

# 基于形态学标记的茄子种质资源遗传多样性分析

郑于莉, 刘燕\*, 姚慧静, 周刚, 袁鹤, 张新杰 (包头市农牧科学技术研究所, 内蒙古包头 014013)

**摘要** 为拓宽茄子遗传基础, 加快选育适合内蒙古地区种植的茄子新品种, 对 65 份茄子种质资源的 20 个形态学性状进行遗传多样性分析, 结果表明: 20 个性状在供试材料之间存在丰富的遗传变异, 变异范围在 16.40%~102.68%, 果形、单果重、果实纵径、果实横径、果形指数等与果实有关的性状均表现出较高的遗传变异; 果皮色、果萼颜色、首花节位与茎色呈极显著正相关, 果形与果肉色、果顶形状呈极显著正相关; 单果重与果顶形状、果形呈极显著负相关; 聚类结果较分散, 大致可分为 5 个大类 9 个亚类, 近缘野生茄和栽培茄与其近缘野生茄划分明显。

**关键词** 茄子; 种质资源; 形态学性状; 遗传多样性

中图分类号 S602.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)21-0128-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.21.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Analysis of Genetic Diversity of Eggplant Germplasm Resources Based on Morphological Markers

ZHENG Yu-li, LIU Yan, YAO Hui-jing et al (Baotou Science and Technology Research Institute of Agriculture and Animal Husbandry, Baotou, Inner Mongolia 014013)

**Abstract** In order to broaden the genetic basis of eggplant and speed up the breeding of new eggplant varieties suitable for planting in Inner Mongolia, this study used 65 eggplant germplasm resources as test materials to analyze the genetic diversity of 20 morphological traits. The results showed that there are abundant genetic variation among the tested materials. The variation range is between 16.40% and 102.68%. Fruit-related traits such as fruit shape, single fruit weight, fruit length, fruit width, and fruit shape index show high genetic variation; peel color, calyx color, first flower node position and stem color are extremely significant positive correlation, fruit shape, fruit flesh color and the shape of the top of the fruit is very significantly positively correlated; the weight of a single fruit is highly negatively correlated with the shape of the top and the shape of the fruit; the clustering results are relatively scattered and can be roughly divided into 5 categories and 9 subcategories. There is a clear distinction between wild eggplant and cultivated eggplant and its relative wild eggplant.

**Key words** Eggplant; Germplasm resources; Morphological traits; Genetic diversity

茄子是我国南北方主要的蔬菜种类之一, 在生产上占有重要地位, 在我国各地普遍栽培, 尤其是在广大农村, 茄子的栽培面积远比方茄大。茄子适应范围广泛, 易栽培, 生长期长, 产量较高, 较耐储运, 已成为由蔬菜生产基地运往城镇、南方运往北方的大宗蔬菜之一, 市场广阔, 经济效益显著。加大茄子种质资源的收集和鉴定, 对收集的资源开展鉴定评价和资源利用研究是种质创新、遗传改良和品种选育的基础。

目前, 对茄子进行遗传多样性评价鉴定的方法主要有形态标记法、细胞学标记法、生化标记法和分子标记法<sup>[1]</sup>。形态学性状的鉴定和描述是种质资源研究最直接、最基本的方法和途径<sup>[2]</sup>。吕玲玲等<sup>[3]</sup>对国内收集的 15 份资源进行了主要性状的描述和相关性分析, 并进行单性结实性鉴定, 筛选出“春秀”和“公牛长茄”2 个可在华南地区推广种植品种; 詹园凤等<sup>[4-5]</sup>通过对茄子种质资源形态学鉴定评价, 发现果实性状是茄子重要的形态学性状特征, 存在丰富的遗传差异, 结合研究其遗传规律指导田间常规茄子育种具有重要意义。笔者以引进的 65 份茄子种质资源为试材, 采用基本的形态学标记, 研究其遗传多样性和亲缘关系, 旨在为下一步种质资源的开发利用和加快育种效率及选育适合内蒙古地区种植的茄子新品种提供科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 供试材料** 供试材料为从中国农业科学院蔬菜花卉研究所国家种质资源库和其他地方(北京、西安、南京等)收集到的 65 份茄子种质资源。

**1.2 试验方法** 于 2018 年 4—9 月在包头市农牧业科学研究院蔬菜育种试验基地进行。采用完全随机区组设计, 3 次重复, 每小区选取 5 株生长状况优良一致的茄子样本, 使用游标卡尺、卷尺、天平、比色卡等测量工具, 对 20 个形态学性状(植株性状 2 个, 茎部性状 3 个, 花部性状 2 个, 叶部性状 1 个, 果实性状 12 个)进行调查。调查方法参照《茄子种质资源描述规范和数据标准》, 结合实际进行茄子形态学性状描述及赋值, 记录原始数据后取平均值。调查标准见表 1。

**1.3 数据处理** 利用 WPS 软件对数据进行整理, 利用 SPSS 16.0 对相关性状的数据进行描述性分析(主要包括平均值、最大值、最小值、标准差和变异系数), 利用 DPS 软件进行聚类分析。

## 2 结果与分析

**2.1 茄子种质资源形态学性状遗传变异** 对 65 个品种 20 个表型性状进行遗传多样性分析(表 2), 各性状在供试材料间存在不同程度的变异, 变异范围在 16.40%~102.68%, 平均变异系数为 39.59%。其中平均果实横径在各表型性状中变异系数最大, 为 102.68%, 叶刺和果形指数次之, 分别为 60.83%和 60.63%, 茎刺变异系数最小, 为 16.40%。平均果实横径和单果重 2 个性状在不同材料间变异丰富, 具有较大的改良潜力, 可以通过良种选配、栽培技术等手段加以改良。

**2.2 茄子种质资源形态学性状频率分布** 由表 3 可知, 65

**基金项目** 内蒙古农牧业科学院青年创新基金(2018QNJJN12)。  
**作者简介** 郑于莉(1987—), 女, 内蒙古赤峰人, 助理研究员, 硕士, 从事茄果类蔬菜新品种选育及生物技术应用研究。\*通信作者, 高级农艺师, 硕士, 从事番茄新品种选育研究。  
**收稿日期** 2021-02-24

份种质资源株型以直立和半开展为主, 频率分布共占 73.8%; 茎色以深紫为主, 占 38.4%; 茎刺以无为主, 占 89.3%; 茎茸毛以密为主, 占 55.4%; 叶刺以无为主, 占 92.3%; 花冠色泽以紫为主, 占 64.6%; 果形以长筒为主, 频率分布占 36.9%; 果皮色以黑紫为主, 占 36.9%; 果肉色以绿为主, 占 56.9%; 果面光泽以有为主, 占 58.4%; 果顶形状以凸为主, 占 58.5%; 果萼颜色以紫为主, 占 49.2%; 果萼下颜色以绿为主, 占 73.8%; 果柄萼片刺以少为主, 占 47.6%。

**2.3 茄子种质资源形态学性状相关性** 以 Spearman 等级相关系数对 65 份茄子种质资源的 20 个形态学性状进行相关性分析, 结果表明(表 4), 茎茸毛和茎色呈极显著负相关; 叶刺与茎刺、果柄萼片刺呈极显著负相关; 果皮色、果萼颜色、首花节位与茎色呈极显著正相关; 果萼下颜色与果皮色呈极显著正相关; 果肉色与果萼下颜色呈极显著正相关; 果形与花冠色泽、果柄萼片刺、果肉色、果面光泽、果顶形状呈极显著正相关; 株高与首花节位呈极显著正相关; 单果重与叶刺、果顶形状、果形呈极显著负相关; 果实纵径与茎刺、果柄萼片刺、果顶形状、果形呈极显著正相关; 果实横径与果顶形状、果形、果实纵径呈极显著负相关, 与单果重呈极显著正相关。

表 1 茄子主要形态学性状描述和赋值

Table 1 Main morphological characters description and assignment of eggplant

序号 No.	观察性状 Traits	特征及赋值 Characteristics and assignments
1	株型	直立=1, 开展=2, 半开展=3
2	茎色	绿=1, 浅紫=2, 紫=3, 深紫=4, 绿紫=5
3	叶刺	无=1, 少=2, 中=3, 多=4
4	花冠色泽	白=1, 绿白=2, 浅紫=3, 紫=4
5	果柄萼片刺	有=1, 少=2, 无=3
6	茎刺	有=1, 无=2
7	果皮色	白=1, 白绿=2, 绿=3, 橘红=4, 浅紫=5, 鲜紫=6, 紫红=7, 黑紫=8, 花皮=9
8	果萼下颜色	白=1, 绿=2, 紫=3
9	茎茸毛	无=1, 稀=2, 密=3
10	果肉色	白=1, 黄白=2, 绿白=3, 绿=4
11	果面光泽	有=1, 无=2
12	果顶形状	凹=1, 平=2, 凸=3
13	果萼颜色	绿=1, 绿紫=2, 紫=3
14	果形	扁圆=1, 圆球=2, 高圆=3, 卵圆=4, 长卵=5, 短筒=6, 长筒=7, 长条=8, 线型=9, 短羊角=10, 长羊角=11
15	首花节位	—
16	株高	cm
17	单果重	g
18	果实纵径	cm
19	果实横径	cm
20	果形指数	—

表 2 茄子种质资源形态学性状遗传变异性统计

Table 2 Statistics of genetic variability of morphological characters of eggplant germplasm resources

指标 Index	植株 Plant		花部 Flower		茎部 Stem			叶刺 Leaf thorn	果实 Fruit	
	株型 Plant type	株高 Plant height cm	花冠色泽 Corolla color	首花节位 First flower node position	茎色 Stem color	茎茸毛 Stem pubescence	茎刺 Stem thorn		果柄萼片刺 Fruit stalk sepal thorn	果肉色 Fruit flesh color
最大值 Maximum	3	107.50	4	12	5	3	2	4	3	4
最小值 Minimum	1	51.00	1	4	1	1	1	1	1	1
极差 Range	2	56.50	3	8	4	2	1	3	2	3
平均数 Mean	2	74.79	3.52	6.75	3.03	2.55	1.89	1.20	2.28	3.14
标准差 Std. deviation	0.87	12.88	0.79	1.94	1.09	0.50	0.31	0.73	0.67	1.17
变异系数 Coefficient of variation/%	43.50	17.22	22.44	28.74	35.97	19.61	16.40	60.83	29.39	37.26

指标 Index	果实 Fruit									
	果皮色 Pericarp color	果萼下颜色 Color under fruit calyx	果面光泽 Fruit surface luster	果顶形状 Fruit top shape	果萼颜色 Color of fruit calyx	果形 Fruit shape	单果重 Single fruit weight g	果实纵径 Fruit longitudinal diameter cm	果实横径 Fruit diameter cm	果形指数 Fruit shape index
最大值 Maximum	9	3	2	3	3	11	922.00	66.44	68.54	7.00
最小值 Minimum	1	1	1	1	1	1	12.71	2.08	3.08	0.60
极差 Range	8	2	1	2	2	10	909.29	64.36	65.46	6.40
平均数 Mean	6.31	1.86	1.42	2.34	2.25	5.12	317.89	19.39	7.85	3.20
标准差 Std. deviation	2.22	0.50	0.50	0.85	0.83	2.25	170.03	9.56	8.06	1.94
变异系数 Coefficient of variation/%	35.18	26.88	35.21	36.32	36.89	43.95	53.49	49.30	102.68	60.63

表 3 茄子种质资源形态学性状频率分布

Table 3 Frequency distribution of morphological characters of eggplant germplasm resources

性状 Traits	特征 Characteristics	比例 Percentage/%
株型 Plant type	直立:开展:半开展	36.9:26.2:36.9
茎色 Stem color	绿:浅紫:紫:深紫:绿紫	12.3:16.9:29.4:38.4:3.0
茎刺 Stem thorn	有:无	10.7:89.3
茎茸毛 Stem pubescence	无:稀:密	0:44.6:55.4
叶刺 Leaf thorn	无:少:中:多	92.3:1.5:0:6.2
花冠色泽 Corolla color	白:绿白:浅紫:紫	6.1:0:29.3:64.6
果形 Fruit shape	扁圆:圆球:高圆:卵圆:长卵:短筒:长筒:长条:线型:短羊角:长羊角	10.7:9.2:4.6:10.7:10.7:10.7:36.9:6.5:0:0:0

接下表

续表 3

性状 Traits	特征 Characteristics	比例 Percentage//%
果皮色 Pericarp color	白:白绿:绿:橘红:浅紫:鲜紫:紫红:黑紫:花皮	4.6:3.0:9.6:0:16.9:7.6:13.8:36.9:7.6
果肉色 Fruit flesh color	白:黄白:绿白:绿	18.4:6.3:18.4:56.9
果面光泽 Fruit surface luster	有:无	58.5:41.5
果顶形状 Fruit top shape	凹:平:凸	24.7:16.9:58.4
果萼颜色 Color of fruit calyx	绿:绿紫:紫	24.6:26.2:49.2
果萼下颜色 Color under fruit calyx	白:绿:紫	20.0:73.8:6.2
果柄萼片刺 Fruit stalk sepal thorn	有:少:无	12.4:47.6:40.0

表 4 供试茄子 20 个形态学性状的相关性分析 ( $n=65$ )Table 4 Correlation analysis of 20 morphological characteristics of test eggplant materials ( $n=65$ )

指标 Index	株型 Plant type	茎色 Stem color	叶刺 Leaf thorn	花冠色泽 Corolla color	茎茸毛 Stem pubescence	茎刺 Stem thorn	果柄萼片刺 Fruit stalk sepal thorn	果皮色 Pericarp color	果萼下颜色 Color under fruit calyx	果肉色 Fruit flesh color
株型 Plant type	1									
茎色 Stem color	0.175	1								
叶刺 Leaf thorn	-0.210*	-0.135	1							
花冠色泽 Corolla color	-0.009	0.259*	0.054	1						
茎茸毛 Stem pubescence	0.000	-0.371**	-0.086	-0.093	1					
茎刺 Stem thorn	0.289*	0.240	-0.656**	0.071	0.088	1				
果柄萼片刺 Fruit stalk sepal thorn	0.252*	0.167	-0.415**	0.149	-0.231	0.271*	1			
果皮色 Pericarp color	0.122	0.362**	0.152	0.194	-0.179	-0.132	-0.140	1		
果萼下颜色 Color under fruit calyx	-0.087	-0.181	0.090	-0.065	0.057	-0.003	-0.147	0.369**	1	
果肉色 Fruit flesh color	0.035	0.110	-0.230	0.271*	0.016	0.263*	0.096	0.308*	0.642**	1
果面光泽 Fruit surface luster	0.000	-0.227	-0.124	0.147	0.254*	-0.009	0.005	-0.053	0.263*	0.278*
果顶形状 Fruit top shape	0.200	0.078	-0.379**	0.319**	-0.051	0.205	0.402**	0.024	0.121	0.401**
果萼颜色 Color of fruit calyx	0.093	0.655**	-0.353**	0.260*	-0.270*	0.350**	0.238	0.258*	-0.231	0.147
首花节位 First flower node position	0.049	0.330**	-0.174	-0.016	-0.108	0.163	0.088	0.119	-0.161	-0.101
果形 Fruit shape	0.126	0.083	-0.318**	0.329**	-0.120	0.200	0.396**	0.195	0.127	0.365**
株高 Plant height	-0.293*	0.103	-0.276*	-0.182	-0.235	0.127	0.032	-0.173	-0.125	-0.114
单果重 Single fruit weight	0.104	0.052	-0.434**	-0.265*	0.174	0.336**	-0.117	-0.123	-0.226	-0.098
果实纵径 Fruit longitudinal diameter	0.223	0.256*	-0.270*	0.270*	-0.182	0.382**	0.333**	0.188	0.073	0.283*
果实横径 Fruit diameter	0.104	0.089	-0.140	-0.255*	0.233	0.253*	-0.291*	-0.084	-0.140	-0.165
果形指数 Fruit shape index	0.088	0.143	-0.313*	0.336*	-0.195	0.241	0.389**	0.184	0.104	0.377**

指标 Index	果面光泽 Fruit surface luster	果顶形状 Fruit top shape	果萼颜色 Color of fruit calyx	首花节位 First flower node position	果形 Fruit shape	株高 Plant height	单果重 Single fruit weight	果实纵径 Fruit longitudinal diameter	果实横径 Fruit diameter	果形指数 Fruit shape index
株型 Plant type										
茎色 Stem color										
叶刺 Leaf thorn										
花冠色泽 Corolla color										
茎茸毛 Stem pubescence										
茎刺 Stem thorn										
果柄萼片刺 Fruit stalk sepal thorn										
果皮色 Pericarp color										
果萼下颜色 Color under fruit calyx										
果肉色 Fruit flesh color										
果面光泽 Fruit surface luster	1									
果顶形状 Fruit top shape	0.451**	1								
果萼颜色 Color of fruit calyx	-0.171	0.173	1							
首花节位 First flower node position	-0.325**	0.036	0.284*	1						
果形 Fruit shape	0.414**	0.766**	0.167	0.053	1					
株高 Plant height	-0.196	-0.046	0.100	0.387**	0.066	1				
单果重 Single fruit weight	-0.207	-0.407**	0.219	0.103	-0.380**	0.206	1			
果实纵径 Fruit longitudinal diameter	0.257*	0.607**	0.200	0.169	0.852**	0.190	-0.232	1		
果实横径 Fruit diameter	-0.198	-0.558**	0.038	0.056	-0.630**	0.047	0.837**	-0.365**	1	
果形指数 Fruit shape index	0.334**	0.735**	0.225	0.093	0.960**	0.127	-0.418**	0.849**	-0.683**	1

注: \* 表示相关性达显著水平( $\alpha=0.05$ ), \*\* 表示相关性达极显著水平( $\alpha=0.01$ )Note: \* indicates significant correlation( $\alpha=0.05$ ), \*\* indicates extremely significant correlation( $\alpha=0.01$ )

**2.4 茄子种质资源形态学性状聚类分析** 对 65 份茄子种质资源采用系统聚类中的组间连接法,以欧氏距离平方为遗传距离进行聚类分析,结果见图 1,在欧式距离大约为 6.87 时,65 份茄子种质资源可划分为五大类群。其中(表 5),第一类(I)分为 2 个亚类,主要包括 56 份材料,其中第一亚类包括 12 份材料,主要特点是株型以直立或半开展为主,有茎茸毛,茎色为紫或深紫,花冠色泽为紫或浅紫,无叶刺、茎刺,

果柄萼片刺少或无,大多数果色为紫色,果萼下颜色为白色,果肉色为白色或黄白,果面有光泽,果萼颜色以紫色为主,其中 25 和 33 为白茄,茎色浅紫,果皮白皮,果顶形状平,卵圆果;第二亚类包括 44 份材料,主要特点是有茎茸毛,无叶刺、茎刺,果柄萼片刺少或无,果皮色大多为黑紫,果肉色、果萼下颜色以绿为主,果顶形状以凸为主,11、44、41 和 54 为绿茄,划分为一小类,果皮色、果萼颜色、果萼下颜色为绿色,

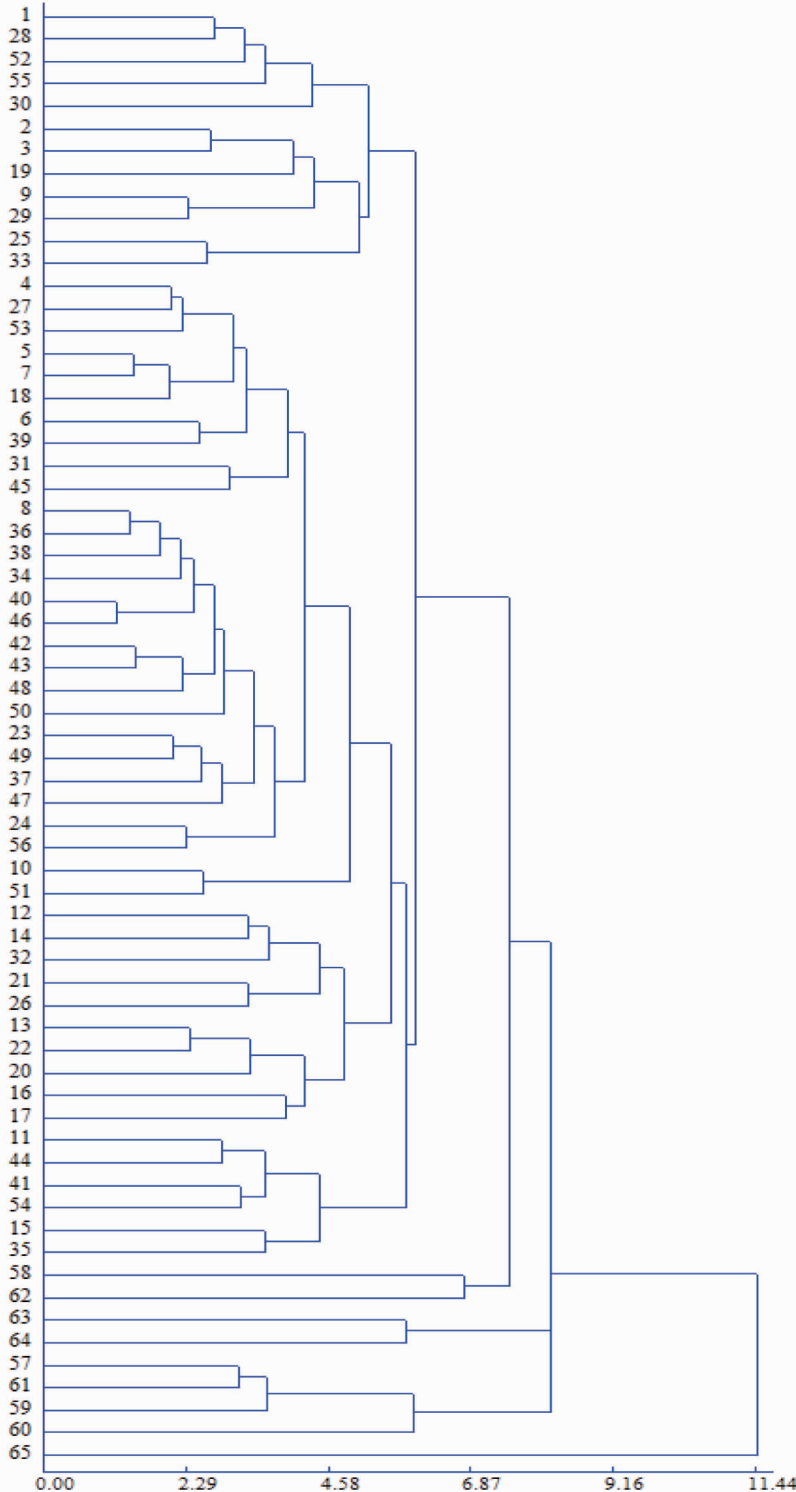


图 1 65 份茄子种质资源基于形态学性状的系统聚类图

Fig. 1 Systematic clustering diagram of 65 eggplant germplasm resources based on morphological traits

果形以长筒为主。

第二类(II)分为2个亚类,主要包括2份材料,编号58号材料来自云南,主要特点是株型直立,绿茎,无茎刺、叶刺、果柄萼片刺,茎茸毛多,白花绿皮白肉,果面有光泽,扁圆果,平均单果重29.82g;编号62号材料来自宁夏,主要特点是绿茎,有茎刺,无叶刺、果柄萼片刺,紫花白皮白肉绿萼,卵圆果,平均单果重22.80g。

第三类(III)主要包括2份材料,株型直立,浅紫花,无叶刺,有茎刺和果柄萼片刺,花皮绿白肉绿紫萼,果面无光泽,果形为短筒和长筒。

第四类(IV)分为2个亚类,主要包括4份材料,为近缘野生茄,其中第一亚类包括3份材料,株型直立,有茎刺和果柄萼片刺,叶刺多,紫花,多茸毛,紫茎花皮果,仅61号材料为绿茎紫皮果;第二亚类仅编号60号材料,株型直立,紫茎白花,叶刺多,有茎刺和果柄萼片刺,绿皮,绿紫萼,扁圆果,果面有光泽,平均单果重12.71g。

第五类(V)包括1份材料,半开展,绿紫茎,少叶刺,果柄萼片刺多,无茎刺,紫花,花皮白肉,圆果,果面有光泽,果顶凹。

表5 65份茄子种质资源基于形态学性状的系统聚类分析

Table 5 Morphological traits systematic cluster analysis of 65 eggplant germplasm resources

类 Type	亚类 Subclass	种质资源编号 Germplasm resources number	材料数 Number of materials//份
I	1	1、28、52、55、30、2、3、19、9、29、25、33	12
	2	4、27、53、5、7、18、6、39、31、45、8、36、38、34、40、46、42、43、48、50、23、49、37、47、24、56、10、51、12、14、32、21、26、13、22、20、16、17、11、44、41、54、15、35	44
II	3	58	1
	4	62	1
III	5	63	1
	6	64	1
IV	7	57、61、59	3
	8	60	1
V	9	65	1

### 3 结论与讨论

目前,茄子育种最常规的方法仍然是杂交育种,而亲本选配是杂交育种的基础。性状差异大的亲本杂交能表现出更好的杂种优势。因此,引进的资源需经过在本地试种、评价后才能推广或作为育种材料<sup>[3]</sup>。

该研究采用形态学标记,对65份种质资源20个性状统计分析,发现20个性状在供试材料之间存在丰富的遗传变

异,变异范围在16.40%~102.68%,叶刺变异程度较大,株高变异程度较小,与王佳慧等<sup>[6-8]</sup>结果相一致。另外,果形、单果重、果实纵径、果实横径、果形指数等与果实有关的性状均表现出较高的遗传变异;而果实形状虽多达8种,但以长筒形居多。果皮色、果萼颜色与茎色呈极显著正相关;果萼下颜色与果皮色呈极显著正相关;果肉色与果萼下颜色呈极显著正相关;果形与果肉色、果顶形状呈极显著正相关;单果重与果顶形状、果形呈极显著负相关;果实纵径与果顶形状、果形呈极显著正相关;果实横径与果顶形状、果形、果实纵径呈极显著负相关,与单果重呈极显著正相关。乔军<sup>[9]</sup>利用种内F2群体进行茄子果实性状的QTL定位,最终定位到2个QTLs与果形指数相关,4个QTLs与果长相关,2个QTLs与果径相关。Frery等<sup>[10]</sup>采用CIM算法研究栽培茄与野茄杂交的F2群体主要形态性状,通过基因分型发现4个QTLs与果长相关,分别位于第1、2、7和9连锁群上,果重相关的4个QTLs也分别位于这4个连锁群上。

通过对65份茄子资源聚类分析发现,聚类结果较分散,大致可分为5个大类9个亚类,具有各自不同的性状特征。近缘野生茄与栽培茄与其近缘野生茄能够较好地区分,但栽培茄大部分资源(44份)集中在一个亚类中,划分不理想,说明供试材料间遗传相似性高,遗传基础狭窄。

形态学标记受基因和环境2个因素控制,因此在种质资源评价鉴定上,应结合分子标记等方法,能更加准确地探索和把握茄子种质资源的遗传特性及亲缘关系。

### 参考文献

- [1] 郭守鹏,马村,徐佳宁,等.基于表型性状和SSR标记的茄子种质资源亲缘关系比对分析[J].农业科技通讯,2019(9):162-167,296.
- [2] 郁香荷,章秋平,刘威生,等.中国李种质资源形态性状和农艺性状的遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2011,12(3):402-407.
- [3] 吕玲玲,李威,肖熙鸥.茄子种质资源主要性状评价及其相关性分析[J].中国农学通报,2016,32(4):165-170.
- [4] 詹园凤,党选民,孙威振,等.茄子果实的主要性状、营养品质及其相关性分析[J].长江蔬菜,2010(12):52-54.
- [5] 庞文龙.茄子果形、果色及果萼色性状的遗传研究[D].北京:中国农业科学院,2008.
- [6] 王佳慧.国外茄子种质资源主要农艺性状鉴定与评价[D].保定:河北农业大学,2012.
- [7] 李鲁俊,姚佳丽,杨凤娟,等.茄子种质资源农艺性状测定与评价[J].山东农业大学学报(自然科学版),2019,50(5):740-746.
- [8] 郭守鹏,田凤玉,苏甲,等.基于表型性状的茄子遗传多样性分析[J].中国园艺文摘,2018,34(3):6-10,133.
- [9] 乔军.茄子果实性状遗传研究及果形QTL定位[D].北京:中国农业科学院,2011.
- [10] FRARY A, FRARY A, DAUNAY M C, et al. QTL hotspots in eggplant (*Solanum melongena*) detected with a high resolution map and CIM analysis[J]. Euphytica, 2014, 197(2): 211-228.

(上接第127页)

- [15] PATRO R, DUGGAL G, LOVE M I, et al. Salmon provides fast and bias-aware quantification of transcript expression[J]. Nature methods, 2017, 14(4): 417-419.
- [16] ROBINSON M D, MCCARTHY D J, SMYTH G K. edgeR: a Bioconductor package for differential expression analysis of digital gene expression data[J]. Bioinformatics, 2010, 26(1): 139-140.
- [17] YASUDA M, ISHIKAWA A, JIKUMARU Y, et al. Antagonistic interaction between systemic acquired resistance and the abscisic acid-mediated abiotic stress response in *Arabidopsis* [J]. Plant cell, 2008, 20(6): 1678-

- 1692.
- [18] 周三,周明,张硕,等.盐生野大豆的异黄酮积累及其生态学意义[J].植物生态学报,2007,31(5):930-936.
- [19] 严俊鑫,迟德富,张永强,等.水杨酸诱导重瓣玫瑰对白粉病的抗性[J].东北林业大学学报,2013,41(8):95-101.
- [20] BISWAS C, DEY P, KARMAKAR P G, et al. Next-generation sequencing and micro RNAs analysis reveal SA/MeJA/ABA pathway genes mediated systemic acquired resistance(SAR) and its master regulation via production of phased, trans-acting siRNAs against stem rot pathogen *Macrophomina phaseolina* in a RIL population of jute (*Corchorus capsularis*) [J]. Physiological and molecular plant pathology, 2014, 87: 76-85.