

基于表型性状和 SRAP 标记的观赏用辣椒种质资源遗传多样性分析

赫卫¹, 张慧²

(1. 贵州中医药大学药学院 贵州贵安 550025; 2. 黑龙江省农业科学院园艺分院 哈尔滨 150069)

摘要: 通过筛选种质资源, 为观赏用辣椒的新品种选育提供依据, 对 20 份辣椒材料进行遗传多样性、相关性和 SRAP 标记分析。结果表明, 33 个性状的多样性指数范围为 0.50~1.97, 青熟果色和果形的多样性指数很高。9 个数量性状中, 单果质量和单株果数的变异系数最大, 变异丰富; 株幅的变异系数最小, 人工选择面窄。果顶形状、商品果纵径、果梗长度与果形显著相关, 花冠色、主茎色、叶色与青熟果色 4 个性状彼此显著正相关。26 个 SRAP 引物组合共扩增出 82 个多态性条带, 每个组合的多态性条带数为 1~8 条不等, 平均 3.2 个。在相似系数 0.64 处将 20 份材料分为 5 个类群, 类群间亲缘关系较远, 表现型多样性强。研究结果可为后续筛选和培育果形奇特、色彩丰富的观赏用辣椒品种提供依据。

关键词: 辣椒; 观赏性; 种质资源; 表型性状; 分子标记

中图分类号: S641.3 文献标志码: A 文章编号: 1673-2871(2022)01-016-08

Analysis of genetic diversity of pepper germplasm resources for ornamental based on phenotypic traits and SRAP markers

HE Wei¹, ZHANG Hui²

(1. Department of Pharmacy, Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Gui'an 550025, Guizhou, China; 2. Institute of Horticulture, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150069, Heilongjiang, China)

Abstract: The selection of germplasm resources provides a basis for the breeding of new ornamental pepper cultivars. In this study, we analyzed phenotypic traits correlation, diverse genetic backgrounds and SRAP markers of 20 pepper varieties. Results showed that the genetic diversity index of 33 traits ranged from 0.50 to 1.97, and the diversity indices in both color of green mature fruit and fruit shape were very high. Among nine quantitative traits, the variation coefficients in both the single fruit weight and the number of fruits per plant were the largest, indicating that variations were the richest; while the lowest variation was the plant breadth, indicating that the artificial selection range was narrow. Fruit apex shape, longitudinal diameter, and stem length were related to the fruit shape. Corolla color, main stem color, leaf color and color of green mature fruit were significantly positively correlated. A total of 82 polymorphic bands were amplified using 26 SRAP markers. 1-8 polymorphic bands could be amplified from each primer combination, with an average being 3.2 bands. At the similarity coefficient of 0.64, the 20 materials were divided into 5 groups, which were found to have far genetic relationship and diversified phenotypes. The results of this study can provide information for guiding the breeding of pepper varieties for ornamental.

Key words: Pepper; Ornamental; Germplasm resources; Phenotypic traits; Molecular markers

观赏辣椒起源于南美洲热带, 在明朝时传入中国, 最早作为观赏花卉。辣椒色彩丰富、果形奇特, 果形有羊角形、牛角形、球形、樱桃形、风铃形、指天形、线形、灯笼形等, 果色有红、紫、黄、橙、黑、白、绿等, 极具观赏价值。观赏辣椒可应用于家庭园艺、花坛及现代农业观光园, 也可开发为礼品蔬菜、辣

椒工艺品等^[1]。王学工等^[2]探讨了观赏辣椒的应用开发前景, 认为其可用于医药化工产品、辣椒加工产品和辣椒工艺品等。陈红娜等^[3]报道了观赏辣椒的应用, 表明其可用于庭院和室内的摆放, 还可用于学校科普植物实物教材。种质资源筛选是观赏辣椒应用和新品种选育的关键环节。王佳敏等^[4]应

收稿日期: 2020-08-14; 修回日期: 2021-01-11

基金项目: 黑龙江省农业科学院农业科技创新跨越工程专项项目(HNK2019CX10-04)

作者简介: 赫卫, 女, 讲师, 主要研究方向为作物育种。E-mail: hw.he@aliyun.com

通信作者: 张慧, 女, 研究员, 主要研究方向为辣椒育种。E-mail: la_jiao800@163.com

用 AHP 法和灰色关联法评价了 12 份观赏辣椒果实的外观品质。赵东风等^[5]利用隶属函数法结合生理测定评价 9 份观赏辣椒种质资源的耐热性。余文中等^[6]分析了 50 份观赏辣椒种质材料的主要农艺性状差异性。目前,观赏辣椒的研究主要集中在国内外新品种选育^[7-9]、栽培技术^[8-10]、生理指标测定^[5,11]等方面。采用表型性状评价的方法,对观赏辣椒种质资源的农艺性状和观赏性的研究较少。笔者调查了 20 份辣椒材料的 33 个农艺性状,作了相关性分析,并进一步采用相关序列扩增多态性(Sequence-related amplified polymorphism, SRAP)分子标记研究了辣椒间的遗传关系,希望为观赏用辣椒的品种选育提供更为广泛的亲本来源。

1 材料与方法

1.1 材料

选用了 20 份辣椒材料(表 1,图 1),由黑龙江省农业科学院园艺分院提供。

表 1 20 份辣椒材料的类型

编号	名称	来源	类型
1	黄尖椒	自选	簇生椒
2	B14123	自选	长辣椒
3	圆形泡椒	自选	樱桃椒
4	紫簇星	自选	簇生椒
5	樱桃椒	自选	樱桃椒
6	南瓜椒	自选	樱桃椒
7	印度白椒	国外引进	长辣椒
8	B1435	自选	长辣椒
9	B1451	自选	长辣椒
10	B1419	自选	圆锥椒
11	B14179	自选	长辣椒
12	B1447	自选	长辣椒
13	B1436	自选	长辣椒
14	B1425	自选	长辣椒
15	B14191	自选	长辣椒
16	ICPN21-07	台湾亚蔬中心	长辣椒
17	丑妞	自选	长辣椒
18	子弹头	自选	长辣椒
19	B144	自选	长辣椒
20	印度黑椒	国外引进	长辣椒

1.2 性状调查

辣椒材料于 2014 年在黑龙江省农业科学院园艺分院试验基地种植,3 月 18 日催芽,3 月 25 日穴盘育苗,穴盘规格 12 cm×6 cm;5 月 25 日定植于大棚中,每个品种 30 株,常规水肥管理。依据《辣椒种质资源描述规范和数据标准》^[12],共选取 33 个农

艺性状进行统计分析。其中,数量性状 9 个,分别为株高、株幅、首花节位、商品果纵径、商品果横径、果梗长度、果肉厚、单果质量、单株果数;质量性状 24 个,分别为株型、分枝性、叶节色、主茎色、茎茸毛、叶形、叶色、花冠色、花药色、花柱色、花柱长度、花梗着生状态、熟性、青熟果色、老熟果色、果形、果面棱沟、果面特征、果肩形状、果顶形状、果基部宿存花萼、外果皮厚薄、胎座大小、果实横切面形状(表 2),发现叶色中有绿叶带紫脉的新类型。首花节位、叶节色、主茎色、茎茸毛、叶形、叶色、花冠色、花药色、花柱色、花柱长度、花梗着生状态在 6 月调查,株高、株幅、株型、分枝性、单株果数、青熟果色、果形、果面棱沟、果面特征、果肩形状、果顶形状、果基部宿存花萼、熟性在 9 月调查,老熟果色、外果皮厚薄、胎座大小、果实横切面形状、商品果纵径、商品果横径、果梗长度、果肉厚、单果质量在 10 月收获时调查。

1.3 SRAP 标记分析

采用 CTAB 法提取辣椒叶片基因组 DNA,从已报道文献^[13-14]的 SRAP 标记序列中选取 26 对引物(me1-em2、me1-em3、me1-em4、me1-em5、me1-em6、me1-em7、me1-em11、me2-em2、me2-em4、me2-em7、me2-em9、me2-em10、me3-em1、me3-em7、me4-em4、me5-em2、me5-em5、me5-em7、me6-em3、me7-em4、me7-em6、me8-em1、me8-em3、me8-em5、me9-em1 和 me12-em5)

PCR 总反应体系 20 μL:引物 0.30 μmol·L⁻¹,Taq 酶 0.75 U, dNTP 0.20 mmol·L⁻¹, Mg²⁺ 2.50 mmol·L⁻¹,模板 DNA 50 ng, ddH₂O 补齐 20 μL。反应程序:94 °C 预变性 5 min;94 °C 变性 1 min,35 °C 复性 1 min,72 °C 延伸 1 min,5 个循环;94 °C 变性 1 min,50 °C 复性 1 min,72 °C 延伸 1 min,35 个循环;72 °C 延伸 10 min。采用 6%变性聚丙烯酰胺凝胶电泳,银染法染色。

1.4 数据分析

变异系数 CV=SD/AVG×100%,SD 是标准差,AVG 是均值。多样性指数 Shannon-Weave^[15-16]公式为 $H = -\sum P_i \ln P_i$ 其中, P_i 是某一表型(比如果形)的第 i 个性状值出现的频率。质量性状的频率根据表 2 的描述,数量性状的频率^[17]根据平均值(M)和标准差(S)将数据分为 10 级,0.5 S 为 1 级,从第 1 级 $X_i < (M - 2S)$ 到 10 级 $X_i \geq (M + 2S)$,每一级的相对频率用于计算多样性指数。SRAP 引物的扩增产物电泳图谱上同一位置扩增条带的有和无分别记为

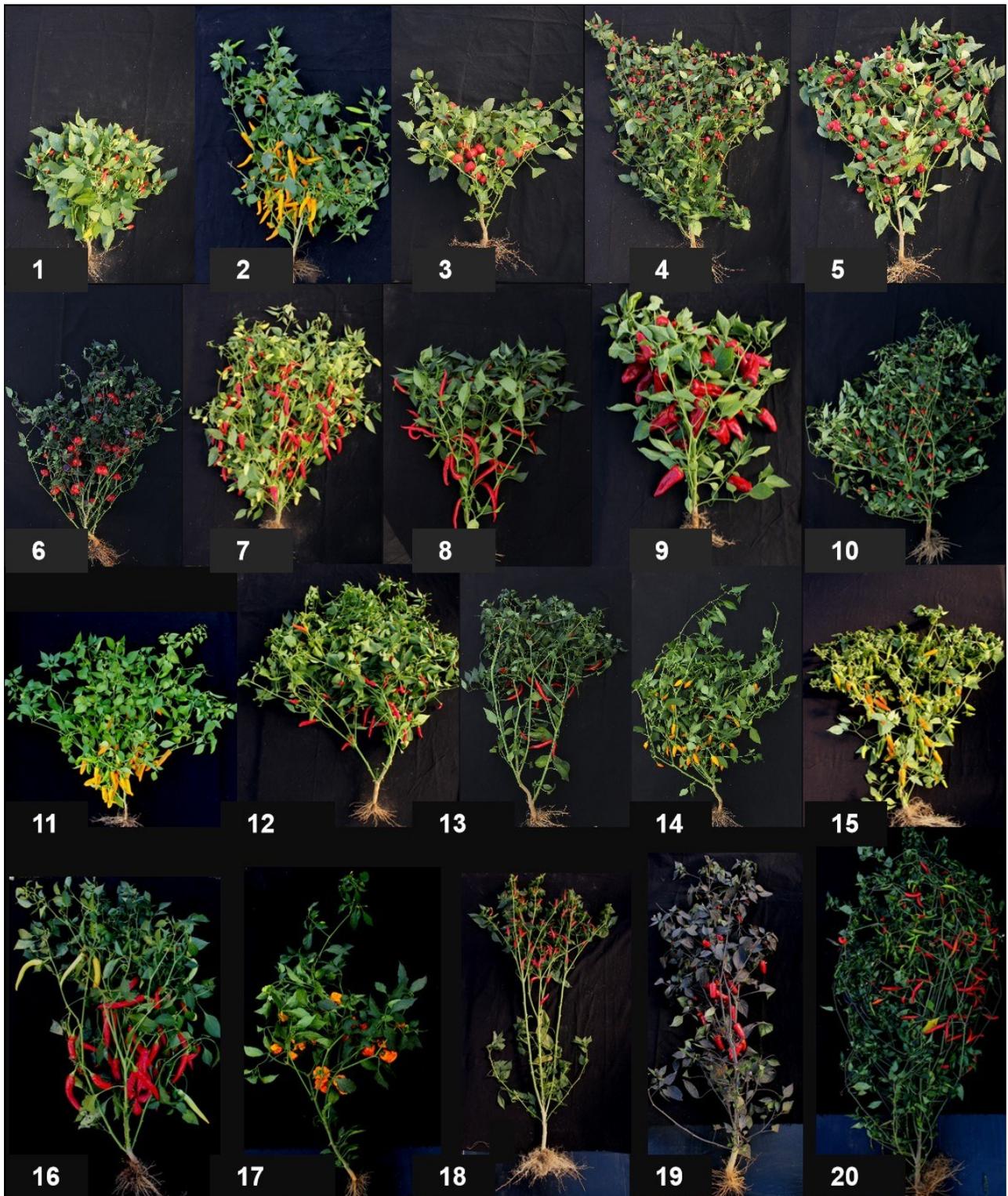


图1 20份辣椒材料结果期成株照片

“1”和“0”。应用 Ntsys 2.01 软件和 UPGMA 法进行聚类分析,利用 SPSS 18.0 和 Excel 2017 进行相关性分析和 PIC 值^[18]统计。

2 结果与分析

2.1 数量性状的多样性分析

对 20 份材料的 9 个数量性状进行分析(表 3),平均变异系数为 52.81%。其中,单果质量(116.32%)的变异系数最大,表明单果质量的表现型变异范围广,本试验中单果质量最大的是一个短牛角果形的品种,最小的是一个圆球果形的品种。变异系数最小的是株幅(19.89%),表明株幅的人工

表2 辣椒质量性状描述

性状	描述							
株型	开展	半直立	直立					
分枝性	强	中	弱					
叶节色	紫	浅紫	绿					
主茎色	黄绿	浅绿	绿	绿带紫条纹	紫			
茎茸毛	无	稀	中					
叶形	卵圆	长卵圆	披针					
叶色	绿	深绿	紫	绿带紫脉				
花冠色	白	紫						
花药色	浅蓝	蓝	紫					
花柱色	白	紫						
花柱长度	短于雄蕊	与雄蕊近等长	长于雄蕊					
花梗着生状态	下垂	侧生	直立					
熟性	早	中	晚					
青熟果色	黄白	乳黄	黄绿	浅绿	绿	深绿	墨绿	紫
老熟果色	橙黄	橘红	鲜红	暗红				
果形	长锥形	短牛角形	短羊角形	长羊角形	短指形	长指形	圆球形	
果面棱沟	无	浅	深					
果面特征	光滑	微皱						
果肩形状	无果肩	凸	微凹近平	凹陷				
果顶形状	细尖	钝圆	凹	凹陷代尖				
果基部宿存花萼	平展	浅下包	下包					
外果皮厚薄	薄	中	厚					
胎座大小	小	中	大					
果实横切面形状	近圆形	近三角形	不规则形状					

表3 辣椒数量性状统计

性状	均值	标准差	极小值	极大值	极差	变异系数/%	多样性指数
株高	86.07	25.03	40.52	127.36	86.84	29.08	1.97
株幅	74.57	14.83	53.78	110.94	57.16	19.89	1.61
首花节位	11.21	3.89	4.03	18.17	14.14	34.73	1.96
商品果纵径	7.47	4.60	1.52	16.86	15.34	61.60	1.90
商品果横径	2.38	1.32	1.03	6.27	5.24	55.37	1.65
果梗长度	3.90	1.48	2.17	8.27	6.10	37.94	1.71
果肉厚	0.22	0.09	0.08	0.48	0.40	40.23	1.71
单果质量	15.34	17.84	1.61	75.53	73.92	116.32	1.40
单株果数	115.18	92.24	18.13	397.68	379.55	80.09	1.75

选择面窄。其余性状变异系数分布范围为 29.08%~80.01%，性状间变异幅度差别大。9 个数量性状的平均遗传多样性指数为 1.74，分布范围为 1.40~1.97。其中，多样性指数最大的是株高，最小的是单果质量。所选材料中，单果质量变化范围很大，为 1.61~75.53 g，但平均值只有 15.34 g，说明绝大部分材料的单果质量小，单果质量分布不均匀，这可能是导致单果质量多样性指数较低的原因。

2.2 质量性状的多样性分析

分析 20 份材料的 24 个质量性状(表 4)，多样

性指数范围为 0.50~1.89，平均值为 0.97。其中，多样性指数最高的是青熟果色(1.89)，其次是果形(1.88)，最低的是花冠色(0.50)。根据多样性指数的意义，发现辣椒的青熟果色的表现型最多，果形其次，20 份材料共展示了 8 种青熟果色和 7 种果形。

多样性指数与分布频率有关。大部分性状的分布频率相对均匀，包括果形和果色。几个性状的分布频率不均匀：花冠色以白色为主，紫色分布频率为 20%；叶色和主茎色以各种深度的绿色为主，

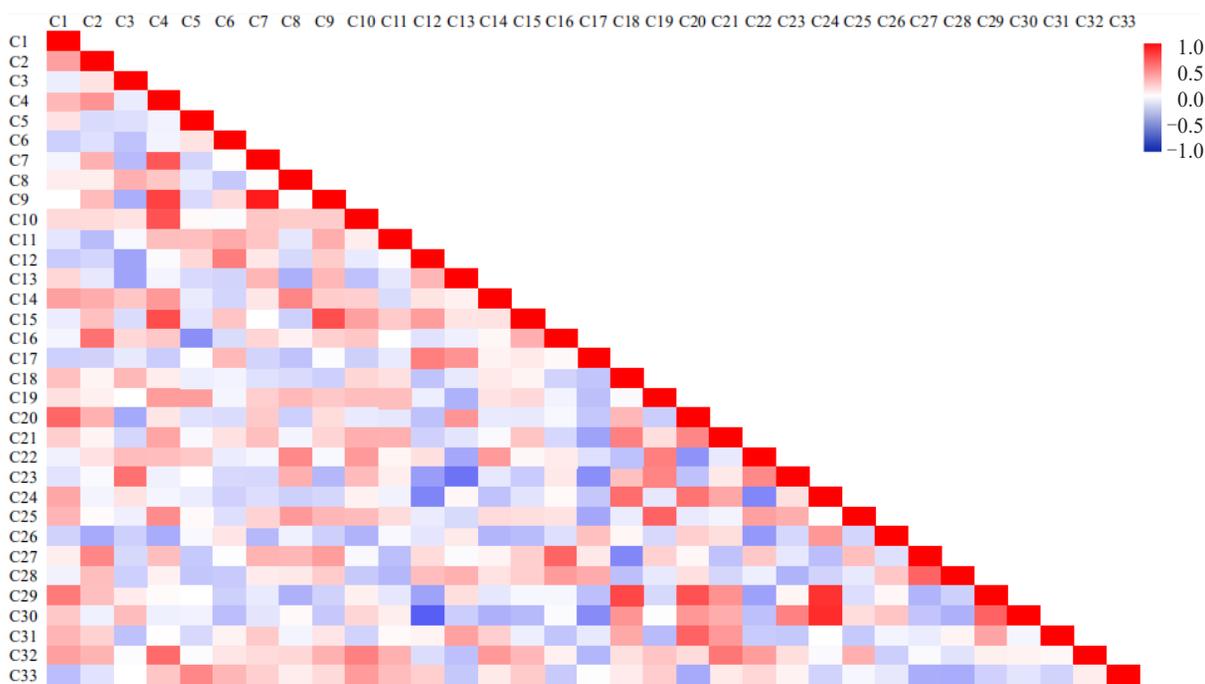
表4 辣椒质量性状统计

性状	分布频率/%	多样性指数
株型	40,20,40	1.05
分枝性	15,10,75	0.73
叶节色	55,40,5	0.85
主茎色	10,20,55,10,5	1.26
茎茸毛	85,10,5	0.52
叶形	20,55,25	1.00
叶色	50,30,5,15	1.14
花冠色	80,20	0.50
花药色	20,40,40	1.05
花柱色	50,50	0.69
花柱长度	10,5,85	0.52
花梗着生状态	20,50,30	1.03
熟性	20,40,40	1.05
青熟果色	5,15,10,25,10,5,5,25	1.89
老熟果色	25,10,45,20	0.94
果形	5,10,15,15,15,20,20	1.88
果面棱沟	50,40,10	0.94
果面特征	70,30	0.61
果肩形状	35,55,5,5	1.00
果顶形状	10,80,5,5	0.71
果基部宿存花萼	30,35,35	1.10
外果皮厚薄	30,30,40	1.09
胎座大小	30,25,45	1.07
果实横切面形状	80,5,15	0.61

紫色分布频率分别仅为5%;而叶节色以紫色和浅紫色为主,绿色分布频率仅为5%;果肩形状、果顶形状、果实横切面形状、分枝性、茎茸毛、花柱长度的分布频率不均匀。花冠色只有2个表现型,且分布不均匀,因此多样性指数最低。花柱色也是2个表现型,分布十分均匀(白色占50%,紫色占50%)。因此,多样性指数较高(0.69)。茎茸毛虽有3个性状,但分布不均匀,这也是其多样性指数(0.52)较低的原因。由以上分析可知,所收集资源的果色和果形虽没有囊括已知的所有表现型,但表现型多样且分布均匀,多样性指数较高,可满足品种选育的需求。

2.3 主要农艺性状的相关性分析

不同组织器官颜色是观赏用辣椒重要性状之一。颜色性状有8个,分别为叶节色、主茎色、叶色、花冠色、花柱色、花药色、青熟果色和老熟果色。对33个主要农艺性状进行相关性分析(图2)表明,花冠色、主茎色、叶色与青熟果色四者彼此呈显著正相关(相关系数>0.583),花冠色越浅,主茎色、叶色和青熟果色颜色越浅。当几个品种的花冠色是紫色时,主茎色以紫色或绿带紫条纹为主,叶色是紫或绿带紫脉,青熟果色是紫色。推测这些品种与其他品种,在花青素的代谢上有所不同。花柱色与老熟



注: C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8、C9、C10、C11、C12、C13、C14、C15、C16、C17、C18、C19、C20、C21、C22、C23、C24、C25、C26、C27、C28、C29、C30、C31、C32、C33 分别代表株型、分枝性、叶节色、主茎色、茎茸毛、叶形、叶色、首花节位、花冠色、花药色、花柱色、花柱长度、花梗着生状态、熟性、青熟果色、老熟果色、果形、果面棱沟、果面特征、果肩形状、果顶形状、果基部宿存花萼、商品果纵径、商品果横径、果梗长度、果肉厚、外果皮厚薄、胎座大小、果实横切面形状、单果质量、单株果数、株高、株幅。

图2 辣椒主要农艺性状相关性

果色呈显著负相关(-0.599);花药色与主茎色呈显著正相关(0.678);叶节色与其他颜色性状无显著相关。

果形是观赏用辣椒又一重要性状。调查了果实形态的13个性状(图2)。结果表明,果形与果顶形状(-0.487)、商品果纵径(-0.593)、果梗长度(-0.458)呈显著负相关;商品果纵径(0.484)、果梗长度(0.618)与果面特征呈显著正相关;果顶形状与果面棱沟(0.499)、果肩形状(0.476)呈显著正相关;果面棱沟与商品果横径(0.573)、果实横切面形状(0.725)呈显著正相关;果肩形状也与商品果横径(0.552)、果实横切面形状(0.685)呈显著正相关;果基部宿存花萼与果肩形状(-0.565)、商品果横径(-0.633)、果肉厚(-0.538)、果实横切面形状(-0.493)呈显著负相关,与果面特征(0.502)、商品果纵径(0.463)呈显著正相关;外果皮厚薄与果面棱沟(-0.629)呈显著负相关,与胎座大小(0.614)呈显著正相关。

由上述分析可知,在筛选辣椒种质资源时,要注重各主要农艺性状之间的相关性。综合各性状来提高辣椒观赏性,以求得到兼具多种优良性状的种质资源,为观赏用辣椒品种选育奠定基础。

2.4 辣椒品种间的遗传关系分析

以20份辣椒种质资源为材料,进行了相关序列扩增多态性(SRAP)分析(表5)。结果表明,26个引物组合共扩增出305条清晰条带。其中,多态性条带为82条,每一引物组合扩增到5~20条,平均11.7条;其中,有多态性条带为1~8条,平均3.2

表5 SRAP标记统计

引物组合	扩增条带数	多态性条带数	多态性比例/%	多态性信息含量
me1-em11	6	2	33.3	0.660
me8-em1	12	3	25.0	0.465
me5-em5	13	1	7.7	0.255
me9-em1	7	2	28.6	0.395
me2-em7	12	2	16.7	0.093
me5-em2	14	1	7.1	0.255
me1-em2	9	3	33.3	0.803
me1-em3	18	3	16.7	0.738
me1-em7	12	3	25.0	0.825
me8-em3	10	4	40.0	0.835
me8-em5	8	1	12.5	0.375
me1-em5	11	4	36.4	0.773
me2-em10	17	4	23.5	0.795
me7-em4	9	2	22.2	0.340
me7-em6	19	5	26.3	0.780
me2-em9	16	8	50.0	0.935
me3-em1	7	4	57.1	0.795
me4-em4	5	3	60.0	0.828
me6-em3	18	2	11.1	0.565
me12-em5	12	3	25.0	0.668
me3-em7	11	4	36.4	0.873
me5-em7	9	2	22.2	0.635
me1-em4	15	3	20.0	0.633
me1-em6	20	7	35.0	0.905
me2-em2	9	3	33.3	0.875
me2-em4	6	3	50.0	0.570

条,位点多态性信息含量PIC变幅为0.093~0.935,平均为0.641。表现多态性的条带占总扩增条带的26.89%。引物me2-em9、me1-em6扩增的条带多,多态性丰富,可以有效地区分材料的差异。

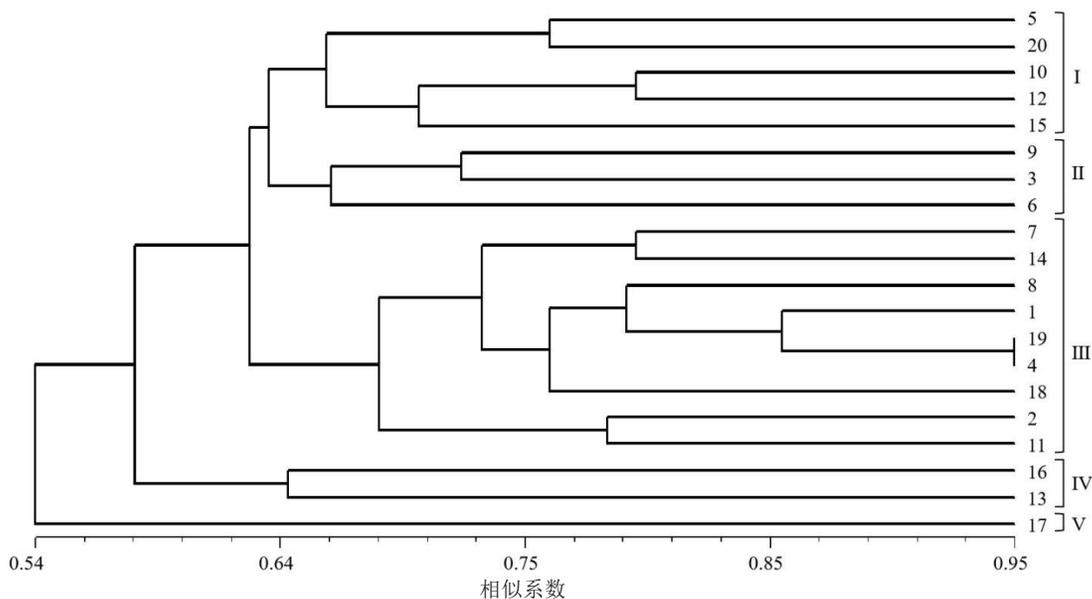


图3 20个辣椒品种聚类图

20份材料的农艺性状差异很大。因此,通过分子标记来分析它们之间的亲缘关系。根据26对SRAP引物的扩增结果进行聚类分析(图3),表明辣椒材料相互分开,在相似系数0.64处可以将20份供试材料分为5个类群。

I类,5个品种聚在这一类,主要表现为单果质量偏小,果实偏小,无茎茸毛,花柱长于雄蕊,果面光滑,果顶钝圆。

II类包括3个品种,主要表现为无茎茸毛,白色花冠和花柱,果面光滑,果顶钝圆,果基部宿存花萼平展,商品果横径长,果实横切面不规则,老熟果红色。

III类,9个品种,其农艺性状包括了绝大部分表现型。

IV类,2个品种,绿叶蓝花药,花梗下垂,无果肩,钝圆果顶,果基部宿存花萼下包,商品果纵径长,果实羊角形,果实横切面近圆形。ICPN21-07(编号16)是青熟果乳黄色,单果较重、熟期最晚;B1436(编号13)是青熟果墨绿色。

V类,1份材料为丑妞(编号19),青熟果色黄绿,老熟果色橙黄,果实横切面不规则,果面棱沟深,果形似长锥形呈皱缩形态。

3 讨论与结论

辣椒主要农艺性状的变异系数分析表明,单果质量变异系数最大,果实的大小是主要观赏点之一,可以利用性状的变异幅度选育新品种。多样性分析表明,20份辣椒种质具有较丰富的形态多样性,其33个性状的遗传多样性指数平均为1.16。数量性状的多样性指数数值相对比较集中,分布范围为1.40~1.97。其中,多样性指数最大的是株高,最小的是单果质量。说明了变异系数和多样性指数没有绝对的正负相关关系,与李宁等^[19]得出的结论一致。质量性状的多样性指数中最高的是青熟果色(1.89),表现型最丰富,其次是果形(1.88),最低的是花冠色(0.50)。徐睿等^[20]也得出相似结果,对40份观赏辣椒种质资源的主要农艺性状进行遗传多样性分析发现,质量性状中果形的多样性指数最高,表现型最丰富。果色和果形也都是主要的观赏点,丰富多样的性状可满足人们的观赏需求。辣椒作为观赏品种,选育的主要观赏性状是果形和颜色,果形和青熟果色多样性指数高,揭示所选材料多样性丰富,有选育和改良的空间。性状间的相关性分析结果表明,果形、果肩形状、果基部宿存花

萼、商品果纵径、商品果横径、果实横切面形状与多种性状显著相关,性状之间联系紧密。因此,要提高辣椒的观赏性,特别是果形的观赏性,可以以这6个性状为主进行选育;要提高辣椒的果色的观赏性,若育种目标是改变青熟果色,需要关注花冠色、主茎色、叶色;若育种目标是改变老熟果色,需要关注花柱色。在观赏用辣椒品种选育过程中,可将上述性状作为优先筛选目标。

笔者采用SRAP标记明确区分了20个辣椒品种,有研究^[21-22]表明,SRAP标记可以用来进行辣椒种质资源间的遗传多样性分析或品种鉴定。SRAP标记揭示了品种间的亲缘关系,对20份辣椒种质资源聚类分析发现,遗传相似系数为0.54,遗传进化关系比较远,可以应用杂交技术选育品种。西安市农业技术推广中心已经经过收集、自交纯化、筛选和杂交这一过程培育出观赏椒杂交新品种^[7]。本文的品种已经经过收集和纯化,在筛选后可通过杂交技术培育新品种。如紫簇星(编号4)和B144(编号19)的相似系数最高,遗传进化关系最近,两个品种都是紫色花冠,紫色青熟果,鲜红色老熟果。丑妞(编号17)的花冠是紫色,青熟果是黄绿色,老熟果是橙黄色。丑妞与紫簇星或B144的遗传关系最远,可以通过杂交改良花冠色和果色。20份辣椒种质资源材料的多样性指数说明了观赏性相关辣椒品种有较丰富的遗传多样性,聚类分析也表明亚组间和亚组内的表现型丰富,多样性高。余文中等^[6]同样通过50份材料的遗传多样性分析,结果表明观赏性辣椒种质材料的性状存在较大的差异性。说明观赏辣椒多样性丰富,为品种选育提供了较多的选择。笔者用26对具有多态性SRAP标记进行聚类分析,鉴定区分辣椒品种,并建立品种间的亲缘关系,为观赏用辣椒品种选育提供理论支持。

参考文献

- [1] 刘蕴贤,倪道明,李道珍,等.观赏椒新品种及开发应用前景[J].天津农业科学,2007,13(2):40-42.
- [2] 王学工,谭志刚,李玉玲,等.观赏椒新品种及开发应用前景[J].辣椒杂志,2007,2(2):5-7.
- [3] 陈红娜,周妍萍,张婷.观赏辣椒的市场应用及栽培技术:以广东省都市农业为例[J].中国园艺文摘,2012,28(9):135-136.
- [4] 王佳敏,刘敏,郭咏梅,等.AHP法和灰色关联法在观赏辣椒果实外观品质评价中的应用[J].山西农业大学学报(自然科学版),2019,39(1):73-78.
- [5] 赵东风,郭勤卫,项小敏,等.利用隶属函数法对观赏辣椒种质资源耐热性的评价[J].浙江农业科学,2019,60(1):64-66.
- [6] 余文中,刘崇政,杨红,等.观赏辣椒种质材料主要园艺性状差异性分析[J].湖南农业科学,2010(19):7-9.

- [7] 李敏侠,陈永顺,张兰英,等.观赏辣椒种质资源引进筛选及创新利用研究[J].陕西农业科学,2012,58(3):79-81.
- [8] 杨莎,陈文超,张竹青,等.观赏盆栽辣椒品种及关键栽培技术[J].湖南农业科学,2015(5):93-95.
- [9] 李谋智.盆栽观赏辣椒品种及栽培技术要点[J].中国蔬菜,2014(1):92-93.
- [10] 王怡玫,司雨,梁见冰,等.观赏辣椒立体栽培技术在观光农业中的应用[J].农业工程技术,2019,39(7):73-76.
- [11] 许红娟.几种观赏辣椒耐荫性分析[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [12] 李锡香,张宝玺,沈镡,等.辣椒种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [13] LI G, QUIRO C F. Sequence-related amplified polymorphism (SRAP), a new marker system based on a simple PCR reaction: its application to mapping and gene tagging in *Brassica*[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2001, 103(2):455-461.
- [14] 潘俊松,王刚,李效尊,等.黄瓜 SRAP 遗传连锁图的构建及始花节位的基因定位[J].自然科学进展,2005,15(2):167-172.
- [15] 马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方法 I : α 多样性的测度方法(下)[J].生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [16] 刘灿然,马克平,吕延华,等.生物群落多样性的测度方法VI:与多样性测度有关的统计问题[J].生物多样性,1998,6(3):229-239.
- [17] 赵香娜,李桂英,刘洋,等.国内外甜高粱种质资源主要性状遗传多样性及相关性分析[J].植物遗传资源学报,2008,9(3):302-307.
- [18] ANDERSON J A, CHURCHILL G A, AUTRIQUE J E, et al. Optimizing parental selection for genetic linkage maps[J]. Genome, 1993, 36(1):181-186.
- [19] 李宁,王飞,姚明华,等.国内外辣椒种质资源表型性状多样性及相关性分析[J].辣椒杂志,2015,13(1):8-13.
- [20] 徐睿,张雅楠,林子翔,等.观赏辣椒种质资源农艺性状遗传多样性关联分析[J].浙江农业学报,2018,30(11):1886-1892.
- [21] 张素勤,耿广东,周贤婷,等.贵州辣椒种质资源的表型和 SRAP 分析[J].山地农业生物学报,2008,27(3):228-232.
- [22] 李亚利,扈新民,赵丹,等.运用 SRAP 分子标记鉴定辣椒杂交种纯度[J].中国农学通报,2010,26(24):67-70.