

木瓜属品种资源的数量分类研究

王明明¹, 王建华^{1*}, 宋振巧¹, 李圣波², 曲 燕¹, 刘 静¹

(¹ 山东农业大学农学院, 山东泰安 271018; ² 山东亚特生态技术有限公司, 山东临沂 266071)

摘 要: 在木瓜属 (*Chaenomeles*) 品种资源调查的基础上, 选用 41 个形态学性状对 29 个栽培品种和 2 个野生种进行了数量分类学的聚类分析。结果表明: 木瓜属品种资源可按品种的来源划分为毛叶木瓜种系 ()、西藏木瓜 ()、皱皮木瓜种系 () 和日本木瓜种系 () 4 个表征群。日本木瓜种系较为独立, 与毛叶木瓜种系的亲缘关系最远; 西藏木瓜与毛叶木瓜的亲缘关系密切; 皱皮木瓜种系位于日本木瓜种系和毛叶木瓜种系之间, 与 *C. xsuperba* 和 *C. xvimoriniana* 聚在一起。主成分分析表明, 41 个性状综合为 6 个主成分, 其累积贡献率达 72.396%。综合聚类分析和主成分分析的结果结合实际应用, 作者认为木瓜属栽培品种的分类体系首先应以种系 (品种来源) 为第一级标准, 花的大小可作为品种分类的二级标准, 花色作第三级分类标准。

关键词: 木瓜属; 品种; 数量分类; 主成分分析

中图分类号: S 661.6 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2009) 05-0701-10

Studies on Numerical Classification of *Chaenomeles* Cultivars

WANG Ming-ming¹, WANG Jian-hua^{1*}, SONG Zhen-qiao¹, LI Sheng-bo², QU Yan¹, and LU Jing¹

(¹ College of Agronomy, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China; ² Shandong Yate Eco-tech Co. LTD., Linyi, Shandong 266071, China)

Abstract: Based on the survey of *Chaenomeles* cultivars resources, the numerical taxonomic method was used for the cluster analysis of 29 cultivars and 2 wild species with 41 morphological characters. The result revealed that 31 OTUs (Operational Taxonomic Units) could be divided into 4 phenetic groups according to their botanical sources, namely *C. cathayensis* system (), *C. thibetica* (), *C. speciosa* system () and *C. japonica* system (). *C. japonica* system and *C. cathayensis* system are the most distantly related systems; *C. thibetica* appeared to be rather closely related to *C. cathayensis*; *C. speciosa* system together with the hybrid taxon *C. superba* and *C. vimoriniana* takes an intermediate position between *C. japonica* system and *C. cathayensis* system. Principal component analysis showed that the 41 characters can be consolidated for the 6 principal components and their accumulative contribution ratio amounted to 72.396%. Integrated cluster analysis and principal component analysis with practical applications, the author suggested that the classification of *Chaenomeles* cultivars should be firstly based on the systematics of wild species (cultivar sources). Then, the flower size could be as the second criterion for the classification of *Chaenomeles* cultivars, and the flower color as the third criterion.

Key words: *Chaenomeles*; cultivar; numerical classification; principal component analysis

木瓜属 (*Chaenomeles* Lindley) 隶属于蔷薇科 (Rosaceae) 苹果亚科 (Maloidae), 约有 5 个原生种 (中国科学院中国植物志编辑委员会, 1974), 即木瓜 [*C. sinensis* (Thouin) Koehne]、皱皮木瓜 [*C. speciosa* (Sweet) Nakai]、毛叶木瓜 [*C. cathayensis* (Hemsl.) Schneid.]、日本木瓜 [*C. japonica*

收稿日期: 2008 - 09 - 25; 修回日期: 2009 - 03 - 31

基金项目: 国家发改委中药材扶持项目 [国发 018 (2006)]

*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: jhwangjh@163.com)

(Thunb.) Lindl. ex Spach] 和西藏木瓜 (*C. tibetica* Yü), 分布于亚洲东部。目前, 已有不少学者 (吴征镒等, 2003; Potter et al., 2007) 支持将木瓜从木瓜属中分离出来, 独立成单型属 *Pseudocydonia* Schneider, 本文采用这种观点。

木瓜属植物早春花繁色艳, 秋天果实芳香, 是重要的观赏花木、药材和果品, 世界各地广泛栽培, 品种资源和变异类型十分丰富。

Weber (1963) 对 500 多个栽培品种进行了系统归类, 以品种的来源分为毛叶木瓜、日本木瓜、皱皮木瓜、*C. ×californica* Clarke ex Weber (*C. cathayensis* × *C. ×superba*)、*C. ×clarkiana* Weber (*C. cathayensis* × *C. japonica*)、*C. ×superba* (Frahm) Rehder (*C. japonica* × *C. speciosa*)、*C. ×vilmoriniana* Weber (*C. cathayensis* × *C. speciosa*) 以及不确定的种或杂种 (Undetermined species or hybrid group) 8 类; 按花色分为白 (White)、白带粉红 (White-and-Pink)、粉红 (Pink)、橙红 (Orange) 和红 (Red) 5 大类, 再结合花瓣数分为 22 个小类。日本木瓜协会从生产实用角度出发, 将观赏品种分为复色品种、颜色变化品种、瓣缘异色品种、单色单瓣品种、单色重瓣品种、变化开放品种和外国品种等 7 类 (www.world-plants.com/boke/hinsyu/index2.htm)。

在我国, 木瓜属品种资源的调查和分类起步较晚。邵则夏等 (1993)、王嘉祥等 (1998) 分别对我国木瓜属品种资源进行调查和初步分类。王嘉祥 (2004) 采用“二元分类法”对山东主产区木瓜品种资源进行分类, 划分为 2 类 6 群 15 型的“2 元 3 级分类系统”。但该系统未考虑品种的种源及品种之间的亲缘关系, 缺乏说服力。臧德奎等 (2007) 对 20 个观赏品种进行分类, 解决了一些栽培品种种源的问题, 但品种分类的标准却不统一。

数量分类学是分类学一个发展的分支, 它的发展很大程度上归功于计算机的发展和优势。数量分类学目的在于确定分类群间的表征关系, 是没有任何性状加权的、建立在全面相似性基础上的分类处理。在分类过程中, 分类群的信息量越大, 所依据的特征数量越多, 所得出的分类结果越好。通过对某一分类群的系统排列和性状相关性分析可以得出系统发育的推论 (Stace, 1980)。数量分类学可以综合各方面的信息, 如形态学、生理学、植物化学、解剖学、孢粉学和微形态学等, 信息编码数字化, 数据处理自动化, 提升了工作效率和操作的简便性。数量分类学能够很好地区分不同分类处理的优劣, 从而提出更好的分类方案和检索表 (Singh, 2003)。

虽然已有木瓜属部分观赏品种数量分类学的报道 (赵红霞等, 2003), 但品种数量及分类性状较少, 且未能说明品种的种源问题。现将调查到的 29 个木瓜属栽培品种及 2 个野生近缘种选用 41 个形态学性状进行聚类分析, 以期品种的种源、品种间的亲缘关系以及品种分类体系的建立提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

选用 29 个栽培品种和 2 个野生种作为分类运算单位 (operational taxonomic unit, OTU), 其种类、编号及来源见表 1。

野生种来自作者野外考察的活体材料及中国科学院植物研究所标本馆 (PE) 收藏的腊叶标本。栽培品种采取实地观察和引种观察相结合的方式进行调查, 以消除环境饰变造成的差异。活体材料分别种植于山东农业大学药用植物标本园, 采用常规管理。

每个品种选取 3~5 个单株进行连续两年的形态调查和拍照, 凭证标本保存于山东农业大学药用植物研究室。

表 1 木瓜属植物品种资源及来源

Table 1 Name and source of <i>Chaenomeles</i> species and cultivars					
编号 No	栽培品种或种 Cultivars or species	来源 Source	编号 No	栽培品种或种 Cultivars or species	来源 Source
1	长寿冠 Chojukan	日本 Japan	17	粉牡丹 Fermudan	临沂 Linyi
2	东洋锦 Toyo-Nishiki	日本 Japan	18	白雪 Snow	泰安 Tai'an
3	世界一 Sekaiiti	日本 Japan	19	光果 Guangguo	泰安 Tai'an
4	银长寿 Ginchoju	日本 Japan	20	红艳 Hongyan	泰安 Tai'an
5	长寿乐 Chojuraku	日本 Japan	21	云锦 Yunjin	泰安 Tai'an
6	单橙 Dancheng	临沂 Linyi	22	红星 Hongxing	泰安 Tai'an
7	蜀红 Shuhong	四川 Sichuan	23	单白 Chojubai White	泰安 Tai'an
8	罗扶 Luofu	临沂 Linyi	24	碧雪 Bixue	泰安 Tai'an
9	长俊 Changjun	临沂 Linyi	25	矮橙 Pygmaea	北京 Beijing
10	红霞 Hongxia	临沂 Linyi	26	毛雷 Maolei	北京 Beijing
11	绿玉 L ū	临沂 Linyi	27	矮红 A ihong	北京 Beijing
12	沂锦 Yijin	临沂 Linyi	28	猩红与金黄 Crimson and Gold	北京 Beijing
13	一品香 Yp inxiang	临沂 Linyi	29	红粉女士 Pink Lady	北京 Beijing
14	沂州 2号 Yizhou 2	临沂 Linyi	30	毛叶木瓜 <i>C. cathayensis</i>	北京 Beijing
15	红花 Honghua	临沂 Linyi	31	西藏木瓜 <i>C. tibetica</i>	北京 Beijing
16	红娇 Hongjiao	临沂 Linyi			

1.2 分类性状的选取和编码

由于部分品种不结果或没有获得果实样品，所以重点选取叶部和花部性状作为探讨其亲缘关系的性状子集。木瓜属中，叶部特征是物种鉴别的重要性状（Weber, 1964; Bartish et al, 1999）。由于叶片萌发时间和着生位置不同，同一植株的叶片大小差异很大。观察发现，二年生枝或多年生枝上簇生的叶片在叶形、叶缘、被毛等性状上表现稳定，叶长、叶宽、叶柄长等随叶片萌发先后逐渐变大，簇生叶片中较大的两片在进入夏季后稳定。

对每个品种的每个单株随机选取 10 片簇生的最大叶片量取叶长、叶宽、叶柄长等，求得每个品种每个性状的平均值。

花部特征在品种间的差异主要表现在花色、花的大小、花瓣形状、花瓣状态和花柱基部被毛等方面（Weber, 1964; 臧德奎 等, 2007）。花瓣颜色易受光照和温度影响，隐蔽会导致颜色变浅，阳光直射则会使颜色加深。

本研究采用 Weber (1963) 对花色的分类方法，将花瓣颜色（盛花期）划分为 5 个梯度（表 2），以减小环境因素对试验结果的影响。根据木瓜属植物的主要性状差异，筛选出 41 个有分类价值的性状进行编码处理（表 2）。

1.3 数据的处理

利用 NTSYS-pc (2.1) 对所得的原始数据矩阵进行标准差标准化（STD）处理，再计算各个 OUT 之间欧氏距离（Euclidean distance），采用类平均法（UPGMA）进行聚类。

主成分分析是在标准化矩阵的基础上求取特征性状的相关系数（Correlation coefficient），计算相关系数的特征值（Eigenvalue）及特征向量（Eigenvector），即可得 OTU 前二个主成分的二维散点图（图 2）。

主成分分析的性状特征向量、特征根、贡献率以及累积贡献率由 SPSS (15.0) 分析获得。

表 2 形态性状选取及编码

Table 2 Morphological characters and their code numbers used in data matrix

序号 No	性状 Character	详细编码情况 Code detail
1	株高 Plant height	<1 m, 0; 1~2 m, 1; >2 m, 2
2	株形 Plant habit	广开 Very spreading, 1; 开张 Spreading, 1; 直立 Erect, 2
3	小枝颜色 Branchlets color	黄褐 Tawny, 0; 红褐 Reddish brown, 1; 紫褐 Purplish brown, 2; 黑褐 Blackish brown, 3
4	二年枝疣点 Biennial sticks verruculose	无 Absent, 0; 有 Present, 1
5	小枝粗糙 Branchlets roughness	光滑 Smooth, 0; 粗糙 Scabrous, 1
6	幼叶颜色 Young leaf color	绿 Green, 0; 砖红 Brick red, 1; 紫 Purple, 2
7	幼叶被毛 Folded leaf hairiness	无毛 Glabrous, 0; 有毛 Pubescent, 1; 密被绒毛 Tomentose, 2
8	叶长 Leaf length	
9	叶宽 Leaf width	
10	叶长/叶宽 Leaf length/Width	
11	叶色 Leaf color	浅绿 Light green, 0; 绿 Green, 1; 深绿 Dark green, 2
12	叶片形状 Leaf shape	披针形 Lanceolate, 0; 倒卵披针形 Obovate-lanceolate, 1; 长椭圆形 Narrowly elliptic, 2; 椭圆形 Elliptic, 3; 宽卵形 Broadly ovate, 4; 倒卵形 Obovate, 5
13	叶尖 Leaf apex	圆钝 Obtuse, 0; 急尖 Acute, 1; 渐尖 Acuminate, 2
14	叶基 Leaf base	楔形 Cuneate, 0; 宽楔形 Broadly cuneate, 1
15	叶缘 Leaf margin	全缘或先端有少量细齿 Entire or few minutely serrate apically, 0; 芒状细尖锯齿, 下半部有时近全缘 Minutely aristate-serrate, subentire basally, 1; 尖锐锯齿 Sharply serrate, 2; 圆钝锯齿 Crenate, 3
16	叶片背面被毛 Leaf hairiness-underside	无毛 Glabrous, 0; 无毛或沿叶脉有短柔毛 Glabrous and pubescent along veins, 1; 有毛 Pubescent, 2
17	叶柄长 Petiole length	
18	叶柄长/叶长 Petiole length/Leaf length	
19	叶柄被毛 Petiole hairiness	无毛 Glabrous, 0; 有毛 Pubescent, 1
20	托叶形状 Stipule shape	肾形 Reniform, 0; 耳形 Auriculate, 1; 半圆形 Suborbicular, 2
21	托叶先端 Stipule apex	钝 Obtuse, 0; 锐 Acute, 1
22	花序花朵数 Flowers per inflorescence	
23	花大小 Flower size	小 Small, <3 cm, 0; 中 Common, 3~4 cm, 1; 大 Large, >4 cm, 2
24	花瓣长 Petal length	
25	花瓣宽 Petal width	
26	瓣爪长度 Claw length	
27	花瓣颜色 Petal color	黄白至纯白 Yellowish to pure white, 0; 白色, 花瓣边缘和背面带红晕或复色 White, petal edge and back with flush or multi-color, 1; 粉红至玫瑰红 Pink to rose, 2; 橙红至橘红 Orange to reddish orange, 3; 红至深红 Red to crimson red, 4
28	花色变化 Petals color change	否 No, 0; 是 Yes, 1
29	花瓣形状 Petal shape	近圆形 Suborbicular, 0; 卵形 Ovate, 1; 倒卵形 Obovate, 2
30	花瓣状态 Petal state	近平展 Nearly flat, 0; 圆勺形 Spoon-shaped, 1; 皱褶 Crappy, 2
31	花梗长 Pedicel length	
32	萼筒形状 Hypanthium shape	钟型 Campanulate, 0; 开放钟型 Broadly campanulate, 1
33	萼筒长 Hypanthium length	
34	萼片长 Calyx lobe length	
35	萼片长/萼筒长 Calyx lobe length/Hypanthium length	
36	花柱基部被毛 Style hairiness basally	无毛 Glabrous, 0; 微毛 Slightly pubescent, 1; 有毛 Pubescent, 2
37	雄蕊瓣化 Petaloid stamens	无 Absent, 0; 有 Present, 1
38	花药颜色 Anther color	黄白 Yellowish, 0; 黄 Yellow, 1
39	花药长 Anther length	
40	花丝长 Filament length	
41	花托内色 Receptacle inside color	绿 Green, 0; 浅紫 Purplish, 1; 紫 Purple, 2

注: 性状选取和调查方法参考美国农业部种质资源信息网对苹果种质资源的描述和《园艺植物科学研究导论》(骆建霞和孙建设, 2002)。

Note: Characters selection and survey methods make reference to USDA, GRN, available: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/detail.pl?115> and introduction to scientific research of garden plants (Luo Jian-xia & Sun Jian-she, 2002).

2 结果与分析

2.1 木瓜属种质资源表征群划分

图 1 是木瓜属品种资源的聚类树系图，图 2 是前二个主成分（表 3）的散点图。

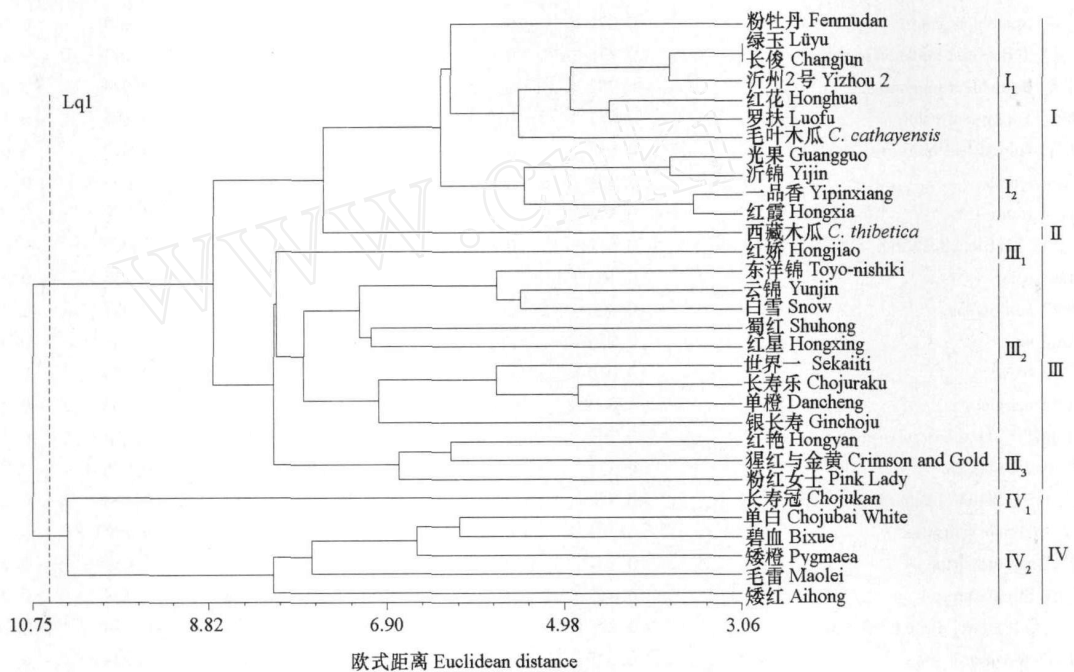


图 1 木瓜属品种资源的欧氏距离 UPGMA 聚类树系图

Fig. 1 Dendrogram based on UPGMA analysis of Euclidean distance, among individual cultivars of *Chaenomeles* species

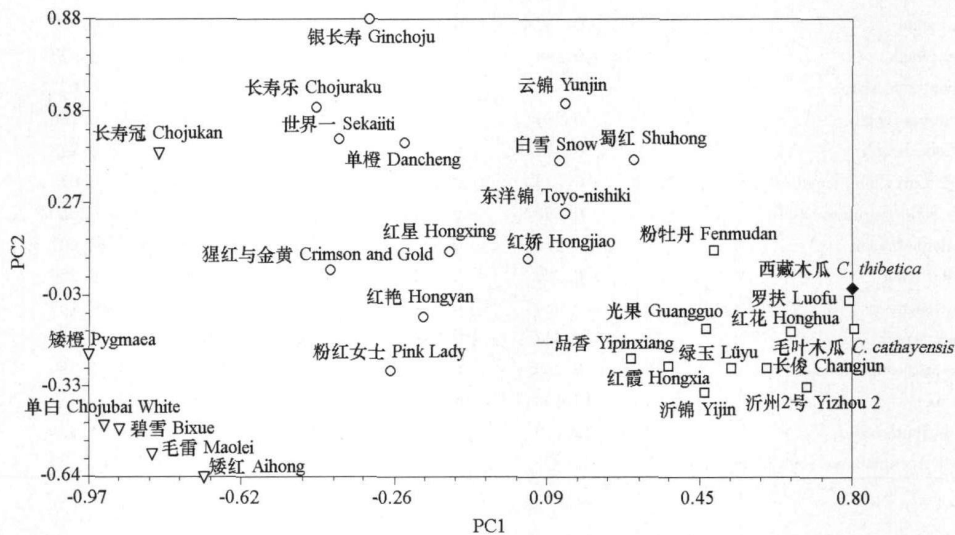


图 2 木瓜属植物品种前二个主成分的散点图

□ 毛叶木瓜种系 (I), ◆ 西藏木瓜 (II), ○ 皱叶木瓜种系 (III), ▽ 日本木瓜种系 (IV)。

Fig. 2 Scatter plot of the first two principal components among individual cultivars of *Chaenomeles* species

□ *C. cathayensis* system (I), ◆ *C. thibetica* (II), ○ *C. speciosa* system (III), ▽ *C. japonica* system (IV)。

表 3 主成分的特征根、贡献率和累计贡献率

Table 3 The latent root, contributor ratio and accumulative contributor ratio of the principal component

性状 Character	主成分 Principal component					
	1	2	3	4	5	6
株高 Plant height	0.897	0.094	- 0.015	0.107	0.035	- 0.001
株形 Plant habit	0.860	- 0.074	0.164	0.004	- 0.107	0.071
小枝颜色 Branchlets color	- 0.022	0.127	0.231	- 0.478	0.159	0.561
二年枝疣点 Biennial sticks verruculose	- 0.776	0.021	0.215	0.161	0.193	- 0.025
小枝粗糙 Branchlets roughness	- 0.752	- 0.215	0.315	0.117	0.074	0.006
幼叶颜色 Young leaf color	0.647	0.004	- 0.192	- 0.003	- 0.199	- 0.111
幼叶被毛 Folded leaf hairiness	0.813	0.158	- 0.065	- 0.139	- 0.072	0.069
叶长 Leaf length	0.913	0.099	- 0.001	0.303	0.033	0.019
叶宽 Leaf width	0.498	0.293	- 0.292	0.646	0.038	0.047
叶长/叶宽 Leaf length/Width	0.812	- 0.067	0.295	- 0.336	- 0.007	0.038
叶色 Leaf color	0.103	0.292	0.301	- 0.316	- 0.353	0.593
叶片形状 Leaf shape	- 0.806	- 0.085	- 0.321	0.009	- 0.087	- 0.026
叶尖 Leaf apex	0.776	0.184	- 0.010	0.152	0.048	- 0.015
叶基 Leaf base	0.010	0.067	- 0.299	0.620	- 0.145	0.367
叶缘 Leaf margin	- 0.885	- 0.096	0.019	0.001	- 0.103	- 0.071
叶片背面被毛 Leaf hairiness-underside	0.799	- 0.308	0.289	- 0.020	0.045	0.214
叶柄长 Petiole length	0.311	0.552	0.157	0.629	- 0.076	- 0.077
叶柄长/叶长 Petiole length/Leaf length	- 0.717	0.242	0.173	0.414	- 0.134	- 0.038
叶柄被毛 Petiole hairiness	0.795	- 0.260	- 0.039	0.066	0.187	0.149
托叶形状 Stipule shape	- 0.107	- 0.209	0.606	0.149	- 0.089	0.055
托叶先端 Stipule apex	0.445	- 0.245	- 0.062	0.396	0.422	- 0.337
花序花朵数 Flowers per inflorescence	- 0.294	0.182	0.497	- 0.253	- 0.028	- 0.065
花大小 Flower size	0.045	0.770	0.057	0.093	0.254	0.119
花瓣长 Petal length	0.012	0.912	0.010	- 0.151	0.066	- 0.176
花瓣宽 Petal width	0.184	0.893	- 0.097	- 0.152	- 0.049	- 0.114
瓣爪长度 Claw length	- 0.118	0.745	0.203	0.031	0.019	- 0.284
花瓣颜色 Petal color	- 0.282	0.033	- 0.329	- 0.316	0.664	- 0.020
花色变化 Petal color change	0.508	0.007	0.093	- 0.059	- 0.525	- 0.177
花瓣形状 Petal shape	0.116	- 0.222	0.406	- 0.015	0.558	- 0.379
花瓣状态 Petal state	- 0.332	0.166	- 0.367	0.148	0.312	0.385
花梗长 Pedicel length	- 0.364	0.631	0.473	0.044	0.327	0.159
萼筒形状 Hypanthium shape	- 0.542	0.131	0.344	0.291	0.077	0.229
萼筒长 Hypanthium length	0.701	0.287	0.320	- 0.173	0.286	0.015
萼片长 Calyx lobe length	0.471	0.307	- 0.487	- 0.253	0.243	0.150
萼片长/萼筒长 Calyx lobe length/Hypanthium length	- 0.273	0.011	- 0.805	- 0.111	0.025	0.204
花柱基部被毛 Style hairiness basally	0.890	- 0.115	0.060	0.142	- 0.060	0.120
雄蕊瓣化 Petaloid stamens	- 0.370	0.562	- 0.155	0.064	0.107	0.182
花药颜色 Anther color	- 0.757	0.180	- 0.033	- 0.067	- 0.257	0.048
花药长 Anther length	- 0.064	0.817	0.138	0.200	- 0.163	0.086
花丝长 Filament length	0.441	0.593	- 0.142	- 0.298	- 0.015	- 0.140
花托内色 Receptacle inside color	- 0.102	0.457	- 0.263	- 0.338	- 0.289	- 0.494
特征根 Latent root	13.194	6.042	3.419	2.89	2.183	1.955
贡献率/% Contributor ratio	32.179	14.737	8.34	7.048	5.325	4.767
累计贡献率/% Accumulative contributor ratio	32.179	46.916	55.256	62.304	67.629	72.396

从树系图 (图 1) 和散点图 (图 2) 可以看出, 本试验中的木瓜属品种资源可以按品种的来源划分为 4 个表征群, 即毛叶木瓜种系 (I)、西藏木瓜 ()、皱皮木瓜种系 () 和日本木瓜种系 ()。Lq1 ($D=10.557$) 将 31 个 OTUs 分为两个支。日本木瓜种系聚为一支, 位置较为独立, 与毛叶木瓜种系的表型亲缘关系最远。皱皮木瓜种系、西藏木瓜和毛叶木瓜种系合为另一支; 西藏木瓜与

毛叶木瓜在形态学上具有密切的亲缘关系;皱皮木瓜种系位于日本木瓜种系和毛叶木瓜种系之间。

主成分分析结果(表3)显示,前3个主成分累积贡献率仅为55.256%,到第6个主成分累积贡献率才达到72.396%,说明各性状的贡献率分散,累积贡献率增长不明显,也说明性状变异的多向性,木瓜属品种资源在演化过程中产生了多个不同的分支类群,也可能是大型数据的主成分不易集中所致(徐克学,1994)。

2.2 毛叶木瓜种系及其栽培品种划分

在毛叶木瓜种系(D)内,‘罗扶’、‘长俊’、‘红霞’等山东临沂常见果用品种与毛叶木瓜聚在一起,说明这些果用品种与毛叶木瓜在形态学上的亲缘关系较近,不支持王稼祥(2004)将其划分为皱皮木瓜,支持臧德奎等(2007)的研究结果。其中‘长俊’与‘绿玉’的亲缘关系较密切,这与其来源是一致的,‘绿玉’是从‘长俊’选育的品种,产量比‘长俊’较高。

从树系图(图1)及散点图(图2)可以看出毛叶木瓜种系可分为两个类群(₁和₂)。类群₁包括‘罗扶’、‘长俊’、‘粉牡丹’等品种,其主要特点:叶长>8 cm,叶缘芒状锯齿明显,叶色浅绿到绿。类群₂包括‘红霞’、‘光果’等品种,其主要特点:叶长6~7.5 cm,叶缘锯齿尖锐,明显较类群₁为钝,叶色绿到深绿,花色变化较明显,如‘沂锦’、‘光果’花初开为白色,花瓣边缘和背面带红晕,盛花期至终花期花色为玫瑰红。

2.3 西藏木瓜的系统分类地位

俞德浚和关克俭(1963)认为西藏木瓜近似毛叶木瓜,区别在于本种叶片全缘,叶片下面密被褐色绒毛,从形态观察本种近似毛叶木瓜与云南 [*Docynia delavayi* (Franch.) Schneid.] 的属间杂种。在散点图(图2)中,西藏木瓜和毛叶木瓜种系分散一起,亲缘关系紧密。树系图(图1)上,西藏木瓜与毛叶木瓜种系聚在一起,这与Bartish等(2000)利用同功酶和RAPD技术对木瓜属进行亲缘关系研究的结果是一致的。

2.4 皱皮木瓜种系及其栽培品种的划分

散点图(图2)上可以看出,皱皮木瓜种系()品种分布较为分散,说明皱皮木瓜种下的分化程度较高。树系图(图1)显示,该种系可细分为3个类群。‘红娇’单独聚为类群₁,‘东洋锦’、‘云锦’、‘长寿乐’、‘世界第一’等聚为类群₂,‘红艳’、‘猩红与金黄’和‘粉红女士’聚为类群₃。

‘红娇’为新品种,主要因其花瓣皱褶,犹如虞美人花瓣初展,该特征在木瓜属植物品种中较为特殊。‘红娇’幼叶背面具多毛,很快脱落近于无毛;叶片椭圆形,先端圆钝甚至凹缺,叶缘锯齿介于芒状和尖锐之间,花红色,花柱基部被绵毛,兼具皱皮木瓜和毛叶木瓜的特征,可能来源于杂交种 *C. ×vimoriniana*,而表型偏向于皱皮木瓜,有待于进一步研究证明。

类群₃中,‘猩红与金黄’、‘粉红女士’为 *C. ×superba* 杂交种(Weber, 1963)。从散点图中可以看出,相比日本木瓜,它们与皱皮木瓜在形态学上的亲缘关系更为密切。先前RAPD和同工酶对‘粉红女士’等杂交种的研究(Bartish et al, 1999; Garkava et al, 2000)也显示 *C. ×superba* 和皱皮木瓜种系亲缘关系较近。

从树系图(图1)上可以看出,类群₂又可细分为2个亚类群。‘东洋锦’、‘云锦’、‘白雪’、‘蜀红’和‘红星’聚为一个亚类群。‘东洋锦’(Kaneko et al, 2000)、‘白雪’(Weber, 1963)和‘红星’(臧德奎等, 2007)均为皱皮木瓜。‘长寿乐’、‘单橙’、‘世界第一’和‘银长寿’聚为另一个亚类群,其中‘单橙’为‘长寿乐’的单瓣变型。臧德奎等(2007)认为它们均为 *C. ×superba* 品种。调查发现,‘世界第一’的2年生枝无疣点,叶片椭圆形,幼时仅中脉被微毛,锯齿尖锐,表型上应归入皱皮木瓜。‘银长寿’、‘长寿乐’和‘单橙’虽然2年生枝有少量疣点,但株高1 m以上,株形不广开,叶长5~5.5 cm(不包括叶柄),叶片椭圆形,锯齿尖锐,花柱基部被微毛等性状

更倾向于皱皮木瓜,也可能来源于杂交种。

2.5 日本木瓜种系及其栽培品种划分

日本木瓜种系在树系图(图1)和散点图(图2)上较为独立,单独聚为一支。其中,‘长寿冠’单独聚为类群₁,臧德奎等(2007)认为‘长寿冠’亦为 *C. xsuperba* 品种。调查发现,‘长寿冠’株高不足 50 cm;枝条细弱、广开,有细刺;小枝粗糙,二年生枝有疣点;叶长 3~4 cm,倒卵形至椭圆形,幼时无毛,成叶锯齿圆钝,具有日本木瓜的特征。RAPD 研究也认为(Kaneko et al, 2000),‘长寿冠’应归入日本木瓜。相比‘长寿冠’,类群₂花径较小,花橙色或白色。

3 讨论

3.1 木瓜属品种分类的依据

栽培植物的品种分类是研究植物整个变异的组成部分,反映着植物种内或种群中全部的变异样式。栽培植物起源于野生植物,品种分类标准应首先放在种的分类基础之上(俞德浚, 1963),将由同一种起源的品种,不论是一个种的变种或一个种的染色体加倍所成的多倍体,均列为一个种系;对有足够特征而且允许把它们共同看作一群的或一组近亲的栽培品种进行品种群的划分;若品种数仍较多,还可进行品种亚类群的划分。这种等级名称的划分不仅说明品种间差异的程度,同时可以体现亲缘远近和演化关系(俞德浚, 1963; 陈俊愉, 1999),此外还应兼顾形态差异、实用需要等因素(陈俊愉, 1998)。按照国际栽培植物命名法规(ICNCP),参考梅花品种分类研究的经验(陈俊愉, 1999),我们对木瓜属植物品种采用种系、品种群、品种亚类群、栽培品种4个等级的分类体系。

3.2 主成分分析在木瓜属品种分类的应用

主成分分析是一种掌握主要矛盾的统计分析方法(徐克学, 1994),主要目的是将分散在一组变量上的信息集中到某几个综合指标(主成分),以便利用主成分描述数据集的内部结构,减少数据集的维数。主成分分析在蜡梅(赵凯歌等, 2004; 赵冰等, 2007)、栎属(彭焱松等, 2007)等数量分类学研究中的应用,对掌握 OTU 的主要鉴别性状具有重要意义。

主成分分析(表3)结果显示,叶长、株高、花柱基部被毛、株形、叶缘、幼叶被毛和叶片形状等性状(第1主成分)对鉴定木瓜属植物品种的种源十分重要,与宏观分类选择的性状基本一致,这些性状不应作为品种间分类的依据。花大小(第2主成分)是品种分类的一个重要标准。通常,木瓜属品种的花大小与花瓣大小、花瓣数、花型、瓣爪长相关性密切,并且属于数量性状。虽然花瓣数以数值表示,但实质上不属于数值性状。相比以花瓣数(王嘉祥, 2004; 臧德奎等, 2007)作为品种分级标准,花大小不仅可以体现出具有分类意义的数量关系,揭示出木瓜属观赏品种由一般花到大花的选育方向,还可以结合花瓣数、花型等性状进行第二级分类指标的制定。尽管花瓣颜色(第5主成分)的贡献率稍低,但相比萼片长/萼筒长、叶宽、叶柄长等性状(第3、4主成分),该性状操作简便而意义突出,这也与从实用角度出发以主要观赏部位进行分类的实践是一致的(Weber, 1963)。综上所述,作者认为木瓜属栽培品种的分类标准应以种源(种系)作为第一级,花的大小可以作为第二级分类标准,花色作为第三级分类标准为宜。

3.3 存在问题及解决途径

生物分类要注意性状的稳定性(徐克学, 1994)。木瓜属植物的一些性状,如花色、幼叶被毛、叶片大小等,易受光照、气候、栽培条件的影响,不同产地品种的表型差异也可能由环境修饰造成。本研究采用实地调查和引种相结合,活体材料统一种植于标本园,制作品种不同时期的蜡叶标本或拍照等方法,尽可能消除环境条件对试验材料的影响。尽管如此,环境条件对品种的影响仍然是无法忽略的,如树龄不同,嫁接苗与实生苗差异都可能导致试验结果产生偏差。若要建立科学的、自然的木瓜属栽培品种分类系统,还需要调查更多的品种资源以及野生种质资源,并注意观察形态性状在不同

生境中所发生的变化,同时还应充分利用遗传学、生物化学、分子生物学(如 ISSR、SRAP)等现代技术手段,全方面的进行品种鉴定、亲缘关系分析等一系列工作。

References

- Bartish IV, Garkava L P, Rumpunen K, Nybom H. 2000. Phylogenetic relationships and differentiation among and within populations of *Chaenomeles* Lindl (Rosaceae) estimated with RAPDs and isozymes Theor Appl Genet, 101: 554 - 563.
- Bartish IV, Rumpunen K, Nybom H. 1999. Genetic diversity in *Chaenomeles* (Rosaceae) revealed by RAPD analysis Plant Systematics and Evolution, 214: 131 - 145.
- Chen Jun-yu. 1998. "Dual classification": A new classification system for Chinese flower cultivars Journal of Beijing Forestry University, 20 (2): 1 - 5. (in Chinese)
- 陈俊愉. 1998. "二元分类"——中国花卉品种分类新体系. 北京林业大学学报, 20 (2): 1 - 5.
- Chen Jun-yu. 1999. The new revised system of classification for Chinese mei cultivars Journal of Beijing Forestry University, 21 (2): 1 - 6. (in Chinese)
- 陈俊愉. 1999. 中国梅花品种分类最新修正体系. 北京林业大学学报, 21 (2): 1 - 6.
- China Botanical Biography Compiling Committee, CAS. 1974. Flora of China (Volume 36). Beijing: Science Press (in Chinese)
- 中国科学院中国植物志编辑委员会. 1974. 中国植物志 (第 36 卷). 北京: 科学出版社.
- Garkava L P, Rumpunen K, Bartish IV. 2000. Genetic relationships in *Chaenomeles* (Rosaceae) revealed by isozyme analysis Scientia Horticulturae, 85: 21 - 35.
- Kaneko Y, Nagaho I, Bang SW, Matsuzawa Y. 2000. Classification of flowering quince cultivars (genus *Chaenomeles*) using random amplified polymorphic DNA markers Breeding Science, 50: 139 - 142.
- Luo Jian-xia, Sun Jian-she. 2002. Introduction to scientific research of garden plants Beijing: China Agriculture Press (in Chinese)
- 骆建霞, 孙建设. 2002. 园艺植物科学研究导论. 北京: 中国农业出版社.
- Peng Yan-song, Chen Li, Li Jian-qiang. 2007. Study on numerical taxonomy of *Quercus* L. (Fagaceae) in China Journal of Wuhan Botanical Research, 25 (2): 149 - 157. (in Chinese)
- 彭焱松, 陈 丽, 李建强. 2007. 中国栎属植物的数量分类研究. 武汉植物学研究, 25 (2): 149 - 157.
- Potter D, Eriksson T, Evans R C, Oh S, Smedmark J E E, Morgan D R, Kerr M, Robertson K R, Arsenault M, Dickinson T A, Campbell C S. 2007. Phylogeny and classification of Rosaceae. Plant Systematics and Evolution, 266: 5 - 43.
- Shao Ze-xia, Lu Bin, Liu Ai-qun, Yao Jing-zhou. 1993. Germplasm resource of *Chaenomeles* in Yunnan Yunnan Forestry Science and Technology, 3: 32 - 36, 43. (in Chinese)
- 邵则夏, 陆 斌, 刘爱群, 姚京洲. 1993. 云南的木瓜种质资源. 云南林业科技, 3: 32 - 36, 43.
- Singh G. 2003. Plant systematics: An integrated approach//Liu Quan-ru, Guo Yan-ping, Yu Ming. 2008. Beijing: Chemical Industry Press (in Chinese)
- 辛 格. 2003. 植物系统分类学——综合理论及方法/刘全儒, 郭延平, 于 明. 2008. 北京: 化学工业出版社.
- Stace C A. 1980. Plant taxonomy and biosystematics//Wei Zhong-xin, Miu Ru-huai, Xie Han-tie. 1986. Beijing: Science Press (in Chinese)
- 斯特斯. 1980. 植物分类学与生物系统学//韦仲新, 缪汝槐, 谢翰铁. 1986. 北京: 科学出版社.
- Wang Jia-xiang. 2004. Classification of flowering quince resource. Acta Horticulturae Sinica, 31 (4): 520 - 522. (in Chinese)
- 王嘉祥. 2004. 山东皱皮木瓜品种分类探讨. 园艺学报, 31 (4): 520 - 522.
- Wang Jia-xiang, Wang Xia-li, Guan Zhao-guo, Teng Zhao-qing. 1998. Preliminary investigation and classification of *Chaenomeles* cultivars Journal of Beijing Forestry University, 20 (2): 123 - 125. (in Chinese)
- 王嘉祥, 王侠礼, 管兆国, 滕照青. 1998. 木瓜品种调查与分类初探. 北京林业大学学报, 20 (2): 123 - 125.
- Weber C. 1963. Cultivars in the genus *Chaenomeles* Arnoldia, 23: 17 - 75.
- Weber C. 1964. The genus *Chaenomeles* (Rosaceae). Journal Arnold Arboretum, 45: 161 - 205.
- Wu Zheng-yi, Lu An-min, Tang Yan-cheng, Chen Zhi-duan, Li De-zhu. 2003. The families and genera of Angiosperms in China a comprehensive analysis Beijing: Science Press (in Chinese)
- 吴征镒, 路安民, 汤彦承, 陈之端, 李德铎. 2003. 中国被子植物科属综论. 北京: 科学出版社.
- Xu Ke-xue. 1994. Numerical classification Beijing: Science Press (in Chinese)
- 徐克学. 1994. 数量分类学. 北京: 科学出版社.

- Y ūTe-tsun. 1963. Problems on the classification and nomination of garden plants. *Acta Horticulturae Sinica*, 2 (2): 225 - 232. (in Chinese)
- 俞德浚. 1963. 关于园艺植物品种分类和命名问题. *园艺学报*, 2 (2): 225 - 232.
- Y ūTe-tsun, Kuan K.C. 1963. Taxa nova Rosacearum sinicarum (D). *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 8 (3): 202 - 234. (in Chinese)
- 俞德浚, 关克俭. 1963. 中国蔷薇科植物分类之研究 (一). *植物分类学报*, 8 (3): 202 - 234.
- Zang De-kui, Wang Guan-xiang, Zheng Lin, Chen Hong. 2007. Cultivar classification of *Chaenomeles* in China. *Scientia Silvae Sinicae*, 43 (6): 72 - 76. (in Chinese)
- 臧德奎, 王关祥, 郑 林, 陈 红. 2007. 我国木瓜属观赏品种的调查与分类. *林业科学*, 43 (6): 72 - 76.
- Zhao Bing, Luo Xin-yan, Zhang Qi-xiang. 2007. A study on numerical classification of the wintersweet cultivars. *Acta Horticulturae Sinica*, 34 (4): 947 - 954. (in Chinese)
- 赵 冰, 雒新艳, 张启翔. 2007. 蜡梅品种的数量分类研究. *园艺学报*, 34 (4): 947 - 954.
- Zhao Hong-xia, Guo Shuai, Zhao Lan-yong. 2003. The numerical taxonomy of *Chaenomeles* 'Yizhou'. *Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science*, 34 (3): 379 - 382. (in Chinese)
- 赵红霞, 郭 帅, 赵兰勇. 2003. 沂州海棠数量分类学研究. *山东农业大学学报: 自然科学版*, 34 (3): 379 - 382.
- Zhao Kai-ge, Yujiang Jin-fang, Chen Long-qing. 2004. Numerical classification and principal component analysis of wintersweet cultivars. *Journal of Beijing Forestry University*, 26 (Supplement): 79 - 83. (in Chinese)
- 赵凯歌, 虞江晋芳, 陈龙清. 2004. 蜡梅品种的数量分类和主成分分析. *北京林业大学学报*, 26 (增刊): 79 - 83.

图书推荐

《果树钙素营养与生理》

本书是针对目前我国果实品质下降和生理病害日趋严重的现实编写的。全书共分六章, 比较详细地总结了果树缺钙症、果实钙素营养水平的调节, Ca^{2+} 在树体内的运转与分配规律, 钙与花芽分化、花粉萌发和花粉管生长、结实及发育之间的关系, 钙参与果实成熟衰老和抗逆性的调控机制, 以及典型缺钙症——苹果苦痘病研究的评述等。

本书由关军锋、(德) 索尔编著, 科学出版社 2005年 7月出版, 可作为大专院校和科研单位的果树学、植物生理学、植物营养学等相关专业人员的参考书。定价: 52元 (含邮费)。

《果品品质研究》

《果品品质研究》由关军锋主编, 是根据我国果品生产发展方向和在果品品质研究日益受到重视的前提下编写的。全书共分五篇, 第一篇系统介绍果品品质的概念、风味物质及绿色果品的生产; 第二篇着重阐述了采前果实品质的发育机理及影响因素, 如生态、水分、激素的调控及果实品质的遗传和改良; 第三篇总结了减少采后果实品质损失的策略及途径, 介绍了重要氧化酶的理化性质; 第四篇分析了主要果实生理病害的发生机理和控制途径; 第五篇介绍了果实品质的数学评价方法和常见果品品质的测定技术。定价: 30元 (含邮费)。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部, 邮编 100081。