

赵云霞, 颜秀娟, 王学梅, 等. 246 份番茄种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(17): 134–140.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.17.024

246 份番茄种质资源表型性状的遗传多样性

赵云霞¹, 颜秀娟¹, 王学梅¹, 杨冬艳¹, 苏 慧²

(1. 宁夏农林科学院园艺研究所, 宁夏银川 750002; 2. 银川能源学院, 宁夏银川 750002)

摘要:为研究番茄种质资源的遗传多样性和亲缘关系, 科学评价种质, 以 246 份番茄种质资源为试验材料, 对其 25 个质量性状和 8 个数量性状进行遗传多样性、相关性、主成分分析。结果表明: 供试材料的表型性状具有丰富的遗传多样性, 质量性状中叶片着生状态的多样性指数最高的是 2.46; 单果质量的变异系数最大, 为 57.86%, 8 个表型性状的 F 值都达到了极显著的水平, 各性状间存在复杂的相互关系; 主成分分析中提取的 9 个主成分累计贡献率为 66.18%, 包含了全部指标的大部分信息。基于表型性状, 采用系统聚类组间聚合的方法在遗传距离为 10 处将供试的 246 份资源主要以单果质量划分为 4 个组群。明确番茄表型变异的丰富程度及不同种质间的遗传关系, 为番茄种质资源的进一步研究及番茄育种提供理论依据和工作基础。

关键词:番茄; 种质资源; 表型性状; 遗传多样性

中图分类号:S641.202.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)17-0134-07

番茄又名西红柿、洋柿子, 是茄科番茄属 1 年生或多年生草本植物, 原产于南美洲。在南美西部安第斯山脉的狭长地带均有番茄野生种存在^[1]。番茄是严格的自花授粉植物, 经过长期的驯化和选育, 番茄的遗传背景逐渐变窄^[2], 因此广泛收集资源来丰富番茄的种质资源遗传背景, 这对其育种极为重要^[3]。植物表型的变化反映了基因型对环境变化的适应程度, 植物表型在长期的压力选择中发生不可逆的变化, 经稳定遗传后产生新的基因型。因此, 表型变异往往在适应和进化上有重要意义^[4]。目前有关番茄种质资源遗传多样性的研究报道较多, 孙亚东等对番茄种质资源材料进行了遗传多样性和亲缘关系的分析^[5-12]。同时, 主成分分

析^[13-14]、聚类分析^[15-16]等统计方法的应用为研究种质资源奠定了基础。

番茄品种改良的关键是种质资源的有效利用, 进行番茄种质资源遗传多样性和分类的研究, 对于鉴别特异种质、确定核心亲本、提高遗传育种效率具有重要意义^[17]。因此, 本试验在前人研究的基础上, 针对收集到的 246 份番茄种质资源材料的 33 个表型性状进行遗传多样性分析研究, 利用主成分分析和聚类分析方法从形态学水平上研究其遗传多样性, 明确番茄表型变异的丰富程度及不同种质间的遗传关系, 以期对番茄种质资源的进一步研究及番茄育种提供理论依据和工作基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为宁夏农林科学院园艺研究所蔬菜课题组于 2018—2020 年收集的 246 份材料, 如表 1 所示。

收稿日期: 2020-12-29

基金项目: 宁夏农林科学院科技创新专项(编号: DWX-2018031);

宁夏农林科学院科技平台提升项目(编号: NKYP-19-12); 国家大宗蔬菜产业技术体系建设专项(编号: CARS-23-G24)。

作者简介: 赵云霞(1983—), 女, 山东高唐人, 硕士, 助理研究员, 从事蔬菜栽培及番茄育种研究。E-mail: yunxiazha2011@163.com。

农业大学, 2015。

[15] 费英杰. 柳树优良无性系在北京地区的观赏和用材价值评价[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2014。

[16] 刘可越, 高文远, 张铁军, 等. RP-HPLC 法测定不同时期垂柳中木樨草素-7-O- β -D-吡喃葡萄糖苷[J]. 中草药, 2005, 36(11): 1724–1726。

[17] 王雪梅. 基于层次分析法的彩叶树种综合评价[J]. 福建林业

科技, 2020, 47(1): 72–76。

[18] 戴中武, 沈立明, 吴小倩, 等. 基于层次分析法对 16 种独蒜兰属植物观赏价值综合评价[J]. 北方园艺, 2020(5): 73–79。

[19] 李国松, 蒋淑磊, 王印肖, 等. 基于层次分析法和聚类分析对珍贵树种分级研究[J]. 种子, 2019, 38(6): 70–75。

[20] 马 跃, 王宝宁. 基于层次分析法的木本园林植物养护评价[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(14): 2713–2716。

表 1 246 份番茄种质资源的编号及来源地区

编号	来源地区	编号	来源地区	编号	来源地区	编号	来源地区
1	宁夏	63	北京	125	山东	187	北京
2	宁夏	64	北京	126	山东	188	以色列
3	宁夏	65	北京	127	山东	189	辽宁
4	宁夏	66	成都	128	陕西	190	日本
5	宁夏	67	成都	129	上海	191	大连
6	宁夏	68	成都	130	沈阳	192	辽宁
7	宁夏	69	成都	131	沈阳	193	河北
8	宁夏	70	成都	132	沈阳	194	北京
9	宁夏	71	成都	133	寿光	195	北京
10	宁夏	72	成都	134	寿光	196	山东
11	宁夏	73	大连	135	寿光	197	北京
12	宁夏	74	大同	136	寿光	198	北京
13	宁夏	75	大同	137	寿光	199	北京
14	宁夏	76	大同	138	四川	200	福建
15	宁夏	77	大同	139	四川	201	福建
16	宁夏	78	大同	140	宁夏	202	福建
17	宁夏	79	大同	141	西安	203	福建
18	宁夏	80	大同	142	云南	204	福建
19	宁夏	81	大同	143	浙江	205	福建
20	宁夏	82	菏泽	144	北京	206	福建
21	宁夏	83	甘肃	145	北京	207	福建
22	宁夏	84	甘肃	146	河南	208	福建
23	宁夏	85	广西	147	山东	209	福建
24	宁夏	86	广州	148	山东	210	福建
25	宁夏	87	广州	149	福建	211	福建
26	宁夏	88	广州	150	福建	212	福建
27	宁夏	89	广州	151	福建	213	福建
28	宁夏	90	广州	152	福建	214	福建
29	宁夏	91	河南	153	以色列	215	福建
30	宁夏	92	河南	154	福建	216	福建
31	宁夏	93	河南	155	北京	217	福建
32	宁夏	94	河南	156	北京	218	福建
33	宁夏	95	河南	157	福州	219	福建
34	宁夏	96	河南	158	福州	220	福建
35	宁夏	97	河南	159	福州	221	福建
36	宁夏	98	河南	160	福州	222	福建
37	宁夏	99	河南	161	广州	223	福建
38	宁夏	100	河南	162	广州	224	福建
39	宁夏	101	河南	163	厦门	225	福建
40	宁夏	102	湖南	164	厦门	226	福建
41	北京	103	宁夏	165	厦门	227	福建
42	寿光	104	宁夏	166	台湾	228	台湾
43	寿光	105	宁夏	167	北京	229	台湾
44	寿光	106	宁夏	168	北京	230	福建
45	寿光	107	宁夏	169	北京	231	福建
46	寿光	108	宁夏	170	北京	232	福建
47	寿光	109	宁夏	171	北京	233	福建
48	山东	110	宁夏	172	北京	234	福建
49	山东	111	宁夏	173	北京	235	福建
50	安徽	112	宁夏	174	宁夏	236	宁波
51	安徽	113	宁夏	175	宁夏	237	福建
52	安徽	114	宁夏	176	宁夏	238	福建
53	北京	115	宁夏	177	北京	239	福建
54	北京	116	宁夏	178	北京	240	福建
55	北京	117	宁夏	179	北京	241	福建
56	北京	118	宁夏	180	广州	242	福建
57	北京	119	宁夏	181	河南	243	福建
58	北京	120	宁夏	182	河南	244	福建
59	北京	121	宁夏	183	福州	245	福建
60	北京	122	宁夏	184	福州	246	福建
61	北京	123	宁夏	185	北京		
62	北京	124	山东	186	北京		

1.2 试验设计

试验在宁夏农林科学院现代农业综合试验示范基地蔬菜种质资源圃进行。采用完全随机区组排列的方式将引进的番茄种质材料,于每年4月育苗,5月定植,畦宽70 cm,畦沟宽95 cm,畦高25 cm,株距35 cm,双行定植,每个资源定植30株,统一进行日常田间管理。

1.3 表型性状的调查

番茄生长发育时期主要以第1穗果白熟期、第2穗果成熟期和第3穗果成熟期为主,每个种质资源随机调查10株,共调查33个形态指标。其中,纵径、横径、果梗洼大小、果洼处木栓化大小、果肉厚度均采用游标卡尺测量,可溶性固形物含量采用TD-45糖度计测量,单果质量采用称质量法测量。质量性状采用直接观察法,分别调查生长习性、株型、花序类型、花柱长度、花柱形状、花柱茸毛、花色、茎叶茸毛、叶片类型、叶片形状、叶片着生状态、叶色、叶裂刻、成熟前果色、成熟果色、果面棱沟、果面茸毛、果顶形状、果肩、果肩形状、果形、果实横切面形状、果肉色、胎座胶状物质颜色、果皮色25个指标。具体观测标准参照文献[18]。

1.3 数据统计和分析

应用Excel 2007进行数据的整理分析与相关计算。应用SPSS 20.0计算各质量性状的分布频率及遗传多样性指数(H'),各数量性状的最小值、最大值、平均值、标准差、变异系数。

分布频率 $P_{ij} = n_{ij}/n$ 。式中: P_{ij} 表示第*i*个性状第*j*个变异的分布频率; n_{ij} 表示第*i*个性状处于第*j*个变异的材料数量,个; n 表示材料的总数,个。

变异系数(coefficient of variation, CV) = σ/μ (σ 表示标准差; μ 表示平均值),表示某一性状的离散程度。

遗传多样性指数。利用数据的平均值和标准差进行10个等级的划分,每 0.5σ 为1级。香农-威纳(Shannon - Wiener)多样性指数(H') = $-\sum_{i=1}^n [P_i (\ln P_i)]$ ($i=1,2,3,\dots$)。其中: P_i 是某性状第*i*个级别的材料数占总材料数的比例。

用SPSS 20.0进行相关性分析和主成分分析,同时基于246份番茄种质资源的28个表型性状,利用组间聚合的方法进行系统聚类,采用欧式距离绘制树状图。

2 结果与分析

2.1 番茄种质资源表型性状的遗传多样性分析

2.1.1 质量性状的遗传多样性 对供试的 246 份

番茄种质资源材料的 25 个主要质量性状进行描述性统计分析(表 2),共检测到 92 个变异类型,各个性状变异类型频率分布各不相同。

表 2 番茄种质资源质量性状遗传多样性指数和比例分布

质量性状	<i>H'</i>	分布比例(%)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
生长习性	0.21	94.72	5.28								
株型	0.28	8.13	91.87								
花序类型	0.55	0.41	84.55	10.16	4.88						
花柱长度	0.47	85.37	13.00	1.63							
花柱形状	0.49	80.89	19.11								
花柱茸毛	0.11	97.56	2.44								
花色	0.11	2.44	97.56								
茎叶茸毛	0.80	3.66	0.81	30.49	65.04						
叶片类型	0.88	2.44	2.44	50.41	44.71						
叶片形状	0.07	1.22	98.78								
叶片着生状态	2.46	6.50	36.18	57.32							
叶色	0.86		7.32	32.52	60.16						
叶裂刻	1.07	33.74	45.12	20.73	0.41						
成熟前果色	1.12	23.58	13.82	55.69	6.91						
成熟果色	1.16	0.81	0.81	5.29	0.81	1.22	48.78	39.43	0.41	0.41	2.03
果面棱沟	0.53	78.05	21.95								
果面茸毛	0.81	32.11	5.29	62.60							
果顶形状	0.58	0.81	12.19	77.24	8.13	1.63					
果肩	0.32	90.24	9.76								
果肩形状	0.22	95.10	4.10	0.80							
果形	1.04	1.63	19.10	67.89	4.88	2.03	0.41	3.25	0.81		
果实横切面形状	0.03	99.59	0.41								
果肉色	1.12	1.22	0.81	6.10	48.78	39.84	0.81	2.03	0.41		
胎座胶状物质颜色	1.19	45.53	2.03	37.81	8.13	6.50					
果皮色	0.73	53.66	45.53	0.81							

注:生长习性:1 代表无限生长、2 代表有限生长;株型:1 代表蔓生、2 代表半蔓生;花序类型:1 代表单花、2 代表单式花序、3 代表双歧花序、4 代表多歧花序;花柱长度:1 代表短于雄蕊、2 代表与雄蕊近等长、3 代表长于雄蕊;花柱形状:1 代表单圆花柱、2 代表扁生花柱;花柱茸毛:1 代表有、2 代表无;花色:1 代表浅黄、2 代表黄;茎叶茸毛:1 代表短稀、2 代表短密、3 代表长稀、4 代表长密;叶片类型:1 代表普通叶型、2 代表薯叶型、3 代表复宽叶型、4 代表复细叶型;叶片形状:1 代表羽状复叶、2 代表二回羽状复叶;叶片着生状态:1 代表直立、2 代表水平、3 代表下垂;叶色:2 代表浅绿、3 代表绿、4 代表深绿;叶裂刻:1 代表浅、2 代表中、3 代表深、4 代表无;成熟前果色:1 代表绿白、2 代表浅绿、3 代表绿、4 代表深绿;成熟果色:1 代表黄白、2 代表浅黄、3 代表黄、4 代表橘黄、5 代表绿、6 代表粉红、7 代表红、8 代表深红、9 代表花色、10 代表咖啡色;果面棱沟:1 代表轻、2 代表无;果面茸毛:1 代表稀、2 代表中、3 代表无;果顶形状:1 代表深凹、2 代表微凹、3 代表圆平、4 代表微凸、5 代表凸尖;果肩:1 代表无、2 代表有;果肩形状:1 代表平、2 代表微凹、3 代表深凹;果形:1 代表扁平、2 代表扁圆、3 代表圆形、4 代表高圆、5 代表长圆、6 代表卵圆、7 代表桃形、8 代表长梨形;果实横切面形状:1 代表圆形、2 代表等边多规则;果肉色:1 代表黄白、2 代表浅黄、3 代表黄、4 代表粉红、5 代表红、6 代表绿、7 代表咖啡色、8 代表花色;胎座胶状物质颜色:1 代表黄白、2 代表黄、3 代表黄绿、4 代表绿、5 代表粉红;果皮色:1 代表无色、2 代表黄色、3 代表红色。

H' 为 0.03~2.46,其中 *H'* 超过 1.0 的番茄质量性状为叶片着生状态、叶裂刻、成熟前果色、成熟果色、果形、果肉色、胎座胶状物质颜色。叶片着生状态的 *H'* 最高,达到 2.46,其中以下垂为主,分布频率达到 57.32%;其次是胎座胶状物质颜色,其 *H'* 为 1.19,以黄白和黄绿为主,分布频率分别为 45.53%

和 37.81%;成熟果色的 *H'* 为 1.16,以粉红色和红色为主,分布频率分别为 48.78% 和 39.43%;果肉色的 *H'* 为 1.12,其中粉红色和红色的分布频率达到了 48.78% 和 39.84%;成熟前果色的 *H'* 为 1.12,以绿色为主,分布频率 55.69%;叶裂刻为中的分布频率达到 45.12%,果形为圆形的分布频率达到

67.89% ,生长习性以无限生长为主,分布频率 94.72% ;株型以半蔓生为主,分布频率 91.87% ;花序类型以单式花序为主,分布频率 84.55% ;花柱长度以短于雄蕊为主,分布频率 85.37% ;花柱形状以单花柱为主,分布频率 80.89% ;以有花柱茸毛为主,分布频率 97.56% ;花色以黄色为主,分布频率 97.56% ;茎叶茸毛以长密为主,分布频率 65.04% ;叶片类型以复宽叶型为主,分布频率 50.41% ;叶片形状以二回羽状复叶为主,分布频率 97.96% ;叶色以深绿为主,分布频率 60.16% ;果面棱沟以轻为主,分布频率 78.05% ;果面茸毛以无为主,分布频率 62.60% ;果顶形状以圆平为主,分布频率 77.24% ;果肩以无为主,分布频率 90.24% ;果肩形

状以平为主,分布频率 95.10% ;果实横切面形状以圆形为主,分布频率 99.59% ;果皮色以无色为主,分布频率 53.66% 。

2.1.2 不同数量性状的表型变异分析 对供试的 246 份番茄种质资源材料的 8 个主要数量性状进行描述性统计分析,结果见表 3。单果质量的变异系数最高,为 57.86% ,其次是心室数、果洼处木栓化大小和果梗洼大小,分别为 46.30% 、41.89% 和 41.84% ,可溶性固形物含量的变异系数较小,为 18.68% ,说明这个性状的变异程度较小。8 个表型性状的 *F* 值都达到了极显著水平,说明这 246 份番茄种质资源材料各表型性状间都存在着非常大的遗传差异。

表 3 番茄种质资源不同数量性状的变异分析

数量性状	均值	最大值	最小值	标准差	变异系数 (%)	<i>F</i> 值
单果质量(g)	146.02	404.63	8.46	84.49	57.86	734.70 **
纵径(mm)	56.26	120.92	21.10	13.97	24.83	3 989.44 **
横径(mm)	61.05	97.40	21.34	17.78	29.12	2 901.38 **
果梗洼大小(mm)	10.45	23.37	1.60	4.37	41.84	1 404.99 **
果洼处木栓化大小(mm)	4.50	11.70	0.67	1.89	41.89	1 401.75 **
果肉厚度(mm)	7.79	12.41	2.46	2.23	28.66	2 994.58 **
心室数(个)	4.26	14.50	2.00	1.97	46.30	1 147.69 **
可溶性固形物含量(%)	6.87	11.48	4.13	1.28	18.68	7 048.54 **

注: **、* 分别表示在 0.01、0.05 水平上显著差异。下表同。

2.2 不同数量性状表型性状间的相关性分析

性状的相关性可以通过对一种性状的选择间接达到选择另一种性状的效果,从而提高选择效率,加快育种的进程^[19]。由表 4 可知,不同表型性状间均存在极显著的相关关系。单果质量与纵经、横径、果梗洼大小、心室数、果肉厚度、果洼处木栓化大小极显著正相关,与可溶性固形物含量呈极显著负相关;纵径与横径、果梗洼大小、果肉厚度、心室数、果洼处木栓化大小呈极显著正相

关,与可溶性固形物含量呈极显著负相关;横径与果梗洼大小、果肉厚度、心室数、果洼处木栓化大小呈极显著正相关,与可溶性固形物含量呈极显著负相关;果梗洼大小与心室数、果肉厚度、果洼处木栓化大小呈极显著正相关,与可溶性固形物含量呈极显著负相关;果洼处木栓化大小与果肉厚度、心室数呈极显著正相关,与可溶性固形物含量呈极显著负相关;果肉厚度与心室数呈极显著正相关,与可溶性固形物含量呈极显著负相关;心

表 4 番茄种质资源不同数量性状的相关系数

数量性状	相关系数							
	单果质量	纵径	横径	果梗洼	果洼处木栓化	果肉厚度	心室数	可溶性固形物含量
单果质量	1.000							
纵径	0.806 **	1.000						
横径	0.948 **	0.776 **	1.000					
果梗洼	0.872 **	0.708 **	0.871 **	1.000				
果洼处木栓化	0.875 **	0.694 **	0.883 **	0.933 **	1.000			
果肉厚度	0.717 **	0.734 **	0.826 **	0.674 **	0.682 **	1.000		
心室数	0.774 **	0.512 **	0.724 **	0.673 **	0.684 **	0.328 **	1.000	
可溶性固形物含量	-0.527 **	-0.536 **	-0.601 **	-0.480 **	-0.493 **	-0.613 **	-0.268 **	1.000

室数与可溶性固形物含量呈极显著负相关。在极显著正相关关系中,单果质量与横径的遗传相关系数最大,为 0.948;果肉厚度与心室数的相关系数最小,为 0.328。在极显著负相关关系中,横径与可溶性固形物含量的相关系数最大,为 0.601;心室数与可溶性固形物含量的遗传相关性最小,相关系数为 0.268。

2.3 番茄种质资源表型性状的主成分分析

为了能够更加充分地反映番茄种质资源各性状间起主导作用的综合指标,对番茄种质资源调查的 33 个表型性状进行主成分分析,其结果(表 5)显示,9 个主成分的特征值都在 1.0 以上,提取的前 9 个主成分累积贡献率达到 66.18%,基本能够反映全部指标的大部分信息。

表 5 番茄种质资源 28 个农艺性状的主成分分析

农艺性状	载荷值								
	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6	主成分 7	主成分 8	主成分 9
生长习性	-0.19	0.03	0.02	0.28	0.04	0.34	-0.29	-0.42	0.05
株型	-0.16	-0.05	0.02	0.10	0.53	0.47	-0.02	0.19	0.07
花序类型	-0.63	-0.09	0.07	-0.17	0.19	-0.15	-0.14	0.04	0.19
花柱长度	-0.25	-0.28	-0.13	0.22	-0.20	0.20	0.00	0.40	0.30
花柱形状	0.26	0.03	-0.26	0.03	0.33	0.27	-0.18	0.28	0.03
花柱茸毛	-0.03	-0.73	0.45	-0.42	0.12	0.04	-0.07	-0.02	0.05
花色	0.03	0.73	-0.45	0.42	-0.12	-0.04	0.07	0.02	-0.05
茎叶茸毛	0.48	0.15	0.10	-0.25	0.12	0.02	-0.16	-0.19	-0.32
叶片类型	-0.09	0.50	-0.14	0.07	0.48	-0.28	-0.03	-0.22	0.34
叶片形状	0.23	0.25	0.14	-0.18	0.57	-0.44	0.00	-0.03	0.22
叶片着生状态	0.06	-0.25	0.18	0.09	-0.10	-0.32	0.53	-0.17	0.12
叶色	0.01	0.44	-0.48	-0.14	-0.03	-0.13	-0.07	0.27	-0.26
叶裂刻	0.25	0.11	0.15	-0.27	0.21	0.04	-0.19	0.50	-0.23
成熟前果色	0.41	0.21	0.11	-0.33	-0.05	-0.01	0.27	-0.02	0.03
成熟果色	0.18	0.55	0.65	-0.01	-0.10	0.14	0.03	0.10	0.21
果面棱沟	-0.78	0.05	-0.01	0.16	-0.05	0.18	-0.06	-0.09	0.02
果面茸毛	0.20	-0.08	-0.11	-0.05	0.10	0.12	0.40	0.36	0.24
果顶形状	-0.26	0.04	-0.03	-0.09	0.39	0.29	0.42	-0.32	-0.27
果肩	-0.02	-0.05	0.55	0.58	0.14	-0.23	-0.13	0.05	-0.27
果肩形状	0.01	-0.15	0.45	0.59	0.17	-0.16	-0.09	0.12	-0.32
果形	-0.51	-0.04	-0.13	0.12	0.23	0.32	0.25	-0.11	-0.01
果实横切面形状	-0.10	-0.09	0.09	0.42	0.13	-0.18	0.32	0.30	0.05
果肉色	0.04	0.53	0.72	-0.10	-0.13	0.19	-0.03	0.06	0.20
胎座胶状物质颜色	-0.29	0.17	0.11	0.26	-0.14	0.11	0.19	-0.02	0.14
果皮色	-0.12	0.42	0.36	-0.15	-0.15	0.26	-0.06	-0.04	0.02
单果质量	0.93	-0.08	-0.07	0.12	0.02	0.10	-0.07	-0.05	0.13
纵径	0.81	-0.06	-0.12	0.07	0.05	0.13	0.20	-0.08	-0.05
横径	0.97	-0.04	-0.03	0.07	0.00	0.04	-0.04	-0.03	0.04
果梗洼大小	0.89	-0.11	-0.01	0.11	-0.03	-0.01	-0.07	-0.04	0.14
果洼处木栓化大小	0.90	-0.07	-0.02	0.17	-0.04	0.01	-0.10	-0.03	0.13
果肉厚	0.85	0.12	0.02	-0.09	-0.04	0.02	0.19	0.03	-0.20
心室数	0.67	-0.20	-0.15	0.24	0.07	0.07	-0.29	-0.16	0.28
可溶性固形物含量	-0.62	-0.02	-0.19	-0.11	-0.08	-0.26	-0.29	0.03	0.16
特征值	7.85	2.70	2.55	1.97	1.48	1.44	1.40	1.31	1.14
贡献率	23.80	8.19	7.72	5.96	4.49	4.37	4.23	3.96	3.47
累计贡献率	23.80	31.99	39.71	45.67	50.16	54.53	58.76	62.71	66.18

主成分 1 特征值最大,为 7.85,贡献率为 23.80%。载荷值绝对值较高的农艺性状有横径、单果质量、果洼处木栓化大小、果梗洼大小、果肉厚度、纵径和果面棱沟,其载荷值分别为 0.97、0.93、0.90、0.89、0.85、0.81 和 0.78,这些性状主要反映果实外观性状。

主成分 2 特征值为 2.70,贡献率为 8.19%,载荷较高且为正的农艺性状有花色、成熟果色、果肉色、叶色、果皮色,载荷值分别为 0.73、0.55、0.53、0.44、0.42,这些性状主要与果实颜色有关。

主成分 3 载荷值正向较高的性状有果肉色、成熟果色,特征向量分别为 0.72、0.65,这些性状主要与果实颜色有关。

主成分 4 中载荷值正向较高的性状为果肩性状和果肩,载荷值分别为 0.59、0.58,说明这一主成分主要与果实外观有关。

主成分 5 累计贡献率为 50.16%,载荷值较高为正的性状是叶片形态和叶片类型,主要与叶片性状有关。

主成分 6 中载荷值正向最大的性状为株型,主要反映植株的性状。

主成分 7 累计贡献率达到 58.76%,叶片着生状态的载荷值最大,主要反映叶片的性状。

2.5 番茄种质资源表型性状的聚类分析

以 246 份番茄种质资源对的 8 个数量性状和 25 个质量性状的均值为基础数据,利用组间聚合的方法对 246 份番茄种质资源进行聚类,采用欧式距离绘制树状图,结果见图 1。按欧式距离 10 为阈值,可以将 246 份番茄种质材料分为 4 类,第 1 类 175 份,主要以中等番茄为主,单果质量 200 g 左右;第 2 类 49 份,以小果番茄为主,单果质量小于 40 g;第 3 类 8 份,以中果番茄为主,单果质量大于 40 且小于 100 g;第 4 类 4 份,分别是 14、101、237、21 号,以特大果番茄为主,单果质量大于 350 g。

3 结论与讨论

本研究通过对 246 份番茄种质资源的表型性状进行遗传多样性分析,在质量性状上,各个性状变异类型频率分布各不相同。Shannon - Wiener 多样性指数(H')变化范围 0.03 ~ 2.46, H' 超过 1.0 的番茄质量性状为叶片着生状态、叶裂刻、成熟前果色、成熟果色、果形、果肉色、胎座胶状物质颜色,叶片着生状态的 H' 最高,达到 2.46;通过对不同数量性

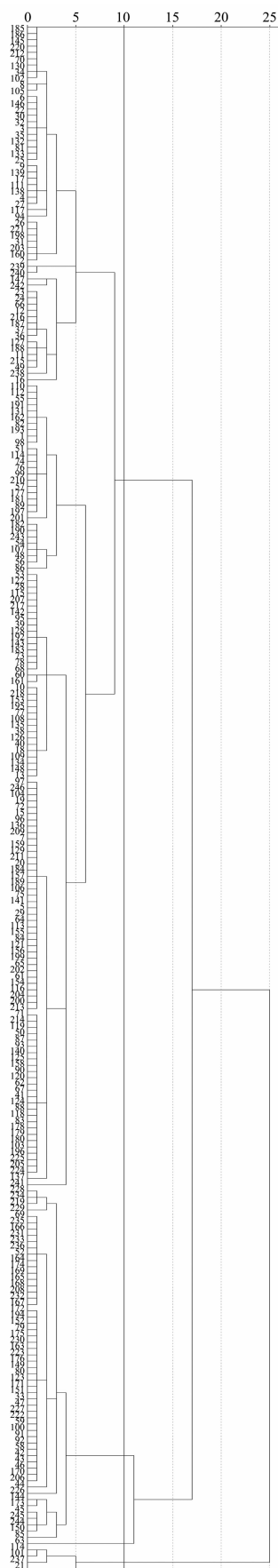


图1 番茄种质资源表型性状的聚类结果

状的表型变异分析,单果质量的变异系数最高,为 57.86%,8 个数量性状的 F 值都达到了极显著的水平,说明这 246 份番茄种质资源材料各表型性状间都存在着非常大的遗传差异。对 246 份番茄种质资源的 8 个数量性状进行遗传相关分析可知,所有表型性状间存在极显著相关关系。在极显著正相关中,单果质量与横径相关系数最大,为 0.948;在极显著负相关中,单果质量与可溶性固形物含量的相关系数最大,表明各性状间存在复杂的相互关系;主成分分析中 9 个主成分的累计贡献率为 66.18%,包含了全部指标的大部分信息。聚类结果显示,以欧式距离 10 为阈值,可将 246 份番茄资源分成四大类,主要以单果质量划分。聚在同一类的材料表明其亲缘关系较近,有可能来自同一个祖先,不同类别间种质资源的亲缘关系较远,遗传差异较大,多样性丰富,可丰富和拓宽番茄种质资源的遗传多样性,为番茄育种提供良好的资源材料。

参考文献:

- [1] 叶玉龙. 18 份国外番茄种质资源主要性状研究[D]. 贵阳:贵州大学,2007:4.
- [2] Rick C M. Germplasm resources in the wild tomato species[J]. *Acta Horticulturae*,1986,190:39-48.
- [3] 杜永臣. 番茄育种研究主要进展[C]//中国园艺学会. 全国蔬菜遗传育种学术讨论会论文集. 成都,2002:145-154.
- [4] Pigliucci M, Murren C J, Schlichting C D. Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation[J]. *Journal of Experimental Biology*,2006,209(12):2362-2367.
- [5] 孙亚东,梁燕,吴江敏,等. 番茄种质资源的遗传多样性和聚类分析[J]. *西北农业学报*,2009,18(5):297-301.
- [6] 龚亚菊,吴丽艳,黎志彬,等. 大果番茄种质资源的遗传多样性和聚类分析[J]. *西南农业学报*,2013,26(6):(26)2447-2450.
- [7] 芮文婧,王晓敏,张倩男,等. 番茄 353 份种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. *园艺学报*,2018,45(3):561-570.
- [8] 芮文婧,张倩男,王晓敏,等. 47 份大果番茄种质资源表型性状的遗传多样性[J]. *江苏农业科学*,2017,45(12):92-95.
- [9] 袁东升,王晓敏,赵宇飞,等. 100 份番茄种质资源表型性状的遗传多样性分析[J]. *西北农业学报*,2019,28(4):594-601.
- [10] 史建磊,宰文珊,陈依凯,等. 基于表型的樱桃番茄种质遗传多样性分析[J]. *热带作物学报*,2019,40(6):1095-1101.
- [11] 刘胤,陈涛,张静,等. 中国樱桃地方种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. *园艺学报*,2016,43(11):2119-2132.
- [12] 金兰,赵丽萍,王银磊,等. 番茄的配合力和杂种优势群的划分[J]. *江苏农业学报*,2019,35(3):667-675.
- [13] 王娇阳,赵永彬,冯春梅. 浙江省丝瓜种质资源主成分分析和聚类分析[J]. *植物遗传资源学报*,2014,15(6):1374-1379.
- [14] 苗锦山,刘彩霞,戴振建,等. 葱种质资源数量性状的聚类分析、相关性和主成分分析[J]. *中国农业大学学报*,2010,15(3):41-49.
- [15] 李春花,王艳青,卢文洁,等. 云南薏苡种质资源农艺性状的主成分和聚类分析[J]. *植物遗传资源学报*,2015,16(2):277-281.
- [16] 胡延吉,赵檀方. 小麦农艺性状主成分分析与种质资源评价的研究[J]. *作物研究*,1994(2):31-34.
- [17] 温庆放,朱海生,林义章,等. 樱桃番茄种质资源遗传多样性的 RDPD 分析[J]. *福建农业学报*,2006,21(1):59-62.
- [18] 李锡香,杜永臣. 番茄种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006:11-30.
- [19] 刘子记,申龙斌,杨衍,等. 甜椒核心种质遗传多样性与亲缘关系分析[J]. *江苏农业科学*,2016,44(5):199-202.