理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于彭州市丹景山,地处成都平原西北边缘。丹景山呈南北走向,东西为河床,南为平原,北为深丘,最高海拔 1 128 m,相对高差 400 m;悬崖峭壁少,规模小,多为缓坡。属亚热带湿润季风气候,雨量充沛,冬无严寒,夏无酷暑,四季分明,无霜期长,光照较同纬度地区偏少,温暖湿润,降水丰富而时空不均。年平均气温 15.7℃,极端最低温度为 -6.2℃,极端最高温度 36.9℃。年均降雨量 966.9 mm,年均蒸发量 964.9 mm,年均相对湿度 83%,无霜期 278 d。北部山区受地形影响而形成明显的垂直气候,复杂的气候环境为植物的生长发育、良种的培育创造良好的自然条件<sup>[2]</sup>。

### 1.2 试验材料

供试材料及其代码分别为‘红丹兰’(1)、“丹景红”(2)、“太平红”(3)、“丹景玉楼”(4)、“垫江红”(5)、“胭脂楼”(6)、“金腰楼”(7)、“醉西施”(8)、“血丝红”(9)、“红晕白”(10)、“彭州紫”(11)、“胭脂红”(12)、“紫绣球”(13)、“红腰楼”(14)、“七星玉”(15)、“五星玉”(16)、“烟雨重楼”(17)、“玫瑰香”(18)、“粉紫长条”(19)、“粉紫斑”(20)。2011 年 3 月在四川彭州丹景山野外采集新生叶片 5~10 g 与 50 g 硅胶共同于自封袋(纸质)中密封干燥,带回实验室,于 -70℃ 低温冰箱冷冻保存后备用。

美国 BioradiCycler 扩增仪、Biorad 凝胶成像仪、美国伯乐 BIORAD 电泳仪(槽)通用型、迷你离心机、超速离心机、高压灭菌锅和微量进样器等。

ISSR 引物采用加拿大哥伦比亚大学提供的序列(SetNo. 9, No. 801~900),由上海生工生物工程公司合成。dNTPs、buffer、MgCl<sub>2</sub> 和 Taq DNA 聚合酶等购自 TaKaRa 公司,(Marker)DL 2 000 为天为时代公司生产。琼脂糖为西班牙进口。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 野外调查 参照时玉娣<sup>[10]</sup>与孙钦花<sup>[11]</sup>的调查方

法,采用普查、重点调查和标准植株调查相结合的方法进行调查,了解天彭牡丹的分布情况。对初步确定调查的品种,选择立地条件、管理水平基本相似,株龄相当,病虫害较少的健壮植株<sup>[12]</sup>。选 5 株以上作为标准植株,并进行挂牌编号。标准植株的调查包括根据牡丹的株高、株型、当年生枝长、叶片颜色、叶片形状、叶柄长、小叶枚数、花径、花梗长、花色、花型、花瓣等形态特征。

1.3.2 分子标记 采用天根植物基因组提取试剂盒提取叶片 DNA,分装于 200  $\mu$ L 离心管中, -20℃ 保存,试验前取适量 DNA 用 TE 缓冲液稀释为 20 ng/ $\mu$ L。该试验选用 20 ng 作为天彭牡丹 ISSR 分析的适宜 DNA 模板浓度,选用 1.0  $\mu$ mol/L 引物浓度,选择 0.2 mmol/L dNTPs 为最适浓度,采用 42 为最佳循环参数,选择 48.0℃ 为最适合四川牡丹 ISSR-PCR 的退火温度。原初 ISSR 扩增的 25  $\mu$ L PCR 反应体积中,反应在美国伯乐公司生产的 PTC-220 PCR 仪中进行。采用 PCR 扩增程序:94℃ 预变性 5 min,94℃ 变性 45 s,45~60℃ (不同引物退火温度各异)复性 45 s,72℃ 延伸 90 s,42 个循环;72℃ 延伸 7 min;4℃ 保存。通过梯度退火试验,确定不同引物的退火温度。扩增产物在 1.6% 琼脂糖凝胶(1×TAE,含 0.5  $\mu$ g/mL 溴化乙锭)上进行电泳分析,于 Biorad 凝胶成像分析系统拍照保存。

### 1.4 数据分析

分析四川天彭牡丹的株高、当年生枝长、叶柄长、小叶枚数、花径等形态学特点,采用 Excel 2007 进行相关性状的变异范围、平均数、变异系数分析;采用 DPS 3.0 进行相关分析和聚类分析。在电泳图中,对获得清晰可重复的 DNA 条带进行二元数据统计:有带记为 1,无带记为 0,构成遗传多样性数据矩阵。

## 2 结果与分析

### 2.1 四川天彭牡丹表型变异特征

天彭牡丹现有的 20 个品种,包括新发现的红丹兰和丹景红在内,具有红、白、粉、紫、黑 5 个色系,其中红色品种 4 个,白色品种 6 个,粉色品种 7 个,紫色品种 1 个,墨紫色品种 2 个,粉色品种最多。20 个品种花朵均呈较大,花径为 16~21 cm;且大多数品种的花瓣基部具有紫红色斑。调查的 20 个天彭牡丹品种拥有单瓣、皇冠、荷花台阁、蔷薇台阁、皇冠台阁、分层台阁、球花台阁 7 种花型(5 亚型),其中台阁类品种有 9 种,占重瓣品种的 90%,花型演化程度高。天彭牡丹植株多为直立型和半开展型,当年生枝较长;花梗较长,有些品种的花在盛开时,花头微下垂或稍藏于叶丛中;部分品种具有玫瑰香味。天彭牡丹叶片长度均在 40 cm 以上,多为大型圆叶或大型长叶,伸展状况多为斜伸(与枝呈 30°~50°);2 回 3 出复叶,下表面近无毛,侧生小叶基明显不对称,总叶柄及 3 个顶生小叶叶柄长,侧生小叶开展角度大,故该

品种群的枝叶外观较稀疏。如表 1 所示,天彭牡丹现发现的 20 个品种中,表型变异较大,茎、叶片、花变异系数均小于 1,变异范围为 0.16~0.99,以花瓣数变异最大,花朵大小变异最小。

## 2.2 天彭牡丹形态学分类

将野外调查成果进行总结,对天彭牡丹种群内 20 个品种进行形态学分类。结果表明,如按照花期分类,此次调查的 20 个品种可分为早、中、晚 3 个花期,分别为早花 5 个品种,包括‘红晕白’、‘五星玉’、‘垫江红’、‘太平红’、‘红牡丹’;中花品种最多,包括‘七星玉’、‘胭脂红’、‘胭脂楼’、‘粉紫斑’、‘粉紫长条’、‘醉西施’、‘金腰楼’、‘血丝红’、‘红腰楼’、‘玫瑰香’、‘彭州紫’、‘紫绣球’、‘丹景红’共计 13 个品种;晚花仅‘丹景玉楼’、‘烟雨重楼’ 2 个品种。如果按照花色分类,天彭牡丹则可分为红、白、粉、紫、黑 5 个种类。而按照花型来分,则表现为‘红晕白’、‘五星玉’、‘七星玉’、‘垫江红’、‘胭脂红’、‘玫瑰香’、‘粉紫长条’、‘粉紫斑’、‘丹景红’属于单瓣型,‘彭州紫’、‘红牡丹’和‘胭脂楼’属于千层类台阁亚

类,唯独‘醉西施’属于楼子类单花亚类皇冠型,‘金腰楼’、‘丹景玉楼’、‘血丝红’、‘红腰楼’、‘太平红’、‘烟雨重楼’、‘紫绣球’则分别属于楼子类台阁亚类的皇冠台阁亚型、分层台阁亚型和球子台阁亚型。结合表 1 可以看出,天彭牡丹组内不同品种组内的表型变异较大。按照花色、花期、花型均划分出不同的分类结果。表明天彭牡丹组内基因的交流很大,要从亲缘关系来分类已经发现的 20 个天彭牡丹品种,需要进一步借助分子标记研究结果。

## 2.3 引物筛选和 ISSR 多态性

利用供试 20 种天彭牡丹材料对 76 对 ISSR 引物进行筛选,其中有 15 对引物的扩增产物有多态性,占供试引物的 19.7%。从中筛选出 8 对多态性高、重复性好的引物,7 个引物在 20 份供试样品中共扩增出 111 条清晰谱带,其中 67 条为多态性条带,多态位点百分率为 60.3%。不同引物的扩增产物呈现的多态性水平有较大差异。其中,多态性最高的为 76.4%,低的只有 46.7%,如表 2 所示。

表 1

天彭牡丹调查品种的表型变异特征

Table 1

The phenotypic variance of Tianpeng tree peony investigated

品种 Species	株高 Height /cm	茎 Stem		叶片 Leaf				花 Flower				
		株型 Type	当年生枝长 Branches length of 1 a/cm	颜色 Color	形状 Shape	叶柄长 Petiole length /cm	小叶枚数 No. of leaflet	花径 Diameter /cm	花梗 Pedicel /cm	花色 Color	花型 Type	花瓣 Petal /片
‘红牡丹’(1)	90.0	半开张	27.4	绿	圆形	21.2	9	16.1×8.9	7.97	紫红色	荷花台阁(亚)	12
‘丹景红’(2)	110.0	半开张	43.5	绿	圆形	20.8	9	16.9×12.0	1.0	粉红色	单瓣型	9
‘太平红’(3)	90.0	丛枝型	27.4	深绿色	卵形	10.7	9	12.4×8.8	7.9	红色偏蓝	分层台阁(亚)	5
‘丹景玉楼’(4)	200.0	开张	48.3	深绿色	阔椭圆形	16.8	15	13.8×11.0	1.0	白色	皇冠台阁(亚)	30
‘垫江红’(5)	90.0	直立	34.3	黄绿色	圆	19.8	9	15.1×7.5	6.9	红色偏蓝	单瓣型	14
‘胭脂楼’(6)	85.0	半开张	44.5	深绿色	圆	22.5	15(9)	16.6×10.7	8.8	胭脂红色或紫红色	蔷薇台阁(亚)	7
‘金腰楼’(7)	81.5	半开展	39.9	深绿色	阔椭圆形	20.0	9	17.1×10.4	8.7	粉红色	皇冠台阁(亚)	7
‘醉西施’(8)	123.0	半开张	35.3	深绿色	圆	18.5	9	13.3×5.8	9.3	粉白色	皇冠型或金环(亚)	10
‘血丝红’(9)	100.0	直立	45.3	绿色	圆	16.0	15	14.0×10.0	8.0	粉红色	皇冠台阁(亚)型	10
‘红晕白’(10)	99.0	直立	50.4	深绿	披针形	17.3	15	14.3×6.3	6.0	莹白色	单瓣	11
‘彭州紫’(11)	150.0	直立	39.3	深绿	圆	16.9	9	14.0×9.8	9.8	紫红色	荷花台阁(亚)	11
‘胭脂红’(12)	56.0	半开展	16.8	黄绿色	卵状披针形	10.5	9	6.5×3.6	3.9	胭脂红	单瓣	13
‘紫绣球’(13)	90.0	半开张	44.8	深绿	近阔倒卵形	18.5	9	16.4×13.8	9.3	墨紫红	球台阁(亚)	14
‘红腰楼’(14)	98.0	半开展	33.0	黄绿	倒披针形	22.7	9	16.8×11.5	15.5	粉红色	分层台阁(亚)	80
‘七星玉’(15)	86.0	直立	44.7	深绿	披针形	18.6	15	13.7×5.7	5.7	白色	单瓣	16
‘五星玉’(16)	109.0	直立	44.3	深绿	披针形	21.7	15	15.0×7.4	4.3	白色微带紫红色晕	单瓣	14
‘烟雨重楼’(17)	110.0	半开展	43.5	绿	圆	20.8	9	17.7×13.8	13.0	粉红色	分层台阁(亚)	50
‘玫瑰香’(18)	68.0	半开张	24.6		卵形至倒卵形	16.9	9	14.9×7.4	4.0	深紫色	单瓣	12
‘粉紫长条’(19)	70.0	直立	45.5	绿色	卵状披针形	20.0	9	15.9×8.0	9.3	粉紫色	单瓣	13
‘粉紫斑’(20)	125.0	半开张	71.0	深绿	披针形	15.9	15(9)	17.8×7.8	2.2	粉紫色	单瓣	15
最小值	56.0	—	16.8	—	—	10.5	9	6.5×3.6	3.9	—	—	5
最大值	200.0	—	71.0	—	—	22.7	15	17.8×13.8	15.5	—	—	80
平均值	101.5	—	40.79	—	—	18.30	11.1	14.9×9.0	8.22	—	—	17.7
标准误	31.55	—	11.47	—	—	3.36	2.94	2.51×2.7	3.35	—	—	17.6
变异系数	0.31	—	0.28	—	—	0.18	0.26	0.16×0.3	0.41	—	—	0.99

表 2  
Table 2

7 个具有多态性的 ISSR 引物  
7 ISSR primers with polymorphic bands

引物	序列	扩增条带数	多态性条带数	多态性百分率/%	特异条带数
ISSR 810	GAG AGA GAG AGA GAG AT	15	7	46.7	—
ISSR 812	GAG AGA GAG AGA GAG AA	17	11	64.7	—
ISSR 825	ACA CAC ACA CAC ACA CT	18	10	55.6	—
ISSR 840	GAG AGA GAG AGA GAG AYT	17	13	76.4	—
ISSR 861	ACC ACC ACC ACC ACC ACC	15	9	60.0	—
ISSR 864	ATG ATG ATG ATG ATG ATG	13	7	53.8	—
ISSR 880	GGA GAG GAG AGG AGA	16	10	62.5	—
合计		111	67	60.3	—
平均		13.9	8.4	60.4	—

2.4 遗传多样性分析

采用 POPGENE 对 ISSR-PCR 的二元数据矩阵进行统计,结果显示,20 个牡丹的平均 Nei's 基因多样性指数 (He) 为 0.3657,平均 Shannon 信息指数 (I) 为 0.4901,各位点具有不同程度的遗传多样性,就各位点而言,其遗传多样性程度也存在较大差别,这表明 20 个牡丹群体遗传多样性水平较高。

根据 ISSR 标记数据计算 20 个品种间的遗传相似系数,20 份材料的遗传相似系数为 0.44~0.94,平均遗传相似系数为 0.69。其中‘醉西施’(8)与‘血丝红’(9)最近,GS 为 0.94,并与‘红腰楼’(14)的相似系数仅次之,这一结果与表 2 天彭牡丹形态学分类中按照花色分类的结果吻合。遗传相似系数较近的‘醉西施’和‘血丝红’以及‘红腰楼’3 个品种都为粉色系。新品种‘红丹兰’与‘胭脂红’(12)‘紫绣球’(13)遗传相似系数较近,分别为 0.72 和 0.78;与丹景红遗传相似系数较近的为‘醉西施’(8)。与这 20 个品种的形态学分类比较发现,按照花色形态分类的粉色系的‘粉紫斑’(20)‘粉紫长条’(19)‘醉西施’(8)‘金腰楼’(7)‘血丝红’(9)‘红腰楼’(14)‘烟雨重楼’(17)‘丹景红’(2)的 8 个天彭牡丹品种间以及黑色系的‘紫绣球’(13)和‘玫瑰香’(18)遗传相似系数较高。而按照其它形态学划分出的天彭牡丹种间遗传相似系数相对较低。

2.5 聚类分析

利用 NTSYSpc 2.10 进行 Jaccard 相似性系数分析遗传相似系数 (Genetic similarity, GS),通过非加权配对算术平均法 UPGMA (Unweighted pair group method arithmetic averages) 进行聚类分析,并绘制树状聚类图,如图 1 所示。

由图 1 可以看出,ISSR 标记能将供试的 20 份牡丹品种相互区分开来。在遗传相似系数变幅为 0.66~0.70 时,20 份牡丹材料被聚为三大组,第一大组为红紫组,包括‘太平红’(3)‘胭脂红’(12)‘彭州紫’(11)‘紫绣球’(13)‘玫瑰香’(18)‘红丹兰’(1)等 6 个品种;第二大组为粉色组,包括‘醉西施’(8)‘血丝红’(9)‘红腰楼’(14)‘丹景红’(2)‘丹景玉楼’(4)‘垫江红’(5)‘

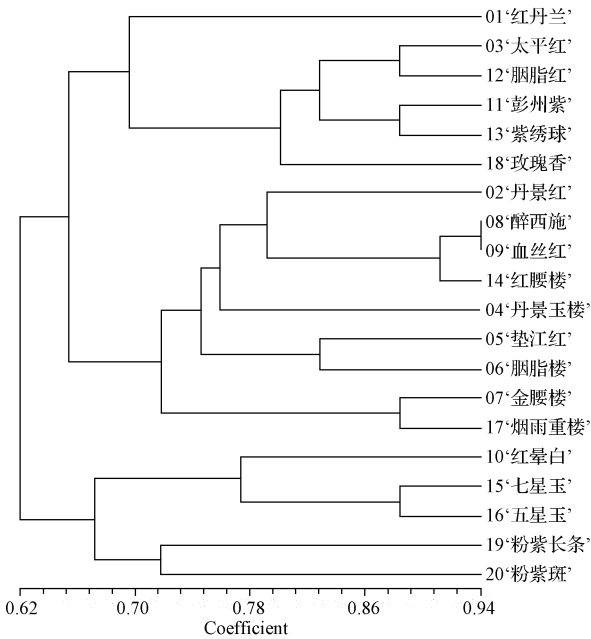


图 1 20 个供试品种材料树状聚类分析

Fig. 1 Dendrogram showing the relationship between 20 plants ‘胭脂楼’(6)‘金腰楼’(7)‘烟雨重楼’(17)等 9 个品种;第三大组为白色组,包括有‘红晕白’(10)‘七星玉’(15)‘五星玉’(16)‘粉紫长条’(19)‘粉紫斑’(20)等 5 个品种。在第一大组中花色为紫色的‘红丹兰’与紫黑色的‘玫瑰香’遗传差异最大,红色的‘太平红’与‘胭脂红’以及紫色的‘彭州紫’与‘紫绣球’遗传差异最小,即它们之间有较近的亲缘关系。综合来看该组品种花色以红紫色为主。第二大组中,‘醉西施’与‘血丝红’相似度最高,与‘红腰楼’以及‘丹景红’聚在一起,花色都为粉色,该组中还有‘垫江红’‘金腰楼’‘烟雨重楼’都为粉色,可将其定性为粉色组。第三大组中花色为白色的‘七星玉’与‘五星玉’以及‘红晕白’聚在一起,粉白色的‘粉紫长条’‘粉紫斑’聚在一起。该组花色以白色为主。聚类结果根据花色将 20 个品种聚为 3 类,表明了分子水平的遗传多样性与主要农艺性状间的遗传多样性有密切的相关性。



### 3 结论与讨论

该研究结果表明,20个天彭牡丹种群内的遗传相似系数为0.44~0.94,平均遗传相似系数为0.69,但是平均Shannon信息指数(I)为0.4901,各位点遗传多样性程度不同。表明天彭牡丹20个品种群体遗传多样性水平相对较高。聚类分析结果表明,尽管天彭牡丹品种间的亲缘关系较近,但是聚类分析所划分的大类群与形态分类学只是一定的相关性,并不完全一致。这说明,天彭牡丹在自然条件和人工栽培双重作用下,遗传构成不断发生变化。作为人工选择的重点目标性状,花色、花型和花期等主要性状遗传多样性十分丰富,由此而产生的遗传多样性位点往往也与这些性状相关。故在研究人工栽培种群的分类学地位及遗传多样性时,要重点考虑人工选择的目标性状。

该研究的聚类结果与花色相关性最大,通过分子标记划分遗传距离辨别分析发现,花色组的分类准确率最高,达到86.7%。充分表明花色是彭州地区对牡丹进行人工选择或人工培育的首要目标。花色组的划分在ISSR分子水平上进一步得到了验证。但是,花色组内也发生了一定程度的遗传分化,这是导致聚类分析中某些品种按花色聚为一类,而根据其它表型则不聚为一类的重要原因。表型是环境和基因共同作用的结果,在这里,将分子标记研究结果与前面开展表型变异研究(表1)基础进行比较分析,不难发现,由于20种天彭牡丹所处生境大致相同,因此,前期研究成果中所体现的表型

变异则主要是由不同种基因序列决定。

#### 参考文献

- [1] 成仿云. 中国紫斑牡丹[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [2] 曹洋. 天彭牡丹品种资源调查及评价[D]. 雅安: 四川农业大学, 2007.
- [3] 邱英雄, 胡绍庆, 陈跃磊, 等. ISSR-PCR技术在桂花品种分类研究中的应用[J]. 园艺学报, 2004, 31(4): 529-532.
- [4] 缪恒彬, 陈发棣, 赵宏波, 等. 应用ISSR对25个小菊品种进行遗传多样性分析及指纹图谱构建[J]. 中国农业科学, 2008, 41(11): 3735-3742.
- [5] 缪恒彬, 陈发棣, 赵宏波. 85个大菊品种遗传关系的ISSR分析[J]. 园艺学报, 2007, 34(5): 1243-1248.
- [6] 金则新, 李钧敏, 顾奇萍. 云锦杜鹃自然居群遗传多样性的ISSR分析[J]. 园艺学报, 2006, 33(6): 1263-1267.
- [7] 薛大伟, 张长芹, 黄媛, 等. 云南无量山报春花种质资源的调查[J]. 园艺学报, 2003, 30(4): 476-478.
- [8] 陈向明, 郑国生, 孟丽. 不同花色牡丹品种亲缘关系的侧护RAPD-PCR分析[J]. 中国农业科学, 2002, 35(5): 546-551.
- [9] 陈向明, 郑国生, 张圣旺. 牡丹栽培品种的RAPD分析[J]. 园艺学报, 2001, 28(4): 370-372.
- [10] 时玉娣. 樱属品种资源调查及分类研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [11] 孙钦花. 南京地区蜡梅品种资源调查和分类研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [12] 曾明颖. 四川省桂花品种调查和分类研究[J]. 西南科技大学学报, 2006, 21(1): 113-118, 126.
- [13] 成仿云, 陈德忠. 紫斑牡丹新品种选育及牡丹品种分类研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(2): 27-32.
- [14] 李嘉珏. 中国牡丹起源的研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(2): 22-26.

## Research on the Genetic Diversity of Tianpeng Tree Peony

GAN Na<sup>1,2</sup>, CHEN Qi-bing<sup>2</sup>, LUO Cheng-de<sup>3</sup>

(1. The Faculty of Geography Resources Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu, Sichuan 610066; 2. College of Landscape Architecture, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014; 3. Faculty of Forestry, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014)

**Abstract:** Taking 20 kinds of Tianpeng tree peony as materials, the genetic diversity of 20 kinds of Tianpeng tree peony were studied through field survey and ISSR molecular markers. The results showed that, different species groups Tianpeng tree peony had larger phenotypic variation within group. In accordance with the color, flowering, flowers were divided into different classification results. 20 Peony groups had high level of genetic diversity, the average Nei's genetic diversity index (He) was 0.3657, the average Shannon's information index (I) was 0.4901. 20 copies of the genetic similarity coefficient was from 0.44 to 0.94, the average genetic similarity coefficient was 0.69. 'Drunk beauties' and 'bloodshot red' had closely similarity coefficient, which GS was 0.94, and 'red waist floor' was secondary. The cluster analysis showed that the clustering results had significant correlation with color. It was important practical and theoretical significance to classify Tianpeng tree peony according to the color of its flower.

**Key words:** Tianpeng tree peony; phenotypic variation; molecular markers; genetic diversity