

紫薇品种表型多样性分析

王业社¹, 侯伯鑫², 索志立³, 刘桃花¹, 陈立军¹, 杨贤均¹

(¹邵阳学院城市建设系, 湖南邵阳 422004; ²湖南省紫薇花木研究所, 邵阳 422001;

³中国科学院植物研究所系统与进化植物学国家重点实验室, 北京 100093)

摘要:对 111 个紫薇品种的 17 个表型分类性状多样性进行了研究。结果表明, 紫薇品种具有丰富的表型多样性, 平均遗传多样性指数为 0.707。总体上是数量性状形态多样性指数大于质量性状, 其中花色、瓣爪色 2 个质量性状和花径、着花数、花序长、花序宽、种子千粒重 5 个数量性状变异明显, 其多样性指数分别大于 1.2 和 1.4。不同紫薇品种群表型性状多样性差异明显, 多样性指数由高到低依次为: 红薇品种群($H' = 0.838$)、堇薇品种群($H' = 0.823$)、银薇品种群($H' = 0.696$)、矮生品种群($H' = 0.604$)、复色品种群($H' = 0.573$)。通过主成分分析, 上述 2 个质量性状和 5 个数量性状主成分的贡献率为 67.70%, 包括花序长、花序宽、着花数、花色数、花色、种子千粒重、瓣爪色、叶色、小枝四棱、花香、花径等 11 个形态性状指标, 代表了紫薇品种表型分类性状的综合特征。基于表型形态性状, 111 个紫薇品种可聚类为 5 大类群, 其遗传聚类与花色及株型关系密切, 4 个以花色为主要分类性状的品种群总体演化趋势是: 堇薇品种群→红薇品种群→银薇品种群→复色品种群。

关键词:紫薇品种; 遗传多样性; 形态性状; 聚类分析

Phenotypic Diversity of *Lagerstroemia indica* Cultivars

WANG Ye-she¹, HOU Bo-xin², SUO Zhi-li³, LIU Tao-hua¹, CHEN Li-jun¹, YANG Xian-jun¹

(¹Department of City Construction, Shaoyang University, Shaoyang Hunan 422004;

²Hunan Crape Myrtle Institute, Shaoyang 422001;

³State Key Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Abstract: The research team studied the diversity of 17 phenotypic classification characters of 111 *Lagerstroemia indica* cultivars. The results showed that *L. indica* cultivars were rich in phenotypic diversity, with mean diversity index (Shannon's index, H') of 0.707. On the whole, the morphological diversity index of quantitative trait was greater than that of qualitative trait. We noted significant variation in both 2 qualitative characteristics (color, claw color) and 5 quantitative characteristics (flower diameter, flower number, length and width of inflorescence, 1000-seed weight), with H' being greater than 1.2 and 1.4 respectively. The degree of phenotypic genetic diversity among different groups of *L. indica* cultivars varied considerably. The diversity index from high to low: *L. indica* Rubra Group ($H' = 0.838$), *L. indica* Amabilis Group ($H' = 0.823$), *L. indica* Alba Group ($H' = 0.696$), *L. indica* dwarf Group ($H' = 0.604$), *L. indica* Bicolor Group ($H' = 0.573$). Based on principal component analysis, the contribution rate of the principal components of 2 qualitative traits and 5 quantitative traits was estimated to be 67.70%, including the inflorescence length, inflorescence width, number of flowers, number of flower colors, flower color, 1000-seed weight, claw color, leaf color, branchlet four prism, potpourri, and flower diameter (11 morphological trait index in total), which represented the traits of the phenotypic classification of *L. indica* varieties. Based on the traits of phenotypic classification, the 111 *L. indica* varieties could fall into five groups, and the genetic clustering was closely

收稿日期: 2014-02-14 修回日期: 2014-04-14 网络出版日期: 2014-12-11

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20141211.2222.021.html>

基金项目: 湖南省科技厅计划项目(2013NK4106); 湖南省林业科技计划项目(XLK201157)

第一作者主要研究方向为园林植物与观赏园艺研究。E-mail: wangyeshc001@163.com

通信作者: 侯伯鑫, 主要从事花木育种、园艺栽培。E-mail: h5578725@163.com

related to color and plant type. The general evolutionary trend of 4 cultivar groups with color as the main classification traits was: from *L. indica* Amabilis Group to *L. indica* Rubra Group, then to *L. indica* Alba Group, and finally to *L. indica* Bicolor Group.

Key words: *Lagerstroemia indica* cultivar; genetic diversity; morphological characteristic; clustering analysis

紫薇 (*Lagerstroemia indica*) 是我国特产的千屈菜科 (Lythraceae) 紫薇属落叶乔木或灌木, 具有花期长, 花色艳丽, 品种繁多, 抗污染等优点, 因此深受人们的喜爱, 在我国已有 1500 多年的历史, 全国各地普遍栽培, 已成为夏季重要观赏花木^[1]。

早在 20 世纪 80 年代, 我国就开展了对紫薇品种资源的收集和保存工作。首先范银山^[2]对武汉地区的紫薇品种资源进行了调查, 报道了 13 个品种。其后, 王献^[3]、田苗^[4]对我国紫薇品种资源进行了较系统的调查研究, 分别报道了 48 个和 53 个品种。近年来, 刘龙昌等^[5]对河南西部的紫薇品种资源进行了调查, 报道了 29 个品种, 孙洪美等^[6]对山东省的紫薇品种资源进行全面系统的研究, 报道了 39 个品种, 黄建民等^[7-9]对邵阳市紫薇品种资源进行较系统调查, 报道了 100 个品种。

目前, 有关紫薇种质资源遗传多样性研究有一定的报道, 但主要是利用各种分子标记来分析与评价我国或某地区紫薇野生种质及部分品种资源的遗传多样性^[10-12]。顾翠花等^[13]以采集天然群体紫薇样品作为试材, 对紫薇群体间和群体内的表型多样性进行研究, 结果表明紫薇表型性状在群体间存在丰富的变异。但至今缺少对我国大多数紫薇品种表型形态性状遗传多样性的研究报道。紫薇品种是种质资源的重要组成部分, 研究了解我国紫薇品种多方面的遗传多样性特点, 对于充分发掘和利用现有紫薇种质资源, 合理选配亲本用于新品种选育, 拓宽紫薇品种遗传基础, 构建和保护紫薇核心种质等方面具有十分重要的意义^[14]。

湖南是我国目前紫薇品种最多的省份^[7-9], 本文利用品种的表型分类性状, 对湖南省紫薇花木研究所从国内、省内及国外引进的 111 个紫薇品种进行了遗传多样性分析, 旨在了解我国紫薇品种表型性状遗传多样性的特点, 为我国紫薇品种分类、遗传育种、种质资源的科学保护和利用提供基础理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为 111 个紫薇品种 (表 1), 来自湖南

省紫薇花木研究所近年来最新搜集的国内、省内及国外引进的品种。其中堇薇品种群 (*L. indica* Amabilis Group) 36 个、红薇品种群 (*L. indica* Rubra Group) 30 个、银薇品种群 (*L. indica* Alba Group) 14 个、复色品种群 (*L. indica* Bicolor Group) 23 个、矮生品种群 (*L. indica* dwarf Group) 8 个; 国产品种有 108 个, 从美国引进品种有 3 个。

1.2 试验设计

试验于 2010 - 2013 年在湖南省紫薇花木研究所在邵阳市建立的紫薇品种园进行。该品种园采取随机区组方式种植, 单行区, 株距 3.5 m, 行距 4 m, 3 次重复, 高畦栽培, 常规管理。所有的试验材料均为 6 ~ 8 年, 在紫薇植物学性状较为明显的 6-11 月, 对各品种表型性状进行调查和统计。每小区选取 10 株进行调查, 计算时取不同年份数据的平均值。调查性状包括 12 个质量性状 (株型、枝型、小枝四棱、小枝具翅、叶形、叶色、花色、瓣爪色、花色数、花香、果实形状、花期) 和 5 个数量性状 (花径、着花数、花序长、花序宽、种子千粒重)。用直尺或游标卡尺测量长度; 用电子天秤测量重量; 用国际通用的英国皇家园艺学会比色卡 (RHSCC, Royal Horticultural Society Colour Chart, 2001 年版) 进行颜色测量, 并记录其数字编码。紫薇品种形态性状调查根据《植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南 紫薇》进行^[15] (表 2)。

1.3 数据处理

质量性状均以 1 ~ 9 级进行赋值标准化处理以便于统计分析 (表 3), 数量性状根据平均值 (\bar{X}) 和标准差 (δ) 分为 10 级, 1 级 $< \bar{X} - 2\delta$, 10 级 $\geq \bar{X} + 2\delta$, 中间每级相差 0.5δ ^[16-17]。各性状的遗传多样性采用 Shannon's 信息指数 (H') 进行评价。 $H' = -\sum P_i \ln P_i$, P_i 表示第 i 种变异类型出现的频率, 用所有相应性状 H' 的平均值表示一组或所有种质的遗传多样性程度^[18]。试验数据采用 Excel 统计并计算各性状的最大值、最小值、平均值、极差和变异系数。使用 SAS 软件对表型数据进行聚类分析和主成分分析, 在聚类过程中, 种质间距为欧氏距离 (euclidean distance), 聚类方法采用离差平方和法 (sum of squares of deviations)。

表 1 111 个紫薇品种名称及来源

Table 1 Names and origins of 111 *Lagerstroemia indica* varieties

序号 Number	品种名 Varietal name	来源地 Origin	序号 Number	品种名 Varietal name	来源地 Origin
1	蔷薇 <i>L. indica</i> 'Jin Wei'	湖南长沙	57	翠盘红粉 <i>L. indica</i> 'Cuipan Hongfen'	湖南邵阳
2	皱瓣蔷薇 <i>L. indica</i> 'Zhouban Jinwei'	湖南长沙	58	多花粉 <i>L. indica</i> 'Duohua Fen'	湖南邵阳
3	垂枝紫 <i>L. indica</i> 'Chuizhi Zi'	湖南浏阳	59	红爪多花粉 <i>L. indica</i> 'Hongzhao Duohua Fen'	湖南邵阳
4	多花紫 <i>L. indica</i> 'Duohuo Zi'	湖南浏阳	60	红爪粉 <i>L. indica</i> 'Hongzhao Fen'	湖南邵阳
5	红爪蔷薇 <i>L. indica</i> 'Hongzhao Jinwei'	湖南浏阳	61	直萼红爪粉 <i>L. indica</i> 'Zhie Hongzhao Fen'	湖南邵阳
6	紫霞 <i>L. indica</i> 'Zi Xia'	湖南常德	62	垂枝粉 <i>L. indica</i> 'Chuizhi Fen'	湖北武汉
7	紫玉 <i>L. indica</i> 'Zi Yu'	湖南常德	63	平枝粉 <i>L. indica</i> 'Pingzhi Fen'	湖北武汉
8	蓝紫 <i>L. indica</i> 'Lan Zi'	湖南常德	64	直枝粉 <i>L. indica</i> 'Zhizhi Fen'	湖北武汉
9	平枝紫 <i>L. indica</i> 'Pingzhi Zi'	湖南长沙	65	红火箭 <i>L. indica</i> 'Red Rocket'	美国
10	直枝紫 <i>L. indica</i> 'Zhizhi Zi'	湖南长沙	66	红火球 <i>L. indica</i> 'Dynamite'	美国
11	长柄蔷薇 <i>L. indica</i> 'Changbin Jinwei'	湖南邵阳	67	红叶紫薇 <i>L. indica</i> 'Pink Velour'	美国
12	大花翠盘蔷薇 <i>L. indica</i> 'Dahua Cuipan Jinwei'	湖南邵阳	68	紫爪玫瑰红 <i>L. indica</i> 'Zizhao Meigui Hong'	湖南邵阳
13	紫萼蔷薇 <i>L. indica</i> 'Zie Jinwei'	湖南邵阳	69	翠盘紫红 <i>L. indica</i> 'Cuipang Zihong'	湖南邵阳
14	红筋紫环蔷薇 <i>L. indica</i> 'Hongjin Zihuan Jinwei'	湖南邵阳	70	白密香 <i>L. indica</i> 'Bai Mi Xiang'	湖南长沙
15	珊瑚蔷薇 <i>L. indica</i> 'Shanhu Jinwei'	湖南邵阳	71	大花白 <i>L. indica</i> 'Da Hua Bai'	湖南邵阳
16	长爪珊瑚蔷薇 <i>L. indica</i> 'Changzhao Shanhu Jinwei'	湖南邵阳	72	紫环 <i>L. indica</i> 'Zi Huan'	湖南邵阳
17	多花萼秀 <i>L. indica</i> 'Duohua Jinxiu'	湖南邵阳	73	淡紫环 <i>L. indica</i> 'Danzhuan'	湖南邵阳
18	多花紫环萼秀 <i>L. indica</i> 'Duohua Zihuan Jinxiu'	湖南邵阳	74	福建杂种白 <i>L. indica</i> 'Fujian Zazhongbai'	福建福州
19	建民紫 <i>L. indica</i> 'Jianmin Zi'	湖南邵阳	75	白云映霞 <i>L. indica</i> 'Baiyun Yinxia'	湖南长沙
20	宝庆紫 <i>L. indica</i> 'Baoqing Zi'	湖南邵阳	76	垂枝白 <i>L. indica</i> 'Chuizhi Bai'	湖南长沙
21	宝庆淡紫 <i>L. indica</i> 'Baoqing Danzi'	湖南邵阳	77	平枝白 <i>L. indica</i> 'Pingzhi Bai'	河南郑州
22	湘紫 <i>L. indica</i> 'Xiang Zi'	湖南邵阳	78	直枝白 <i>L. indica</i> 'Zhizhi Bai'	河南郑州
23	红环直枝紫 <i>L. indica</i> 'Honghuan Zhizhi Zi'	湖南邵阳	79	冰清玉蝶 <i>L. indica</i> 'Bingqing Yudie'	贵州贵阳
24	大花直枝紫 <i>L. indica</i> 'Dahua Zhizhi Zi'	湖南邵阳	80	紫爪银薇 <i>L. indica</i> 'Zizhao Yinwei'	贵州贵阳
25	红爪直枝紫 <i>L. indica</i> 'Hongzhao Zhizhi Zi'	湖南邵阳	81	小花银薇 <i>L. indica</i> 'Xiaohua Yinwei'	四川成都
26	淡爪蔷薇 <i>L. indica</i> 'Danzhao Jinwei'	湖南邵阳	82	长爪小花银薇 <i>L. indica</i> 'Changzhao Xiaohua Yinwei'	湖南邵阳
27	小花垂枝紫 <i>L. indica</i> 'Xiaohua Chuizhi Zi'	湖南邵阳	83	多花直枝白 <i>L. indica</i> 'Duohua Zhizhi Bai'	湖南邵阳
28	红爪深紫 <i>L. indica</i> 'Hongzhao Shenzi'	湖南邵阳	84	银边蔷薇 <i>L. indica</i> 'Yinbian Jinwei'	湖南邵阳
29	长爪紫 <i>L. indica</i> 'Changzhao Zi'	湖南邵阳	85	银边翠盘蔷薇 <i>L. indica</i> 'Yinbian Chuipan Jinwei'	湖南邵阳
30	大花紫 <i>L. indica</i> 'Dahua Zi'	湖南邵阳	86	多花紫云 <i>L. indica</i> 'Duohua Ziyun'	湖南邵阳
31	红萼紫 <i>L. indica</i> 'Hongze Zi'	湖南邵阳	87	大花紫云 <i>L. indica</i> 'Dahua Ziyun'	湖南邵阳
32	红蕾 <i>L. indica</i> 'Honglei'	湖南邵阳	88	大花晚紫 <i>L. indica</i> 'Dahua Wanzi'	湖南邵阳
33	平盘紫 <i>L. indica</i> 'Pingpan Zi'	湖南邵阳	89	大花淡爪晚紫 <i>L. indica</i> 'Dahua Danzhao Wanzi'	湖南邵阳
34	紫爪蔷薇 <i>L. indica</i> 'Zizhao Jinwei'	湖南邵阳	90	红筋晚紫 <i>L. indica</i> 'Hongjin Wanzi'	湖南邵阳
35	花叶紫 <i>L. indica</i> 'Huaye Ziwei'	湖南邵阳	91	淡爪晚紫 <i>L. indica</i> 'Danzhao Wanzi'	湖南邵阳
36	直萼蔷薇 <i>L. indica</i> 'Zhie Jinwei'	湖南邵阳	92	大花朝露 <i>L. indica</i> 'Dahua Zhaolu'	湖南吉首
37	建民红 <i>L. indica</i> 'Jianmin Hong'	湖南邵阳	93	双色红薇 <i>L. indica</i> 'Shuangse Hongwei'	湖南邵阳
38	小花建民红 <i>L. indica</i> 'Xiaohua Jianmin Hong'	湖南邵阳	94	湘女多情 <i>L. indica</i> 'Xiangnv Duoqing'	湖南邵阳
39	宝庆红 <i>L. indica</i> 'Baoqing Hong'	湖南邵阳	95	粉湘女 <i>L. indica</i> 'Fen Xiangnv'	湖南邵阳
40	湘红 <i>L. indica</i> 'Xiang Hong'	湖南邵阳	96	芙蓉面 <i>L. indica</i> 'Furongmian'	江西南昌
41	玫瑰红 <i>L. indica</i> 'Meigui Hong'	湖南邵阳	97	俏佳人 <i>L. indica</i> 'Qiao Jiaren'	湖北武汉
42	红蝶飞舞 <i>L. indica</i> 'Hongdie Feiwu'	四川成都	98	粉绣球 <i>L. indica</i> 'Fen Xiuqiu'	湖南衡阳
43	绿爪红蝶 <i>L. indica</i> 'Lvzhao Hongdie'	湖南邵阳	99	小花杂种粉 <i>L. indica</i> 'Xiaohua Zazhong Fen'	湖南邵阳
44	红彤彤 <i>L. indica</i> 'Hongtongtong'	湖南邵阳	100	小花幻粉流云 <i>L. indica</i> 'Xiaohua Huafen Liuyun'	湖南邵阳
45	红珊瑚 <i>L. indica</i> 'Hongshanhu'	湖南邵阳	101	大花杂种粉 <i>L. indica</i> 'Dahua Zazhong Fen'	湖南邵阳
46	彩霞满天 <i>L. indica</i> 'Caixia Miantian'	四川成都	102	大花二八年华 <i>L. indica</i> 'Dahua Eba Nianhua'	湖南邵阳
47	建民粉 <i>L. indica</i> 'Jianmin Fen'	湖南邵阳	103	多色粉 <i>L. indica</i> 'Duose Fen'	湖南邵阳
48	小花粉 <i>L. indica</i> 'Xiaohua Fen'	湖南邵阳	104	双色蔷薇 <i>L. indica</i> 'Shuangse Jinwei'	湖南邵阳
49	粉珊瑚 <i>L. indica</i> 'Fen Shanhu'	湖南邵阳	105	银边粉 <i>L. indica</i> 'Yinbian Fen'	湖南邵阳
50	粉蝴蝶 <i>L. indica</i> 'Fen Hudie'	湖南邵阳	106	银边红 <i>L. indica</i> 'Yinbian Hong'	湖南吉首
51	大花粉蝴蝶 <i>L. indica</i> 'Dahua Fen Hudie'	湖南邵阳	107	矮生直枝红 <i>L. indica</i> 'Aisheng Zhizhi Hong'	湖南浏阳
52	粉晶 <i>L. indica</i> 'Fenjin'	四川成都	108	矮生直枝粉 <i>L. indica</i> 'Aisheng Zhizhi Fen'	湖南浏阳
53	大花粉晶 <i>L. indica</i> 'Dahua Fenjin'	湖南邵阳	109	矮生红 <i>L. indica</i> 'Aisheng Hong'	湖南浏阳
54	翠盘淡爪粉晶 <i>L. indica</i> 'Cuipan Danzhao Fenjin'	湖南邵阳	110	矮生垂枝粉 <i>L. indica</i> 'Aisheng Chuizhi Fen'	湖南浏阳
55	黄药粉晶 <i>L. indica</i> 'Huangyao Fenjin'	湖南邵阳	111	矮生直枝紫 <i>L. indica</i> 'Aisheng Zhizhi Zi'	湖南浏阳
56	直萼粉晶 <i>L. indica</i> 'Zhie Fenjin'	湖南邵阳			

表2 紫薇品种主要形态性状、鉴定标准及测量方法

Table 2 The main morphological characters, identification standard and measuring method of *Lagerstroemia indica* cultivars

编码 Code	形态性状 Morphological characters	记载标准及分级 Criteria for recording and classification	测量方法 Measurement method
1	株型 PT	1:乔木;2:灌木;3:矮生	用直尺测量分类
2	枝型 BT	1:开展;2:直立或半直立;3:垂枝	目测
3	小枝四棱 BFP	1:四棱不明显;2:四棱明显	目测
4	小枝具翅 BWW	1:无具翅;2:微具翅;3:具翅明显	目测
5	叶形 LS	1:椭圆形;2:长椭圆形;3:倒卵形;4:披针形	目测
6	叶色 LC	1:绿色;2:红色;3:复色	比色卡
7	花色 FC	1:白色;2:紫色;3:紫红色;4:蓝紫色;5:浅紫罗兰; 6:红色;7:粉红色;8:浅粉红色;9:洒金色或复色	比色卡
8	瓣爪色 DCC	1:浅绿色;2:浅粉红色;3:粉红色;4:紫红色;5:紫色; 6:紫罗兰;7:浅紫罗兰;8:浅黄绿色;9:红色	比色卡
9	花色数 TNOFC	1:1种色;2:2种色	目测
10	花香 P	1:无;2:淡香;3:浓香	嗅觉
11	果实形状 SS	1:圆形;2:椭圆形;3:圆形或椭圆形	目测
12	花期 F	1:早花期;2:中花期 F;3:晚花期	记录
13	花径 FD	10次平均值	游标卡尺
14	着花数 NOF	10次平均值	计数
15	花序长 IL	10次平均值	直尺
16	花序宽 IW	10次平均值	直尺
17	种子千粒重 1000-SW	1000粒种子重量,重复3次平均	电子天秤

PT: Plant type, BT: Branch type, BFP: Branchlet four prism, BWW: Branchlet with wings, LS: Leaf shape, LC: Leaf color, FC: Flower color, DCC: Disc claw color, TNOFC: The Number of flower color, P: Potpourri, SS: Seed shape, F: Flowering, FD: Flower diameter, NOF: Number of flower, IL: Inflorescence long, IW: Inflorescence width, 1000-SW: 1000-seed weight, The same as below

表3 紫薇品种质量性状频率分布及多样性

Table 3 The frequency distribution and diversity of qualitative characteristics of *Lagerstroemia indica* cultivars

形态性状 Morphological character	频率(%) Frequency									多样性指数 H'	F 值 F value
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
株型 PT	90.09	2.70	7.21							0.381	3.699 *
枝型 BT	60.36	36.04	3.60							0.792	5.985 **
小枝四棱 BFP	1.80	98.20								0.090	0.109
小枝具翅 BWW	1.80	98.20								0.090	16.703 **
叶形 LS	83.78	8.11	6.31	1.80						0.599	1.192
叶色 LC	98.20	0.90	0.90							0.103	5.560 **
花色 FC	12.61	18.92	8.11	1.80	9.91	2.70	22.52	1.80	21.62	1.918	2.330
瓣爪色 DCC	90.01	7.21	25.23	51.35	2.70	1.80	0.90	0.90	0.90	1.271	0.667
花色数 NOFC	78.38	20.72								0.517	0.656
花香 P		98.20	1.80							0.090	0.109
果实形状 FS	46.85	50.45	2.70							0.800	0.519
花期 F	1.80	74.28	23.92							0.870	11.929 **

* $F_{0.05(2,108)} = 3.07$, ** $F_{0.01(2,108)} = 4.79$, The same as below

2 结果与分析

2.1 质量性状遗传多样性

基于表 2,对 111 个紫薇种质资源的 12 个主要质量性状进行分级和赋值,统计各性状的频率和多样性指数,结果显示(表 3),其 12 个主要质量性状多样性指数的变化范围介于 0.090 ~ 1.918 之间,其中小枝四棱、小枝具翅和花香 3 个质量性状的多样性指数最低,花色的多样性指数最高,其次是瓣爪色,多样性指数均大于 1.0,说明紫薇品种质量性状变异较大,表现出显著的形态多样性。111 个紫薇品种以乔、灌木为主(92.79%),矮生型较少(7.21%);枝型以平展型最多(60.36%),直立或半直立型次之(36.04%),垂枝型最少(3.60%);98.20% 的品种的小枝具四棱和翅;83.78% 品种的叶为椭圆形,98.20% 品种的叶色为绿色,红叶与花叶的品种极少(1.80%);花色以白色(12.61%)、紫色(18.92%)、紫红色(22.52%)和复色(21.62%)为主调色;瓣爪以浅绿色为主(90.01%);浓香的品种稀少(1.80%),淡香的品种最多(98.20%);果实形状以圆形(46.85%)和椭圆形(50.45%)为主;大部分品种以中花期为主(69.37%),早花期(1.80%)和晚花期(18.92%)的品种较少。通过方差分析,12 个质量性状中,株

型的变异达到了显著水平($P < 0.05$),枝型、小枝具翅、叶色、花期等 4 个质量性状的变异均达到了极显著水平($P < 0.01$),其他 7 个质量性状的变异均未达到显著水平,说明其遗传差异明显,同时也进一步说明了紫薇品种在质量性状上具有较大的遗传改良潜力。

2.2 数量性状遗传多样性

111 个紫薇品种在 5 个数量性状表现出了广泛的变异(表 4),其变异系数的变化范围介于 14.90% ~ 35.50%,多样性指数变化范围介于 1.479 ~ 1.974。种子千粒重的变异系数最小,着花数的变异系数最大。种子千粒重的多样性指数最小,花径和着花数的多样性指数最大。花径、着花数、花序长、花序宽的多样性指数较高($H' > 1.8$),而种子千粒重的多样性指数相对较低($H' < 1.5$)。在 5 个数量性状中,花径、着花数、花序长和花序宽 4 个数量性状的变异系数均超过 30%,而种子千粒重的变异系数最小,仅为 14.90%。上述 5 个数量性状在不同的紫薇种群中只有花径的变异达到了极显著水平($P < 0.01$),其余 4 个数量性状的变异均未达到显著水平($P < 0.05$),说明其遗传差异极其明显,充分表明了紫薇品种在花径上具有极大的遗传改良潜力。

表 4 紫薇品种数量性状形态多样性统计

Table 4 Morphological diversity statistics of quantitative traits of *Lagerstroemia indica* cultivars

形态性状	平均值	最大值	最小值	范围	标准差	变异系数	多样性指数	F 值
Morphological characters	Mean	Max.	Min.	Range	SD	(%) CV	H'	F value
花径(cm) FD	5.613	10.000	1.000	9.000	1.973	35.20	1.974	5.423 **
着花数 NOF	5.550	10.000	2.000	8.000	1.971	35.50	1.974	1.652
花序长(cm) IL	5.559	10.000	2.000	8.000	1.751	31.50	1.845	0.617
花序宽(cm) IW	5.396	10.000	2.000	8.000	1.696	31.40	1.845	1.098
种子千粒重(g) 1000-SW	8.703	10.000	6.000	4.000	1.298	14.90	1.479	1.390

2.3 不同紫薇种群种质资源遗传多样性比较

根据试验所选取的紫薇品种的花色和株型,参考王献^[3]、田苗^[4]、孙洪美等^[6]关于紫薇品种的分类方法,将其划分为 5 个不同的紫薇种群,即堇薇种群、红薇种群、银薇种群、复色种群和矮生种群,前 4 个种群以花色区分,矮生种群以株型高矮区分。由表 5 可知,上述 5 个种群的表型性状多样性指数分别为 0.823、0.838、0.696、0.573 和 0.604,其平均多样性指数为 0.707,这表明不同紫薇种群之间,其形态性状的多样性指数均

有不同程度的差异。其中,红薇种群的形态多样性指数最高,除枝型、小枝具翅、花色数、种子千粒重 4 个性状外,其他 13 个性状的多样性指数均高于所有品种相应性状的平均值,特别是一些具有重要观赏价值的性状(株型、花色、叶色、花香、花径、着花数、花序长等)。其次是堇薇种群的形态多样性指数亦较高,除株型、小枝具翅、叶形、花色数、花香 5 个性状外,其他 12 个性状的多样性指数均高于所有种质相应性状的平均值。银薇种群、矮生种群和复色种群分别有 8 个、7 个和 4 个性状的多

样性指数均高于所有种质相应性状的平均值。银薇品种群种质的叶形、花香,复色品种群种质的果实形状和矮生品种群种质的枝型、小枝具翅、花色、花色数的多样性指数最高。由此可见,在5个品种群中,

红薇品种群的形态性状遗传多样性最丰富,其次是堇薇品种群,银薇品种群和矮生品种群分别排第3和第4位,复色品种群最低。

表5 不同紫薇品种群形态多样性指数的比较

Table 5 Comparison of morphological diversity index of different *Lagerstroemia indica* cultivar groups

形态性状 Morphological character	堇薇品种群 <i>L. indica</i> Amabilis Group	红薇品种群 <i>L. indica</i> Rubra Group	银薇品种群 <i>L. indica</i> Alba Group	复色品种群 <i>L. indica</i> Bicolor Group	矮生品种群 <i>L. indica</i> dwarf Group	平均值 Mean
株型 PT	0.127	0.437	0.257	0	0	0.164
枝型 BT	0.809	0.682	0.876	0.615	0.950	0.786
小枝四棱 BFP	0.127	0.136	0	0	0	0.053
小枝具翅 BWW	0	0	0	0	0.673	0.135
叶形 LS	0.127	0.690	0.759	0.387	0.673	0.527
叶色 LC	0.127	0.136	0	0	0	0.053
花色 FC	0.998	0.841	0	0	1.332	0.634
瓣爪色 DCC	1.126	1.107	1.029	0.531	1.055	0.070
花色数 NOFC	0	0	0	0	0.500	0.100
花香 P	0	0.136	0.257	0	0	0.079
花径 FD	1.954	1.789	1.772	1.449	1.055	1.604
着花数 NOF	1.929	1.826	1.847	1.828	0.673	1.621
花序长 IL	1.740	1.562	1.673	1.449	0.673	1.419
花序宽 IW	1.787	1.810	1.233	1.145	0.673	1.330
果实形状 FS	0.791	0.800	0.693	0.838	0.673	0.759
种子千粒重 1000-SW	1.527	1.290	1.171	1.145	1.332	1.293
花期 F	0.814	1.003	0.257	0.356	0	0.486
平均值 Mean	0.823	0.838	0.696	0.573	0.604	0.707

2.4 紫薇品种形态多样性的主成分分析

因为影响紫薇品种的形态性状多样性的因素较多,通过对多变量的主成分分析,能够更加清楚地显示各因素在形态多样性构成中的作用^[14]。主成分的特征值和贡献率是选择主成分的依据,以特征值大于1为标准提取主成分,前7个主成分的累积贡献率67.70%,包含了全部指标的绝大部分信息(表6),表明这7个主成分能反映17个性状的基本特征。其中第1主成分的特征值为2.7157,贡献率为15.97%,主要由花序宽、花序长、着花数和小枝具翅决定。第2主成分的特征值为2.1228,贡献率为12.49%,主要由花色数、花色和株型决定。第3主成分的特征值为1.8389,贡献率为10.82%,主要由花色和种子千粒重决定。第4主成分的特征值为1.5210,贡献率为8.95%,主要由瓣爪色、花期和叶形决定。第5主成分的特征值为1.1276,贡献率为6.63%,主要由叶色决定。第6主成分的特征值为1.1157,贡献率为6.56%,主要由叶色决定。第7主成分的特征值为1.0669,贡献率为

6.28%,主要由小枝四棱、花香和花径决定。根据贡献率的大小从这7个主成分中所选择的形态性状能反映111个紫薇品种资源的大部分信息,贡献率较大的花序宽、花序长、着花数、花色数、花色、种子千粒重、瓣爪色、叶色、小枝四棱、花香、花径等11个形态性状是造成紫薇品种表型差异的主要因素,可视为今后紫薇创新育种中亲本选择评价的主要形态指标,其中小枝四棱与花香为负向指标,在创新育种时适度把握。

2.5 紫薇品种形态多样性的聚类分析

根据形态性状鉴定结果,利用SAS软件对111个紫薇品种进行聚类分析,构建聚类图(图1),在遗传距离为10.5~11时,可把111份紫薇种质可分为5大组群,不同组群紫薇种质的形态性状具有一定的差异。

第I组群包括48个紫薇品种,含堇薇品种群品种25个、红薇品种群品种19个、银薇品种群品种3个、复色品种群品种1个;该类群的品种主要以蓝紫色花系为主,红色花系为辅,白色花系较少。第II组

表 6 紫薇品种形态多样性的主成分分析

Table 6 Principal component analysis of morphological diversity of *Lagerstroemia indica* cultivars

形态性状 Morphological character	主成分 Principal component						
	1	2	3	4	5	6	7
株型 PT	-0.2102	-0.3486	0.3914	0.1348	0.0968	-0.0014	0.2056
枝型 BT	-0.2661	-0.2114	-0.0506	0.0997	-0.3168	0.0695	0.2177
小枝四棱 BFP	0.0479	0.0127	0.0610	0.2388	-0.1219	0.3292	-0.5413
小枝具翅 BWV	0.3128	0.2597	-0.2483	-0.0883	0.0938	-0.1300	-0.0429
叶色 LC	0.0325	-0.0664	-0.0880	0.0440	0.5283	0.5338	-0.1770
叶形 LS	-0.1547	-0.2154	0.2333	0.3635	0.1237	0.1484	-0.1110
花色 FC	-0.0486	0.4249	0.4372	0.1052	0.0666	-0.0407	-0.0055
瓣爪色 DCC	-0.1613	0.0697	-0.1093	0.3869	0.3077	-0.4394	0.1814
花色数 NOFC	-0.0440	0.4900	0.3027	0.2670	0.0232	-0.1718	-0.0877
花香 P	0.1045	-0.1476	0.1520	-0.3336	0.1513	-0.4004	-0.5352
花径 FD	0.2988	0.1968	0.1010	-0.2051	-0.0232	0.2634	0.4289
着花数 NOF	0.3880	-0.1707	0.1591	0.3133	-0.1647	-0.0831	-0.0139
花序长 IL	0.4665	-0.1656	-0.0120	0.2451	0.1417	-0.1202	0.0824
花序宽 IW	0.4848	-0.1578	0.0633	0.1923	0.0651	0.0340	0.1270
果实形状 FS	-0.1451	-0.1579	0.0633	0.1923	0.0651	0.0340	0.1270
种子千粒重 1000 - SW	0.0708	0.1880	0.4371	-0.2123	-0.0175	0.2340	0.0778
花期 F	0.0086	-0.2949	0.3430	-0.3781	0.3507	-0.1577	0.1192
特征值 Eigenvalue	2.7157	2.1228	1.8389	1.5210	1.1276	1.1157	1.0669
贡献率(%) Contribution rate	15.97	12.49	10.82	8.95	6.63	6.56	6.28
累积贡献率(%) Accumulative contribution rate	15.97	28.46	39.28	48.23	54.86	61.42	67.70

群包括 17 个紫薇品种,含堇薇品种群品种 8 个、红薇品种群品种 3 个、银薇品种群品种 3 个、矮生品种群品种 3 个;该类群主要以蓝紫色和红色花系为主,白色花系为辅。第Ⅲ组群包括宝庆淡紫、直萼红爪粉、小花建民红、白密香 4 个紫薇品种。第Ⅳ组群包括 24 个紫薇品种,含堇薇品种群品种 2 个、红薇品种群品种 6 个、银薇品种群品种 7 个、复色品种群品种 4 个、矮生品种群品种 5 个。第Ⅴ组群包括 18 个紫薇品种,全部为复色品种群品种。

聚类结果表明,花色是紫薇品种聚类组群一个重要的性状。如在第Ⅰ组群的 48 个品种中,以蓝紫色花系为特征的堇薇品种群有 25 个品种,占该组群品种总数的 52.08%,占参试堇薇品种群 36 个品种总数的 69.44%;在该组群中,以红、粉色花系为特征的红薇品种群有 19 个品种,占该组群品种总数的 39.58%,占参试红薇品种群 30 个品种总数的 63.33%。第Ⅱ组群中亦以堇薇品种群和红薇品种群的品种占优势,分别有 8 种和 3 种,两者累计占该组群品种总数的 64.71%。银薇品种群品种主要聚

类在第Ⅳ组群,有 7 个品种,占参试银薇品种群 14 个品种总数的 50%。第Ⅴ组群有 18 个品种,全部是以复色花系为特征的复色品种群品种,占参试复色品种群 23 个品种总数的 78.26%。从聚类组群遗传距离上分析,4 个以花色为主要分类性状的品种群总体演化趋势是:堇薇品种群→红薇品种群→银薇品种群→复色品种群,这与孙洪美等^[6]提出紫薇花色演化趋势按照品种出现时间依次为蓝紫色→红色→白色→复色的观点相同。

在聚类组群中,除第Ⅴ组群全部是由复色品种群品种组成之外,其他聚类组群中或多或少含有花色不同的品种,如在第Ⅰ组群中,除堇薇品种群和红薇品种群品种占优势之外,亦含有少量的银薇品种群品种(3 个)、复色品种群品种(1 个),这可能同参试品种的来源与育种技术相关。从来源分析,在 111 个品种中,有 3 个是引自美国的品种红火箭、红火箭、红叶紫薇,这 3 个品种均为定向培育的矮生型红色系品种,排在第Ⅱ组群,因植株低矮、花为红色而聚在一起,该组中还有 3 个中国产的红色系品种

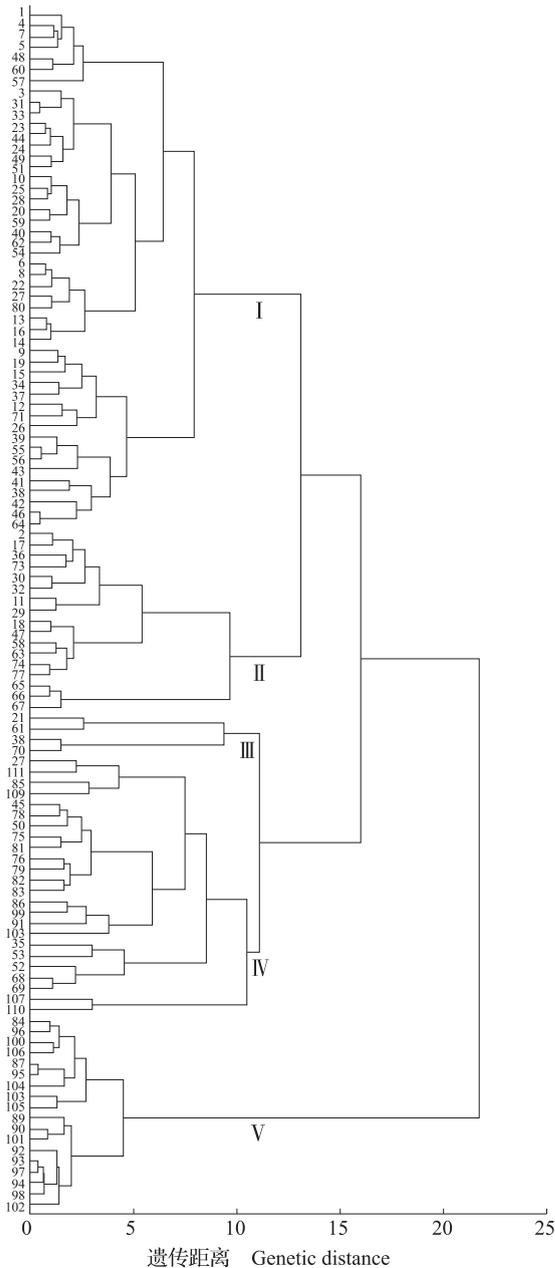


图1 111个紫薇品种表型性状聚类图

Fig. 1 The clustering figure of 111 *Lagerstroemia indica* cultivars based on phenotypic characters

建民粉、多花粉、平枝粉聚在一起,两者品种间遗传距离较短,反映其亲缘关系较近。国产品种共108个,其中有69个是通过多品种的混合种子育苗,利用紫薇多种源、多品种及多子代花粉自然杂交产生的遗传变异,选择观赏性好的变异材料,经无性系遗传稳定性检测实验,从中选育出的新品种^[7-9]。其他39个品种主要是由野生品种引入栽培后不断演化而来^[2]。

聚类结果表明花色不同的品种只要某些性状相

同时也能聚在一起,如花色不同而花香相同小花建民红和白密香聚在一起,分属于红薇品种群和银薇品种群;花色不同而瓣爪色相同的宝庆淡紫和直萼红爪粉聚在一起,分属于堇薇品种群和红薇品种群;花色不同而花径相同的大花翠盘堇薇和大花白聚在一起,分属于堇薇品种群和银薇品种群;花色不同而花色数相同的银边翠盘堇薇和矮生红聚在一起,分属于复色品种群和矮生品种群等。由此表明,紫薇品种间因某些相同的性状具有一定的亲缘关系而聚在一起,反映出其品种群间必然存在相互交替、相互渗透的现象,这样就形成了品种群间相互“混杂”的特征。

聚类结果表明,株型是紫薇品种群分类的重要性状之一。矮生品种群的8个品种分两处聚在一起,表明矮生品种明显与其他品种不同,品种间具有较近的亲缘关系。其中引自美国的红火箭、红火球和红叶紫薇3个矮生品种的遗传距离最短,表现出较近的亲缘关系;其余引自浏阳的矮生直枝红、矮生直枝粉、矮生红、矮生垂枝粉和矮生直枝紫5个品种的距离较近,基本上能聚在一起。这表明矮生品种的聚类结果主要受其株型高矮的影响,与张启翔^[19]和王献^[3]分别从形态分类学和分子分类学对紫薇矮生品种群进行划分的结果相同,即将植株高度作为该类品种群的主要划分标准。

聚类结果也表明,植株的枝型是重要的分类性状之一。几乎所有的直枝或半直枝品种(直枝紫、大花直枝紫、红爪直枝紫及红环直枝紫)、平枝品种(平枝白和平枝粉)和垂枝品种(小花垂枝紫、垂枝白及矮生垂枝粉)都能聚在一起,这说明植株生长习性相同的品种亲缘关系很近,这与顾翠花等^[20]对紫薇品种分类的研究结果一致。

根据上述聚类结果可以看出,花色是紫薇品种聚类组群一个重要的性状,花色相同的品种不一定聚在一起,只是在其他性状相差不大时才聚在一起;花色不同的品种只要某些性状相同时也能聚在一起。矮生品种间的遗传距离最短,表现出较近的亲缘关系,能明显聚在一起,说明株型是紫薇品种群分类的重要性状之一。这种分组聚类结果说明了花色只能作为紫薇品种分类的重要标准,而不能作为紫薇品种分类的主要标准,这与张启翔^[19]和王献^[3]对紫薇品种分类的研究结果相一致,即将株高作为二级分类标准,而将花色作为三级分类标准是完全相吻合的,更进一步说明了111个紫薇品种是不能完全按照5个品种群或花色分类而进行聚类的。由此

表明基于表型分类性状,111个紫薇品种可聚类为5大组群,每一组群内具有相对一致的特征,组群间具有较大的差异。这与原有的紫薇品种分类原则基本一致,说明此分类结果具有一定的合理性。

3 讨论

种质资源的多样性是育种工作的基础,了解和掌握种质资源多样性水平,对于挖掘有益资源,创新种质等方面具有重要意义^[21-22]。本研究发现,已知的111个紫薇品种具有丰富的表型性状遗传多样性,平均遗传多样性指数为0.707。总体上是数量性状形态多样性指数大于质量性状,其中花色、瓣爪色2个质量性状和花径、着花数、花序长、花序宽、种子千粒重5个数量性状变异明显,其多样性指数分别大于1.2和1.4,由此说明数量性状比质量性状更易受到基因型或种质类型的影响,这与A. Stepan-sky等^[23]、L. Liu等^[24]和C. Szamosi等^[25]的研究结果一致。

不同紫薇品种群表型性状遗传多样性差异明显,多样性指数由高到低依次为:红薇品种群($H' = 0.838$)、堇薇品种群($H' = 0.823$)、银薇品种群($H' = 0.696$)、矮生品种群($H' = 0.604$)、复色品种群($H' = 0.573$)。通过主成分分析,上述2个质量性状和5个数量性状主成分的贡献率为67.70%,包括花序长、花序宽、着花数、花色数、花色、种子千粒重、瓣爪色、叶色、小枝四棱、花香、花径等11个形态性状指标,代表了紫薇品种表型分类性状的综合特征,可视为今后紫薇创新育种中亲本选择评价的主要形态指标。基于表型分类性状,111个紫薇品种可聚类为5大组群,其遗传聚类与花色及株型关系密切,证明目前我国依据花色或株型建立的上述5个品种群是科学合理的。

《国际栽培植物命名法规》(ICNCP)栽培植物分类等级规定,属或种下的栽培植物分类单位只有品种群(group)和品种(cultivar)两级,其他术语和等级,如系(series)、组(section)、型(form、type)、类(branch)、亚类(subgroup)等多不符合法规^[26]。我国目前建立的紫薇品种群和品种的两级分类系统符合该法规。结合本次对我国大多数紫薇品种表型分类性状多样性的研究,需要利用分子分类学进一步完善该系统,为我国紫薇品种的国内外登录和权益保护提供技术支撑。

参考文献

- [1] 牟少华,刘庆华,王奎玲.紫薇研究进展[J].莱阳农学院学报,2002,19(4):276-278
- [2] 范银山.武汉地区紫薇的调查研究[J].武汉植物学研究,1985,3(3):273-278
- [3] 王献.我国紫薇种质资源及其亲缘关系的研究[D].北京:北京林业大学,2004:91-102
- [4] 田苗.我国紫薇新品种DUS测试指南及已知品种数据库的研究[D].北京:北京林业大学,2008:36-68
- [5] 刘龙昌,杨小雷.豫西地区紫薇品种分类研究[J].南京林业大学学报,2008,32(S):38-42
- [6] 孙洪美,马燕,臧德奎,等.山东省紫薇品种的调查与分类[J].林业科学,2011,47(6):175-180
- [7] 黄建民,侯伯鑫,索志立.邵阳市紫薇品种调查研究I[J].农学学报,2013,3(3):47-53,70
- [8] 黄建民,侯伯鑫,索志立.邵阳市紫薇品种调查研究II[J].农学学报,2013,3(4):35-41
- [9] 黄建民,侯伯鑫,索志立.邵阳市紫薇品种调查研究III[J].农学学报,2013,3(5):34-41
- [10] 杨彦伶,张亚东,张新叶,等.永康野生紫薇的遗传多样性研究[J].华中农业大学学报,2004,23(6):667-670
- [11] 王献,张启翔,杨秋生,等.利用AFLP技术研究紫薇的亲缘关系[J].北京林业大学学报,2005,27(1):59-63
- [12] 贺丹,唐婉,刘阳,等.尾叶紫薇与紫薇 F_1 代群体主要表型性状与SSR标记的连锁分析[J].北京林业大学学报,2012,34(6):121-124
- [13] 顾翠花,王守先.我国紫薇天然群体的表型多样性分析[M]//张启翔.中国观赏园艺研究进展.北京:中国林业出版社,2011:22-27
- [14] 胡建斌,马双武,李建吾,等.国外甜瓜种质资源形态性状遗传多样性分析[J].植物学报,2013,48(1):42-51
- [15] 张启翔,周建仁,黄发吉,等.LY/T1847-2009植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南紫薇[M].北京:中国标准出版社,2009
- [16] 刘玉皎,宗绪晓.青海蚕豆种质资源形态多样性分析[J].植物遗传资源学报,2008,9(1):79-83
- [17] 张礼凤,李伟,王彩洁.山东大豆种质资源形态多样性分析[J].植物遗传资源学报,2006,7(4):450-454
- [18] 马育华.田间实验和统计方法[M].北京:农业出版社,1979
- [19] 张启翔.紫薇品种分类及其在园林中的应用[J].北京林业大学学报,1991,13(4):57-66
- [20] 顾翠花,王守先,田苗.紫薇品种数量分类研究[J].浙江林学院学报,2010,27(6):903-907
- [21] Li M M, Cai Y L, Qian Z Q. Genetic diversity and differentiation in Chinese sour cherry *Prunus pseudocerasus* Lindl., and its implications for conservation [J]. Gene Res Crop Evol, 2009, 56: 455-464
- [22] 张向前,刘景辉,齐冰洁,等.燕麦种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2010,11(2):201-205
- [23] Stepanky A, Kovalski I, Perl-Treves R. Intraspecific classification of melons (*Cucumis melo* L.) in view of their phenotypic and molecular variation [J]. Plant Syst Evol, 1999, 217: 313-332
- [24] Liu L, Kahirah F, Kato M. Characterization of six varieties of *Cucumis melo* L. based on morphological and physiological characters, including shelf-life of fruit [J]. Euphytica, 2004, 135: 305-313
- [25] Szamosi C, Solmaz I, Sari N, et al. Morphological evaluation and comparison of Hungarian and Turkish melon (*Cucumis melo* L.) germplasm [J]. Sci Hort, 2010, 124: 170-182
- [26] 国际栽培植物命名委员会编.国际栽培植物命名法规(ICNCP)[M],6版.向其柏,臧德奎,译.北京:中国林业出版社,2004:1-48