

浙江省丝瓜种质资源主成分分析和聚类分析

王骄阳, 赵永彬, 冯春梅

(浙江省台州市农业科学研究院, 临海 317000)

摘要: 为进行丝瓜品种选育, 以 32 个不同丝瓜种质资源为研究材料, 调查结瓜习性、叶缘、瓜棱、雌花节率等共 22 个性状, 对得到的性状数据采用 DPS 软件进行主成分分析和系统聚类分析。结果表明: 22 个性状可综合为 5 个主成分, 其累积贡献率达 81.308%, 根据前 5 个主成分与性状的相关性, 选出 14 个影响力较大的性状。在主成分分析的基础上, 对 32 个丝瓜种质资源进行了系统聚类分析, 在欧氏距离的水平上首先将其划分成 2 大类, 又可进一步划分为 6 个亚类。

关键词: 丝瓜; 性状; 主成分分析; 聚类分析

Principal Component Analysis and Cluster Analysis of *Luffa* Germplasm Resources in Zhejiang Province

WANG Jiao-yang, ZHAO Yong-bin, FENG Chun-mei

(Taizhou Academy of Agricultural Sciences, Zhejiang Province, Linhai 317000)

Abstract: In order to breed the *Luffa* varieties, with 32 different *Luffa* germplasm resources as research materials, 22 characteristics including bearing fruit habit, leaf margin, fruit ribbing, percentage of nodes with female flowers to total nodes and obtained various data of characteristics were performed using the principal component analysis and the cluster analysis method by the DPS software. The results showed that the 22 characteristics could be integrated into 5 principal components and the cumulative contribution rate reached 81.308%. According to the correlation between the former 5 principal components and characters, 14 influential characteristics were selected. Based on the principal components, the 32 *Luffa* germplasm resources could be divided into 2 groups by the Euclidean distance on the first level and further divided into 6 subgroups using cluster analysis method.

Key words: *Luffa*; characteristics; principal component analysis; cluster analysis

丝瓜为葫芦科 (Cucurbitaceae) 丝瓜属 (*Luffa* Mill.) 植物, 一年生攀缘性草本植物。全世界共有 8 个种, 起源于亚洲热带地区即东印度一带, 已有 2000 多年的栽培历史。现主要分布于亚洲、大洋洲、非洲和美洲的热带和亚热带地区。丝瓜自宋代、明代引入我国以来, 由南至北普遍栽培, 逐渐形成具有地方特色的丝瓜种质, 种质资源 (尤其是地方资源) 比较丰富^[1]。丝瓜在我国分布有 2 个栽培种, 即普通丝瓜 [*Luffa cylindrica* (Linn.) Roem.] 和有棱

丝瓜 [*Luffa acutangula* (Linn.) Roxb.]。普通丝瓜与有棱丝瓜遗传变异较大, 但各种内遗传变异较狭窄^[2]。目前, 关于丝瓜的研究主要涉及栽培技术、育种进展、早熟性^[3]、遗传多样性与亲缘关系^[4-7]、营养、药用价值等方面^[8-9]。

在我国, 有棱丝瓜主要分布在广东、广西、海南等地区, 其他地区则以普通丝瓜为主。目前, 我国已收集丝瓜种质资源 500 多份, 其中普通丝瓜有 462 份、有棱丝瓜 40 多份^[10]。丝瓜种质资源是丝瓜新

收稿日期: 2014-01-17 修回日期: 2014-03-27 网络出版日期: 2014-10-13

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20141013.2007.002.html>

基金项目: 2011 年浙江省“三农六方”科技协作计划项目 (浙农计发[2011]85 号); 浙江省重大科技攻关项目 (2009C2006-1-8)

第一作者主要从事园艺作物栽培育种及园区规划。E-mail: tznkywjy@163.com

品种选育、遗传理论研究、生物技术和农业生产的重要物质基础。对丝瓜种质资源的鉴定和评价是再收集和利用的前提。本试验选取了来源于浙江的 32 份丝瓜地方种质资源进行主成分分析和聚类分析,以期对丝瓜种质的收集、保存、鉴定、创新、利用以及杂交育种中的亲本选择、选配提供科学依据。

表 1 32 个丝瓜种质资源供试材料

Table 1 Thirty-two *Luffa* germplasm resources for the tested materials

编号 No.	品种名称 Cultivar	来源地 Origin	编号 No.	品种名称 Cultivar	来源地 Origin	编号 No.	品种名称 Cultivar	来源地 Origin
1	白皮丝瓜	台州温岭	12	八棱瓜(有棱)	温州	23	络瓜	温州苍南
2	白皮丝瓜	温州瑞安	13	八角罗(有棱)	丽水松阳	24	八棱瓜(有棱)	丽水青田
3	青顶白肚	温州	14	八棱丝瓜(有棱)	舟山	25	八角丝瓜(有棱)	台州天台
4	义乌白皮	义乌	15	八角天罗(有棱)	台州临海	26	米升天萝	丽水云和
5	永康白皮	金华永康	16	花天罗八角(有棱)	台州三门	27	肉丝瓜	台州三门
6	中长丝瓜	嘉兴秀洲	17	药山白丝瓜	台州黄岩	28	寿昌肉丝瓜	杭州建德
7	漫地丝瓜	绍兴	18	温岭白丝瓜	台州温岭	29	玉帅	台州温岭
8	白籽清湖丝瓜	衢州江山	19	玉环青	台州玉环	30	白丝瓜	台州椒江
9	黑籽清湖丝瓜	衢州江山	20	临海白皮	台州临海	31	中长丝瓜	嘉兴秀洲
10	巨丝 1 号	衢州常山	21	青顶白肚	台州黄岩	32	玉丝瓜	嘉兴南湖
11	八角天罗(有棱)	台州仙居	22	温岭本罗	台州温岭			

1.2 方法

试验在浙江省台州市农业科学研究院试验基地进行。土地平整向阳,地力均匀,肥力中等略有梯度。所有品种于 3 月 8 日播种,4 月 15 日定植。试验采用随机区组设计,3 次重复,双行种植,株距 50 cm,行距 250 cm,每小区 20 株,管理同一般大田生产。随机选取 10 株挂牌作为观察对象。

参考苏小俊^[11]及《丝瓜种质资源描述规范和数据标准》^[12]调查农艺性状,主要调查反映丝瓜熟性的第一雌花节位,反映丝瓜商品性的瓜长、瓜横径、商品瓜皮色、商品瓜肉色等性状,反映丝瓜产量的单株瓜数、单瓜重等共计 22 个性状,具体标准和赋值情况详见表 2。

对所得试验数据用 Excel 整理、计算,在 DPS 软件上进行统计分析,将数据标准化后进行主成分分析,计算欧式遗传距离,采用类平均距离法

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为浙江省台州市农业科学研究院在 2012—2013 年收集于浙江台州、温州、义乌、丽水等地的 32 份丝瓜地方种质资源,其中普通丝瓜 24 份、有棱丝瓜 8 份,分别编号 1~32(表 1)。

对 32 个丝瓜种质进行聚类分析,绘制聚类树状图。

2 结果与分析

2.1 供试丝瓜种质资源主要农艺性状的差异

统计供试丝瓜种质资源的具体形态性状可以看出其差异显著。叶形有心脏形、掌状浅裂、掌状深裂,所占比例分别为 6.25%、40.62% 和 53.13%;叶缘有全缘、锯齿,所占比例分别为 25.00% 和 75.00%;商品瓜皮色有白、黄白、黄绿、浅绿、绿,所占比例分别为 6.25%、28.13%、3.12%、6.25%、56.25%;瓜棱有无棱、微棱、深棱,所占比例分别为 53.13%、21.87%、25.00%;瓜面特征有平滑、微皱、粗糙,所占比例分别为 31.25%、28.12%、40.63%;商品瓜肉色有白绿、黄绿、浅绿,所占比例分别为 59.38%、21.87%、18.75%。不同的种质之间存在较大差异,各性状在不同材料之间表现出了不同程度的多样性。

表 2 丝瓜性状特征、标准和评分

Table 2 Characterization and taxonomic value of traits of *Luffa*

性状 Characteristics	特征、标准及评分 Characterization, criterion and taxonomic
主蔓节间长 (cm) HMS	结果末期,基部第 10 ~ 19 节长度的平均值
主蔓粗 (cm) MSD	结果末期,主蔓中部最粗节间的横径
结瓜习性 BFH	主蔓(1),侧蔓(2),主/侧蔓(3)
叶形 LS	心脏形(1),掌状浅裂(2),掌状深裂(3)
叶缘 LM	全缘(1),波状(2),锯齿(3)
叶片长 (cm) LL	结果盛期,主蔓中部最大叶片的基部至叶先端的长度
叶片宽 (cm) LW	结果盛期,主蔓中部最大叶片最宽处的宽度
叶柄长 (cm) PA	结果盛期,主蔓中部最大叶片叶柄的长度
花梗长 (cm) LP	雌花盛开当天完全开放的雌花花梗从着生处到瓜蒂的长度
第 1 雌花节位 FFFBN	结果初期,主蔓上第 1 雌花着生节位
雌花节率 (%) PNFFTN	每株子叶节到第 25 节着生雌花数除以 25
商品瓜皮色 FBC	白(1),黄白(2),黄绿(3),浅绿(4),绿(5),深绿(6)
瓜棱 FR	无棱(0),微棱(1),浅棱(2),深棱(3)
瓜面特征 FS	平滑(1),微皱(2),粗糙(3)
商品瓜肉色 FFC	白(1),白绿(2),黄绿(3),浅绿(4)
瓜把长 (cm) LFE	结果盛期,沿中线纵向切开,测量种子腔底部至瓜把顶端的距离
瓜长 (cm) FL	结果盛期,商品成熟度的正常瓜从瓜蒂至瓜顶的长度
瓜横径 (cm) FD	结果盛期,商品成熟度的正常瓜中部横径
瓜肉厚 (cm) FFT	结果盛期,距瓜顶 1/3 处横切面外缘至髓腔外缘的厚度
单株瓜数 (个) NFPP	按商品瓜标准正常采收,记录单株采收的瓜条数
单瓜重 (g) WPF	结果盛期,商品成熟度的正常瓜
种子千粒重 (g) OTSW	5 次重复,每个重复 100 粒种子,折算出 1000 粒种子的重量

HMS: Internodes length of main stem, MSD: Main stem diameter, BFH: Bearing fruit habit, LS: Leaf shape, LM: Leaf margin, LL: Leaf length, LW: Leaf width, PA: Petiole angle, LP: Length of peduncle, FFFBN: First female flower bearing node, PNFFTN: Percentage of nodes with female flowers to total nodes, FBC: Fruit basal color, FR: Fruit ribbing, FS: Fruit skin, FFC: Fruit flesh color, LFE: Length of fruit end, FL: Fruit length, FD: Fruit diameter, FFT: Fruit flesh thickness, NFPP: Number of fruits per plant, WPF: Weight per fruit, OTSW: One thousand seed weight, the same as below

由表 3 可以看出,反映丝瓜熟性、产量、商品性的性状差异显著。变异系数第一雌花节位最小(10.37%),瓜把长最大(46.35%);其余由大到小依次为瓜长、单株瓜数、雌花节率、瓜横径、瓜肉厚、单瓜重,变异系数在 15.17% ~ 29.12% 之间。说明 32 个丝瓜种质资源间熟性、产量、商品性差异明显、类型很多。

表 3 供试丝瓜熟性、产量、商品性等性状的差异

Table 3 Differences in maturity, yield, commodity characteristics of *Luffa*

性状 Characteristics	最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Average	标准差 SD	变异系数 (%) CV
第一雌花节位 FFFBN	9.80	6.50	8.00	0.83	10.37
雌花节率 (%) PNFFTN	70.30	32.60	57.94	11.33	19.55
瓜把长 (cm) LFE	8.82	2.01	5.05	2.34	46.35
瓜长 (cm) FL	67.31	21.03	34.15	9.94	29.12
瓜横径 (cm) FD	7.68	2.62	4.22	0.81	19.08
瓜肉厚 (cm) FFT	1.30	0.55	0.83	0.14	16.82
单株瓜数 (个) NFPP	28.30	10.30	18.94	4.92	25.98
单瓜重 (g) WPF	386.80	229.70	278.83	42.31	15.17

2.2 丝瓜种质资源主成分分析

通过对 32 个丝瓜种质资源 22 个性状的统计分析,得到了 22 阶遗传相关矩阵及其特征值和特征向量。表 4 列出了特征值大于 1 的前 5 个主成分的贡献率和各性状特征向量值,这 5 个主成分反映了总信息量的 81.308%,并使性状由原来的 22 个简化为 14 个。选出影响力较大的性状是结瓜习性、叶缘、瓜棱、雌花节率、商品瓜肉色、瓜把长、瓜面特征、单瓜重、瓜长、瓜肉厚、叶片宽、叶柄长、叶形、花梗长等 14 个性状。

5 个主成分中的第 1 主成分的特征值为 8.371,贡献率为 38.048%,特征向量绝对值较大的是结瓜习性、叶缘、瓜棱、雌花节率、商品瓜肉色,其中结瓜习性、叶缘、雌花节率为正向指标,瓜棱、商品瓜肉色为负向指标,综合反映了叶、花、果等方面的性状,可以称其为形态差异性状,从具体材料可以看出,有棱丝瓜表现为侧蔓结瓜,叶缘全缘,雌花节率较低

(32.6% ~ 50.3%),瓜条有深棱,商品瓜肉色以浅绿为主,而普通丝瓜则表现为主/侧蔓结瓜,叶缘锯齿,雌花节率较高(49.3% ~ 70.3%),瓜条无棱或微棱,商品瓜肉色以白绿为主,第1主成分能作为判别普通丝瓜和有棱丝瓜的有效指标。第2主成分的特征值为3.974,贡献率为18.064%,特征向量绝对值较大的是瓜把长、瓜面特征、单瓜重,主要反映了瓜条性状,其中单瓜重、瓜横径为正向指标,瓜长、单株瓜数为负向指标,说明瓜长与横径、单瓜重与单株瓜数存在一定程度的负相关。第3主成分的特征值为2.627,贡献率为11.941%,特征向量绝对值较大的是瓜长、瓜肉厚,反映了瓜条商品性状,其中瓜长

为正向指标,瓜肉厚为负向指标,呈现互斥,说明在育种中要适度把握好两者的关系,可以有目的地根据第2主成分和第3主成分选择外观好、产量高的品种。第4主成分的贡献率为7.819%,特征向量较大的是叶片宽、叶柄长、叶形,主要反映了叶片性状,特征向量为正值的还有主蔓节间长、主蔓粗、花梗长,后3个性状与前3个性状存在一定程度的正相关。在丝瓜生长中,叶片作为制造光合产物的主要器官,叶面积指数越大,提供的营养物质也越多,蔓的生长越旺,因此,该主成分可称为生长势因子。第5主成分的贡献率为5.435%,特征向量绝对值较大的是花梗长、叶柄长,主要反映了花梗、叶柄的状况。

表4 丝瓜22个性状的主成分分析
Table 4 Principal components of 22 characteristics of *Luffa*

性状 Characteristics	主成分 Principal components				
	1	2	3	4	5
主蔓节间长(cm) IIMS	0.227	0.245	-0.110	0.165	-0.178
主蔓粗(cm) MSD	0.118	0.348	-0.133	0.192	0.174
结瓜习性 BFH	0.331	0.070	-0.053	-0.109	-0.046
叶形 LS	0.213	0.145	0.103	-0.332	-0.142
叶缘 LM	0.331	0.070	-0.053	-0.109	-0.046
叶片长(cm) LL	0.250	-0.077	0.208	0.275	0.110
叶片宽(cm) LW	0.226	-0.042	0.205	0.472	0.025
叶柄长(cm) PA	0.145	0.043	0.258	0.347	-0.505
花梗长(cm) LP	0.143	0.202	-0.048	0.211	0.610
第一雌花节位 FFFBN	-0.247	0.152	-0.066	-0.040	0.150
雌花节率(%) PNFFTN	0.290	-0.007	0.030	-0.214	0.329
商品瓜皮色 FBC	-0.184	0.306	0.303	-0.030	-0.066
瓜棱 FR	-0.317	-0.042	0.141	0.063	0.148
瓜面特征 FS	-0.010	0.404	0.294	-0.111	-0.038
商品瓜肉色 FFC	-0.272	0.063	0.069	0.292	0.078
瓜把长(cm) LFE	0.064	-0.425	0.037	0.118	0.108
瓜长(cm) FL	-0.011	-0.122	0.501	-0.087	0.027
瓜横径(cm) FD	-0.125	0.282	-0.351	-0.007	-0.071
瓜肉厚(cm) FFT	0.031	-0.056	-0.441	0.327	-0.193
单株瓜数(个) NFPPt	0.243	-0.172	0.029	0.010	0.195
单瓜重(g) WPF	0.133	0.370	0.101	0.067	0.043
种子千粒重(g) OTSW	-0.254	0.084	0.100	0.234	0.123
特征值 Eigenvalue	8.371	3.974	2.627	1.720	1.196
贡献率(%) Contributive percentage	38.048	18.064	11.941	7.819	5.435
累计贡献率(%) Cumulative contributive percentage	38.048	56.112	68.053	75.873	81.308

2.3 丝瓜种质资源聚类分析

选用主成分分析中筛选出的影响力较大的14个性状,采用类平均距离法对32份丝瓜种质资源计算欧氏遗传距离进行聚类分析。聚类结果(图1)显

示,以欧式距离8为临界值,可以将32份丝瓜种质资源分为2大类,即由24个材料聚成的第Ⅰ大类群(普通丝瓜)和由8个材料聚成的第Ⅱ大类群(有棱丝瓜)。各类群的特征列于表5。

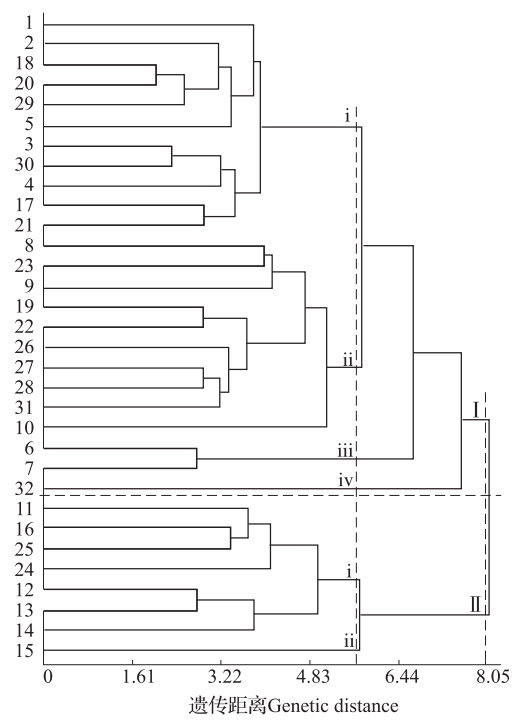


图 1 32 份丝瓜种质资源的欧式聚类图

Fig. 1 Euclidean cluster diagram of 32 *Luffa* germplasm resources

2.3.1 第 I 大类群的分类及性状特征 第 I 大类群为普通丝瓜,以欧式距离 5.5 为临界值,可以将第 I 大类群分为 4 个亚类。第 i 亚类有 11 个材料,包括编号 1、2、18、20、29、5、3、30、4、17、21,称为白皮丝瓜,这一类主要表现为商品瓜皮色为白色或黄白色,叶缘锯齿,瓜面基本无棱、平滑,商品瓜肉色白绿,瓜肉较厚,单株结瓜数最多。第 ii 亚类有 10 个材料,包括编号 8、23、9、19、22、26、27、28、31、10,称为短棍青皮丝瓜,这一类表现为商品瓜皮色以绿色为主,叶形掌状深裂为主,叶缘锯齿,瓜面无棱或微棱而且粗糙,瓜肉色白绿或黄绿,花梗长、瓜长、瓜横径、单瓜重等性状值均高于第 i 亚类。第 iii 亚类由 6、7 组成,称为长棍青皮丝瓜,这 2 个材料的瓜长是所有材料中最长的(65 cm 以上),第一雌花节位、瓜横径、瓜肉厚等性状值是所有材料中最低的,叶片长、叶片宽、叶柄长、瓜把长等性状值均高于第 ii 亚类。第 iv 亚类由个类 32 构成的,称为短棒青皮丝瓜,与第 ii 和第 iii 亚类相比,表现为瓜长最短(21.03 cm),瓜横径最粗(7.68 cm)。

表 5 各类群丝瓜性状的平均值

Table 5 Average value of characteristics in different clusters of *Luffa*

性状 Characteristics	第 I 类群 Group I				第 II 类群 Group II	
	i	ii	iii	iv	i	ii
结瓜习性 BFH	主/侧蔓(3.00)	主/侧蔓(3.00)	主/侧蔓(3.00)	主/侧蔓(3.00)	侧蔓(2.00)	侧蔓(2.00)
叶缘 LM	锯齿(3.00)	锯齿(3.00)	锯齿(3.00)	锯齿(3.00)	全缘(1.00)	全缘(1.00)
叶片长(cm)LL	25.36	24.52	28.47	21.30	21.27	23.38
叶片宽(cm)LW	34.53	33.71	39.02	28.11	29.34	34.40
叶柄长(cm)PA	17.09	18.62	21.15	13.48	15.43	15.03
花梗长(cm)LP	9.54	12.29	7.89	9.31	6.96	5.70
雌花节率(%)PNFFT	64.31	62.12	68.60	56.70	42.73	32.60
瓜棱 FR	无棱(0.09)	微棱(0.40)	微棱(1.00)	无棱(0)	深棱(3.00)	深棱(3.00)
瓜面特征 FS	平滑(1.09)	粗糙(3.00)	粗糙(3.00)	粗糙(3.00)	微皱(2.00)	微皱(2.00)
商品瓜肉色 FFC	白绿(2.09)	白绿(2.50)	白绿(2.09)	白绿(2.09)	黄绿(3.57)	浅绿(4.00)
瓜把长(cm)LFE	7.05	2.67	7.51	2.08	4.96	5.50
瓜长(cm)FL	30.75	31.36	66.37	21.03	35.79	36.50
瓜肉厚(cm)FFT	0.91	0.80	0.59	0.96	0.74	1.30
单瓜重(g)WPF	256.69	314.53	312.55	351.70	244.89	262.70

2.3.2 第 II 大类群的分类及性状特征 第 II 大类群为有棱丝瓜,主要表现为瓜面有 10 条深棱,叶缘全缘。以欧式距离 5.5 为临界值,可以将第 II 大类群分为 2 个亚类。编号 11、16、25、24、12、13、14 性状比较相近,聚为第 i 亚类。编号 15 构成第 ii 亚类,表现为瓜肉最厚(1.3 cm),雌花节率最低,折合

667 m² 产量最低。

3 结论与讨论

主成分分析和聚类分析被广泛应用于水稻、大蒜、花椰菜等作物中^[13-15],能综合多种来源数据,借助计算机软件,加快信息处理和利用,是现代育种的重要方法和手段之一。本研究从 22 个性状的主成分分析中,根据贡献率大小得到 5 个主成分。5 个主成分均有相对独立的性状构成因子,影响力较大的性状是结瓜习性、叶缘、瓜棱、雌花节率、商品瓜肉色等 14 个性状,综合反映了植株叶、花、果等方面性状,能够较客观地揭示丝瓜种质资源特征特性,可作为划分丝瓜种质时对丝瓜特征性状取舍的参考依据。本研究选取的性状指标有限,还有待结合风味和营养品质、抗病性、抗虫性等各方面指标进行更全面系统的分析。

本研究在主成分分析的基础上,利用 14 个主要性状将 32 个丝瓜种质资源首先聚成了 2 大类,较好地反映了种质间的亲缘关系以及种质间的形态相似性。这与崔竣杰等^[5]、刘军等^[6]、夏军辉等^[7]通过 SRAP、SSR、RAPD 标记等不同方法聚类的效果比较一致。不同的是本研究在 2 大类基础上又聚成了 6 小类,各类型在瓜棱、瓜面特征、瓜长、瓜肉厚、雌花节率等方面表现出不同程度的差异,特别是明确地将白皮丝瓜和青皮丝瓜区分开来。另外,第 I 大类的第 i 亚类中产量高的材料聚在一起(3、30、4、17、21,每 667 m² 产量大于 3000 kg),和第 ii 亚类中产量高的材料(8、23、9、19、22)距离较近。从聚类效果来看,筛选的 14 个主要性状不仅很好地体现丝瓜种质资源在形态上的差异,在重要的经济指标上聚类效果也比较理想。综合考虑各性状指标及产量因素,普通丝瓜中 4、17、21、23、19 等材料表现比较突出,可以作为重点对象进行杂交,创制新材料。另外,材料 32 为多肉青皮丝瓜,可以进一步进行品质鉴定及利用。有棱丝瓜中 24 田间表现突出,也可以与普通丝瓜进行种间杂交,选育抗逆性好的材料^[16]。

供试 32 个丝瓜种质资源中有 14 个材料来自浙江台州,18 个材料来自其他地区。从聚类结果可以看出,第 I 大类普通丝瓜的第 i 亚类中 18、20、29 和第 ii 亚类中 19、22、27 等来自台州的材料分别聚在一起,来自嘉兴的 6、31、32,来自衢州的 8、9 也分别相对集中聚在一起。第 II 大类有棱丝瓜中 11、16、25 等来自台州的材料相对集中聚在一起。另外,来自丽水的普通丝瓜 13、有棱丝瓜 24 也分别相对集中聚在一起。说明具有相同来源的材料大多聚为同一类,表明遗传差异与地理来源有一定联系。

参考文献

- [1] 舒迎澜. 主要瓜类蔬菜栽培简史[J]. 中国农史, 1998, 17(3): 95-98
- [2] 王益奎, 黎炎, 李文嘉. 我国丝瓜资源及遗传育种研究进展[J]. 北方园艺, 2009(4): 121-124
- [3] 谢文军, 樊治成, 吕玉泽. 丝瓜主要早熟性状的 analysis 研究[J]. 华北农学报, 2002, 17(S): 136-139
- [4] 苏小俊, 徐海, 陈龙正, 等. 丝瓜种质资源亲缘关系的 ISSR 分析[J]. 南京农业大学学报, 2010, 33(3): 42-46
- [5] 崔竣杰, 宋建文, 汪国平. 丝瓜种质资源亲缘关系的 SRAP 分析[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(6): 1061-1066
- [6] 刘军, 许美荣, 赵志伟, 等. 丝瓜种质资源遗传多样性的 SSR 与 SRAP 分析[J]. 中国瓜菜, 2010(2): 1-4
- [7] 夏军辉, 向长萍. 丝瓜种质资源遗传多样性的形态和 RAPD 标记分析[J]. 中国蔬菜, 2008(10): 21-25
- [8] 潘永勤, 李菁, 朱伟杰, 等. 丝瓜降血脂及抗氧化作用的实验研究[J]. 中国病理生理杂志, 2008, 24(5): 873-877
- [9] 李程斌, 李恩, 郑艳, 等. 丝瓜藤和叶营养成分分析[J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2009, 32(1): 69-71
- [10] 中国农业科学院蔬菜花卉研究所. 中国蔬菜品种资源目录[M], 1 册. 北京: 万国学术出版社, 1992: 368-379
- [11] 苏小俊. 普通丝瓜种质资源评价体系及主要农艺性状的遗传规律研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2009
- [12] 李锡香, 朱德蔚. 丝瓜种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 44-52
- [13] 李培富, 杨淑琴, 马宏伟. 宁夏水稻主要农艺性状的主成分及聚类分析[J]. 中国农学通报, 2006, 22(12): 162-165
- [14] 陈书霞, 周静, 申晓青. 大蒜种质产量和品质性状主成分聚类分析与综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(3): 429-434
- [15] 朱世杨, 张小玲, 刘庆. 花椰菜自交系主要形态性状的主成分分析和聚类分析[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(1): 77-82
- [16] 苏小俊, 单奇伟, 安林海. 普通丝瓜和有棱丝瓜种间 F₁ 主要性状表达[J]. 浙江农业科学, 2009(2): 249-251