

# 樱桃番茄主要品质性状的主成分分析与综合评价

张 静<sup>1,2</sup>, 常 培 培<sup>2</sup>, 梁 燕<sup>2</sup>, 梁 静<sup>3</sup>, 赵 建 涛<sup>2</sup>, 邹 志 荣<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学 园艺实验教学示范中心, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100;  
3. 陕西金鹏种业公司, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:**以 60 份樱桃番茄品种为试材, 利用 SPSS 软件对其种质资源的主要品质性状进行了主成分分析和聚类分析。结果表明: 经主成分分析将 12 个品质性状综合成为 5 个主成分因子, 其累积贡献率可达 80.234% 以上; 经聚类分析 60 个樱桃番茄品种可划分为 8 类, 各类别间品质和遗传距离有较大差距。研究结果为番茄品质鉴定改良和品质育种提供了科学参考。

**关键词:** 樱桃番茄; 品质性状; 主成分分析; 聚类分析; 综合评价

**中图分类号:** S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2014)21-0001-07

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.) 是全球广泛种植的蔬菜作物。2008 年以来, 中国已成为世界面积和产量最大的番茄生产国, 产量占世界的 32%<sup>[1]</sup>, 同时为全球第二大番茄制品生产国和第一大出口国<sup>[2]</sup>。樱桃番茄(*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*) 是番茄属中多汁浆果 1 年生草本植物, 可以菜果两用, 其果实色泽艳丽、味道可口、营养丰富, 深受消费者喜爱, 目前已成为设施栽培最广泛的蔬菜之一。由于其适宜生食, 对品质的要求更高, 因此, 提高番茄产品质量, 包括果实外观品质和风味品质, 已经成为我国番茄产业发展的迫切需求, 而综合鉴定、评价和利用现有番茄种质资源是品质遗传改良、筛选和品质育种的基础性工作<sup>[3]</sup>。

前人对番茄种质的品质性状遗传多样性、品质性状分析鉴定和评价方法等方面开展了一些研究<sup>[4-9]</sup>。陈贤等<sup>[4]</sup>对种质资源主要品质性状进行了分析比较, 阐明了不同类型番茄种质中各品质性状的数量分布。孙保娟等<sup>[5]</sup>建立了樱桃番茄主要品质性状的遗传效应模型。孙亚东等<sup>[6]</sup>通过对国内外栽培番茄种质资源农艺和品质性状的聚类分析, 阐明了番茄资源的遗传多样性。张传伟等<sup>[7]</sup>对不同品种番茄的营养品质进行了综合分析与鉴定。前人在番茄品质性状的研究仅停留在遗传效应、数量分析、品质性状与农艺性状相关性分析等层面,

很难客观、全面、科学地对番茄品质及种质进行鉴定与综合评价。主成分分析方法是目前研究作物亲本数量性状直接关系及品质综合评价的一种有效方法<sup>[9-12]</sup>, 在番茄育种中, 由于品质大多数为数量性状, 在各种多指标分析中, 引入主成分分析方法, 可以在不损失或者很少损失原有信息的前提下, 将原来多指标问题转换为个数较少的彼此独立的新指标问题, 从而简化多指标分析<sup>[10]</sup>, 有利于提高多目标育种的亲本选配效果和育种水平, 而这一方法在番茄研究中应用较少。

该研究以陕西金鹏种业公司引入国内的 60 个樱桃品种(系)的育种原始材料为试材, 借助主成分分析和聚类分析的多元统计学方法, 对取得的各相关品质性状值进行综合评价, 从而为番茄品质鉴定改良和品质育种提供重要的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

田间试验于 2013 年 3—8 月在陕西金鹏种业公司日光温室内种植, 该处位于陕西省杨陵区, 地处北纬 34°17', 东经 108°05', 海拔约 500 m, 年均日照时数约 2 150 h, 年均气温 12~14℃, 年平均降水量逾 660 mm, 属大陆性暖温带季风气候。试验用日光温室为(50 m×9 m), 净种植面积约 400 m<sup>2</sup>, 试材随机区组排列, 3 次重复, 每个小区定植 30 株, 株距 35 cm, 行距 60 cm。

### 1.2 试验材料

供试樱桃番茄(*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*)品种共 60 份, 由陕西金鹏种业公司提供, 其品种编号及来源见表 1。试剂 β-胡萝卜素、番茄红素、乙腈、甲醇(色谱纯)购自 Sigma 公司。

**第一作者简介:** 张静(1979-), 女, 博士, 高级实验师, 研究方向为园艺植物生理及代谢。E-mail: yzjhj@nwsuaf.edu.cn.

**责任作者:** 邹志荣(1956-), 男, 陕西延安人, 教授, 博士生导师, 研究方向为设施园艺。

**基金项目:** 国家星火计划资助项目(2012GA850001-1)。

**收稿日期:** 2014-07-14

表 1

供试 60 份樱桃番茄品种编号和来源

Table 1

Names and sources of the 60 cherry tomato cultivars tested in this study

代码 Code	来源地 Origin	主要特性 Main characters	代码 Code	来源地 Origin	主要特性 Main characters	代码 Code	来源地 Origin	主要特性 Main characters
No. 1	山东	无限生长、红果	No. 21	河南	无限生长、红果	No. 41	陕西	无限生长、黄果
No. 2	山东	无限生长、红果	No. 22	山东	无限生长、红果	No. 42	新疆	无限生长、红果
No. 3	山东	无限生长、红果	No. 23	山东	无限生长、红果	No. 43	陕西	无限生长、红果
No. 4	山东	无限生长、黄果	No. 24	山东	无限生长、红果	No. 44	山西	无限生长、红果
No. 5	山东	无限生长、黄果	No. 25	山东	无限生长、红果	No. 45	山西	无限生长、红果
No. 6	山东	无限生长、红果	No. 26	河南	无限生长、红果	No. 46	山西	无限生长、红果
No. 7	山东	无限生长、红果	No. 27	陕西	无限生长、红果	No. 47	湖北	无限生长、红果
No. 8	山东	无限生长、红果	No. 28	陕西	无限生长、红果	No. 48	新疆	无限生长、红果
No. 9	山东	无限生长、红果	No. 29	陕西	无限生长、红果	No. 49	湖北	无限生长、红果
No. 10	山东	无限生长、黄果	No. 30	陕西	无限生长、红果	No. 50	湖北	无限生长、红果
No. 11	山东	无限生长、红果	No. 31	陕西	无限生长、红果	No. 51	湖北	无限生长、红果
No. 12	山东	无限生长、黄果	No. 32	陕西	无限生长、红果	No. 52	新疆	无限生长、红果
No. 13	山东	无限生长、红果	No. 33	新疆	无限生长、红果	No. 53	山西	无限生长、黄果
No. 14	江西	无限生长、黄果	No. 34	陕西	无限生长、红果	No. 54	新疆	无限生长、红果
No. 15	河南	无限生长、黄果	No. 35	陕西	无限生长、红果	No. 55	新疆	无限生长、黄果
No. 16	河南	无限生长、红果	No. 36	陕西	无限生长、红果	No. 56	陕西	无限生长、黄果
No. 17	河南	无限生长、红果	No. 37	陕西	无限生长、红果	No. 57	新疆	无限生长、红果
No. 18	山东	无限生长、红果	No. 38	陕西	无限生长、红果	No. 58	山西	无限生长、黄果
No. 19	山东	无限生长、红果	No. 39	陕西	无限生长、黄果	No. 59	新疆	无限生长、红果
No. 20	山东	无限生长、红果	No. 40	陕西	无限生长、黄果	No. 60	山西	无限生长、黄果

### 1.3 项目测定

单果质量(g,FM)用精度为 0.01 g 的电子天平测量,每次取 5 个果求平均值,重复 5 次。果实横径(mm,FW)和纵径(mm,FL)用游标卡尺测定,分别测果实最粗处的直径及果实果基到果顶的长度,各测定 5 次,取平均值。果色使用 CR-400 色差仪(KONICA,Co. Ltd.,Tokyo,Japan)沿果身四周测定颜色空间坐标 $L^*$ 、 $a$ 、 $b$ ,取平均值,果实色度的饱和度(%, $C^*$ )用  $Chroma(\%) = \sqrt{a^2 + b^2}$  计算,果实色彩角( $^\circ$ ,H)用  $Hueangle(^\circ) = \arctan(b/a \times 180/\pi)$  计算<sup>[13]</sup>。可溶性固形物(%,SSC)用 PAL-1 手持糖度计测定(ATAGO,Co. Ltd.,Tokyo,Japan)。维生素 C 含量(mg/100g,VC)用 2,6-二氯酚靛酚钠滴定法测定<sup>[14]</sup>。番茄红素质量分数(mg/100g,LYC)用 LC-20A 高效液相色谱测定(Shimadzu,Co. Ltd.,Tokyo,Japan),具体步骤参照蔡智鸣等<sup>[15]</sup>方法。 $\beta$ -胡萝卜素含量(mg/100g, $\beta$ -CAR)用高效液相色谱法测定,具体步骤参照蔡智鸣等<sup>[15]</sup>方法。还原性糖质量分数(%,RS)用 3,5-二硝基水杨酸法测定<sup>[14]</sup>。有机酸质量分数(%,TA)用 0.1 mol/L NaOH 滴定法测定<sup>[14]</sup>。

### 1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。其中,主成分分析调用 Factor 过程,以欧氏距离(Euclidean distance)测距,用组间联接法(Between-groups linkage)测量类间距,进行聚类分析,同时评选出优质、综合性状优良的品种。

## 2 结果与分析

### 2.1 番茄品质性状的变异及相关性分析

对 60 个亲本品种的品质性状的测定结果表明,不同品种各品质性状间的变异系数差异很大,以番茄红素含量的变异系数最大为 79.37%,单果质量次之为 59.57%; $\beta$ -胡萝卜素含量、果实色彩角、果实色度、维生素 C、纵径、横径差异不大,分别为 34.59%、29.72%、25.67%、25.30%、23.19%、19.22%;可溶性固形物、果实亮度、还原性糖、有机酸含量差异最小,分别为 14.32%、15.07%、16.02%、9.32%。表明我国番茄品种品质性状存在很大变异,变异范围广,遗传变异丰富,选择潜力大,通过育种途径改良番茄品质性状是可行的。

从表 2 品质性状相关性分析可知,各指标之间都存在着一定的相关性,其中番茄红素与果实色彩角、番茄红素与果实亮度、单果质量与可溶性固形物存在着极显著的负相关,维生素 C 与纵径、果实色彩角与果实亮度、果实色彩角与果实色度、果实色度与果实亮度、单果质量与横径、 $\beta$ -胡萝卜素与果实亮度、 $\beta$ -胡萝卜素与果实色度、还原性糖与可溶性固形物存在着极显著的正相关,果实横径与可溶性固形物、单果质量与果实纵径、番茄红素与果实色度存在显著的负相关,果实纵径与可溶性固形物、果实纵径与还原性糖存在显著的正相关,各品质性状提供的信息发生重叠,同时各单项指标对番茄品质所起的作用也不尽相同,因此直接利用这些指标不能准确评价番茄的综合品质。

表 2

果实品质性状相关分析

Table 2

Correlation analysis of fruit quality traits

	维生素 C VC $X_1$	可溶性固形物 SSC $X_2$	果实横径 FW $X_3$	果实纵径 FL $X_4$	单果质量 FM $X_5$	果实亮度 L* $X_6$	果实色度 C* $X_7$	果实色彩角 H $X_8$	番茄红素 LYC $X_9$	$\beta$ -胡萝卜素 $\beta$ -CAR $X_{10}$	还原性糖 RS $X_{11}$	有机酸 TA $X_{12}$
$X_1$	1.000											
$X_2$	0.189	1.000										
$X_3$	-0.288	-0.311 *	1.000									
$X_4$	0.628 **	0.321 *	-0.164	1.000								
$X_5$	-0.281	-0.544 **	0.671 **	-0.311 *	1.000							
$X_6$	0.039	0.138	0.103	0.033	0.108	1.000						
$X_7$	0.198	0.147	-0.104	0.183	-0.054	0.795 **	1.000					
$X_8$	0.022	0.109	-0.003	0.066	0.005	0.852 **	0.773 **	1.000				
$X_9$	0.211	-0.042	-0.173	0.203	-0.179	-0.580 **	-0.300 *	-0.627 **	1.000			
$X_{10}$	0.011	0.178	0.065	-0.080	-0.052	0.454 **	0.492 **	0.246	-0.035	1.000		
$X_{11}$	0.249	0.417 **	-0.121	0.304 *	-0.212	0.229	0.272	0.159	0.009	0.138	1.000	
$X_{12}$	0.168	-0.051	-0.089	0.088	-0.238	-0.171	-0.123	-0.110	-0.021	-0.011	-0.279	1.000

注: \* 代表相关显著( $P < 0.05$ ), \*\* 代表相关极显著( $P < 0.01$ )。

Note: \* shows significant correlation at 0.05 level, \*\* shows very significant correlation at 0.01 level.

## 2.2 番茄品质性状的主成分分析

据分析方差累计贡献率 $>80\%$ 的原则提取主成分,对番茄 12 个品质性状进行主成分分析,前 4 个主成分累计方差贡献率达 80.234%,基本代表了番茄主要品质性状 80%的遗传信息,可以用这 5 个主成分较好地代替上述 12 个品质特性来评价与判断番茄品质。

由表 3.4 可知,在第 1 主成分中果实亮度、果实色度、果实色彩角具有较高的载荷值,分别为 0.911、0.886、0.873,第一主成分反映原始数据信息量的 28.007%,这几个性状均与果实色泽有关,因此,称为果实色泽因子。决定第 2 主成分大小的主要是果实横径、纵径、单果质量,其载荷值分别为 0.664、0.649、0.783,贡献率为 23.006%,其中以单果重的特征向量绝对值最大,这些指标均与果形有关,因此,称为果形因子。决定第 3 主成分的主要是还原性糖、有机酸含量,其载荷值分别为 0.563、0.752,贡献率为 10.779%,这 2 个指标均与果实风味密切相关,称其为风味因子。决定第 4 主成分的主要是维生素 C 和可溶性固形物,其载荷值为 0.585、0.417,贡献率为 10.028%,其中维生素 C 是果实重要的营养成分之一,称为营养因子。决定第 5 主成分大小的主要有  $\beta$ -胡萝卜素、番茄红素等性状分量,其载荷值为

表 3 番茄品质性状的主成分分析

Table 3 Principal component analysis for quality traits of tomato

主成分 Component	初始特征值 Initial characteristic values		
	特征值 Eigenvalue	方差贡献率 Variance/%	累计贡献率 Cumulative/%
1	3.361	28.007	28.007
2	2.761	23.006	51.012
3	1.293	10.779	61.791
4	1.203	10.028	71.819
5	1.010	8.415	80.234
6	0.789	6.572	86.805
7	0.501	4.175	90.980
8	0.385	3.209	94.190
9	0.248	2.068	96.258
10	0.222	1.851	98.108
11	0.128	1.064	99.172
12	0.099	0.828	100.000

表 4 各品质性状的主成分载荷矩阵

Table 4 Principal component loading matrix for quality traits of tomato

性状 Trait	主成分 Principle component				
	1	2	3	4	5
$X_1$	0.199	0.643	0.063	0.585	0.024
$X_2$	0.362	0.575	0.076	-0.417	-0.090
$X_3$	-0.087	-0.664	0.329	0.329	0.090
$X_4$	0.217	0.649	0.194	0.530	-0.146
$X_5$	-0.129	-0.783	0.338	0.343	0.002
$X_6$	0.911	-0.282	-0.035	0.062	0.006
$X_7$	0.886	-0.031	-0.025	0.123	0.181
$X_8$	0.873	-0.235	-0.183	0.066	-0.210
$X_9$	-0.526	0.466	0.324	0.065	0.460
$X_{10}$	0.505	-0.063	0.013	-0.145	0.801
$X_{11}$	0.426	0.383	0.563	-0.157	-0.118
$X_{12}$	-0.170	0.195	-0.752	0.327	0.164

0.801、0.460,贡献率为 8.415%,这 2 个性状都与番茄加工品质密切相关,称其为加工因子。

## 2.3 樱桃番茄主要品种(系)的综合评价

根据林海明等<sup>[16]</sup>的方法,计算 5 个主成分与原 12 项品质性状指标的标准化数据的线性组合,即各主成分的表达式,其中第一个主成分线性组合为:

$$y'_{1j} = 0.109x'_{1j} + 0.197x'_{2j} - 0.047x'_{3j} + 0.118x'_{4j} - 0.070x'_{5j} + 0.497x'_{6j} + 0.483x'_{7j} + 0.476x'_{8j} - 0.278x'_{9j} + 0.275x'_{10j} + 0.232x'_{11j} - 0.093x'_{12j}.$$

其余 4 个主成分的线性组合以此类推。以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重,计算主成分综合模型为:

$$F = 0.226x'_{1j} + 0.120x'_{2j} - 0.046x'_{3j} + 0.221x'_{4j} - 0.081x'_{5j} + 0.128x'_{6j} + 0.193x'_{7j} + 0.090x'_{8j} + 0.074x'_{9j} + 0.154x'_{10j} + 0.183x'_{11j} - 0.033x'_{12j}.$$

根据 5 个主成分的线性组合以及综合得分公式,求得 60 个番茄品种(系)的主成分得分和综合得分,按前 5 个主成分大小依次排序,可判断各个性状在不同品种中所处的位置与比重,从而较直观地判断某一品种的优劣。

从表 5 可以看出,60 个樱桃番茄品种中,No.4 品种

表 5

番茄主成分得分及排名

Table 5

Principal components value of tomato cultivars

品种 Variety	第 1 主成分 Component 1	第 2 主成分 Component 2	第 3 主成分 Component 3	第 4 主成分 Component 4	第 5 主成分 Component 5	综合主成分 Synthetic component
No. 1	-1.682/54	-1.825/55	-0.831/45	-1.556/56	-0.268/35	-1.444/56
No. 2	-0.379/26	-0.081/38	-0.715/43	-1.164/51	-0.361/37	-0.433/44
No. 3	-2.151/58	-1.416/51	-0.831/46	-1.58/57	-1.181/54	-1.589/58
No. 4	4.216/1	0.562/25	-0.185/32	1.275/9	-1.327/57	1.629/1
No. 5	3.811/4	-1.299/50	-0.195/33	-2.072/59	1.431/5	0.824/9
No. 6	-0.781/38	-0.868/46	-0.797/44	-1.261/54	0.527/17	-0.731/51
No. 7	-1.325/50	0.108/33	-0.854/47	-0.116/34	0.316/23	-0.527/47
No. 8	-1.116/41	-0.366/42	0.837/17	-0.516/38	0.445/20	-0.4/42
No. 9	-2.278/60	-1.603/53	-1.331/53	-0.644/41	0.308/24	-1.481/57
No. 10	3.905/2	-2.883/56	-0.481/39	-0.754/44	2.706/1	0.661/15
No. 11	-2.113/57	-5.889/60	1.221/8	1.073/11	-0.300/36	-2.165/60
No. 12	-0.43/27	-1.119/49	1.414/6	-1.746/58	0.600/16	-0.437/45
No. 13	-0.316/23	1.392/12	-0.368/37	-1.178/52	0.695/14	0.167/30
No. 14	3.839/3	-3.102/57	1.933/4	1.405/7	1.910/3	1.083/5
No. 15	2.860/10	-0.041/36	-2.007/59	0.299/25	-0.829/47	0.669/14
No. 16	-2.207/59	-5.238/59	1.697/5	1.151/10	-1.478/58	-2.061/59
No. 17	-1.178/43	0.465/30	-1.417/55	-1.362/55	-0.013/27	-0.639/48
No. 18	-1.846/55	-1.67/54	-1.007/49	0.863/14	0.500/18	-1.098/54
No. 19	-0.711/33	0.809/23	1.091/11	-2.379/60	-0.685/45	-0.239/39
No. 20	-1.481/52	0.988/19	-1.217/51	-0.682/43	-0.061/30	-0.487/46
No. 21	-1.275/46	-3.336/58	1.074/12	0.231/27	-1.158/53	-1.354/55
No. 22	-1.261/45	-0.038/35	-1.897/58	0.030/30	-0.038/29	-0.704/50
No. 23	-1.951/56	-0.189/39	-2.292/60	-0.007/32	0.452/19	-0.994/53
No. 24	-1.518/53	-1.59/52	-0.375/38	2.490/1	0.427/21	-0.681/49
No. 25	-1.305/48	-0.066/37	-1.08/50	-0.608/40	-0.461/39	-0.744/52
No. 26	-0.581/29	-0.201/40	0.625/20	-0.877/46	-0.072/31	-0.294/40
No. 27	-0.06/18	0.798/24	-0.657/41	0.347/23	0.726/13	0.240/25
No. 28	-0.078/19	0.229/32	-0.158/31	-0.914/47	0.682/15	-0.025/34
No. 29	-0.374/25	1.801/5	-0.616/40	0.354/22	1.052/8	0.460/19
No. 30	-0.479/28	0.511/28	1.031/13	-1.092/50	0.836/11	0.069/32
No. 31	-1.341/51	0.473/29	-0.056/29	0.575/17	0.376/22	-0.227/38
No. 32	-0.912/39	0.547/26	0.157/25	-0.877/45	-0.425/38	-0.295/41
No. 33	-0.714/34	2.078/3	2.419/2	-0.978/49	2.596/2	0.822/10
No. 34	0.736/14	2.084/2	1.366/7	-0.93/48	-0.162/33	0.906/7
No. 35	-0.308/22	1.474/9	0.992/15	-0.267/36	-0.509/41	0.362/21
No. 36	-0.983/40	0.939/20	-0.268/34	0.030/31	-0.091/32	-0.116/37
No. 37	-0.604/31	0.291/31	-0.283/36	0.131/28	0.834/12	-0.061/35
No. 38	-0.33/24	1.551/8	0.030/28	0.574/18	0.227/25	0.430/20
No. 39	2.650/11	-0.625/45	-0.14/30	-0.646/42	-0.658/44	0.577/17
No. 40	3.423/7	-0.212/41	-0.275/35	0.464/20	-0.595/43	1.092/4
No. 41	1.574/13	-0.563/44	-1.577/56	0.648/16	-0.464/40	0.209/29
No. 42	-0.3/21	1.045/16	2.136/3	-1.248/53	-1.035/50	0.215/28
No. 43	-1.306/49	1.041/17	-1.414/54	0.867/13	1.168/7	-0.114/36
No. 44	-0.715/35	-0.037/34	0.210/24	-0.428/37	-1.122/51	-0.404/43
No. 45	0.163/17	1.144/15	0.088/27	0.071/29	-0.878/49	0.314/23
No. 46	-0.243/20	1.019/18	0.942/16	0.264/26	-0.266/34	0.339/22
No. 47	-1.282/47	1.676/6	0.666/19	0.826/15	-0.58/42	0.164/31
No. 48	-0.582/30	0.933/21	1.020/14	1.399/8	-0.862/48	0.285/24
No. 49	-0.735/37	1.446/11	0.737/18	1.720/4	1.038/9	0.582/16
No. 50	-1.186/44	1.573/7	0.441/22	2.269/2	1.002/10	0.485/18
No. 51	-0.643/32	0.525/27	0.590/21	0.400/21	-0.028/28	0.052/33
No. 52	-1.151/42	1.995/4	1.109/10	1.998/3	1.224/6	0.698/13
No. 53	3.587/6	-0.919/47	-0.995/48	0.519/19	1.796/4	1.108/3
No. 54	-0.72/36	1.456/10	-1.258/52	1.699/5	0.046/26	0.216/27
No. 55	2.959/8	-1.041/48	1.176/9	-0.041/33	-0.691/46	0.813/11
No. 56	3.716/5	1.183/14	0.140/26	-0.215/35	-1.243/55	1.498/2
No. 57	0.366/16	1.257/13	2.537/1	0.312/24	-1.278/56	0.732/12
No. 58	2.956/9	0.918/22	-0.679/42	-0.546/39	-1.933/60	0.933/6
No. 59	0.491/15	2.373/1	0.286/23	0.881/12	-1.132/52	0.881/8
No. 60	1.681/12	-0.469/43	-1.71/57	1.519/6	-1.734/59	0.230/26

注:表中数据表示得分/排名。

Note: Dates in the table mean score/order.



果实色泽因子得分最高, No. 9 品种果实色泽因子得分最低; No. 59 品种的果形因子得分最高, No. 11 品种的果形因子得分最低; No. 57 品种风味因子得分最高, No. 23 品种风味因子得分最低; No. 24 品种的营养因子得分最高, No. 19 品种的营养因子得分最低; No. 10 品种的加工因子得分最高, No. 58 品种的加工因子得分最低。从综合品质性状上看, 综合主成分分值越高, 综合品质表现越好。No. 4、No. 56、No. 53、No. 40、No. 14 品种均为黄果, 分别居综合主成分得分的前 5 名, 说明这 5 个品种的综合品质表现最好; No. 1、No. 9、No. 3、No. 16、No. 11 品种均为红果, 分别居综合主成分得分的最后 5 名, 说明这 5 个品种的综合品质表现最差。在对番茄品质进行评价时, 不能仅以某一个性状或随机某几个性状的优劣为依据, 而应对每个品种(系)进行全面系统科学综合评价。

#### 2.4 樱桃番茄主要品种(系)的聚类分析

根据所选的品质性状, 以欧氏距离为衡量各品种间差异大小的指标, 采用最远距离法对 60 个樱桃番茄品种(系)进行系统聚类分析, 由图 1 可知, 利用番茄的 5 个主成分因子可将 60 个番茄品种划分为 8 个类群。

聚入 A 类的有 29 个品种, 均为红果, 占总数的 48.33%, 综合主成分得分排名在 8~43 之间, 其果实色泽值、单果重、糖酸含量、维生素 C 含量、胡萝卜素含量均中等, 综合品质表现中等。

聚入 B 类的 13 个品种, 均为红果, 占总数的 21.67%, 综合主成分得分排名 $\geq 44$ , 其果实色泽值、单果重、糖酸含量、维生素 C 含量、胡萝卜素含量均偏低, 综合品质表现很差。

聚入 C 类的只有 No. 12 品种, 为黄果, 占总数的 1.7%, 综合主成分得分排名 45, 其糖酸含量较高、单果重、果实色泽值、维生素 C 含量均较低, 胡萝卜素含量中等, 综合品质较差。

聚入 D 类的只有 No. 33 品种, 为红果, 占总数的 1.7%, 综合主成分得分排名 10, 其糖酸含量、胡萝卜素含量、单果重分别排名第 2、2、3, 果实色泽值中等, 维生素 C 含量较低, 营养品质一般, 综合品质表现中等。

聚入 E 类的 9 个品种, 全部为黄果, 占总数的 15.0%, 聚入此类的品种综合得分 $\geq 0.230$ , 综合主成分得分排名均在前 26 名之内, 综合品质优良。这 9 个品种的胡萝卜素含量偏低, 维生素 C 含量较高, 果实色泽值高, 糖酸含量较低, 单果重偏低, 综合品质较好。

聚入 F 类的有 3 个品种, 分别是 No. 5、No. 10、No. 53 品种, 均为黄果, 占总数的 5.0%, 综合主成分得分排名分别为 No. 9、No. 15、No. 3, 综合品质较好。其维

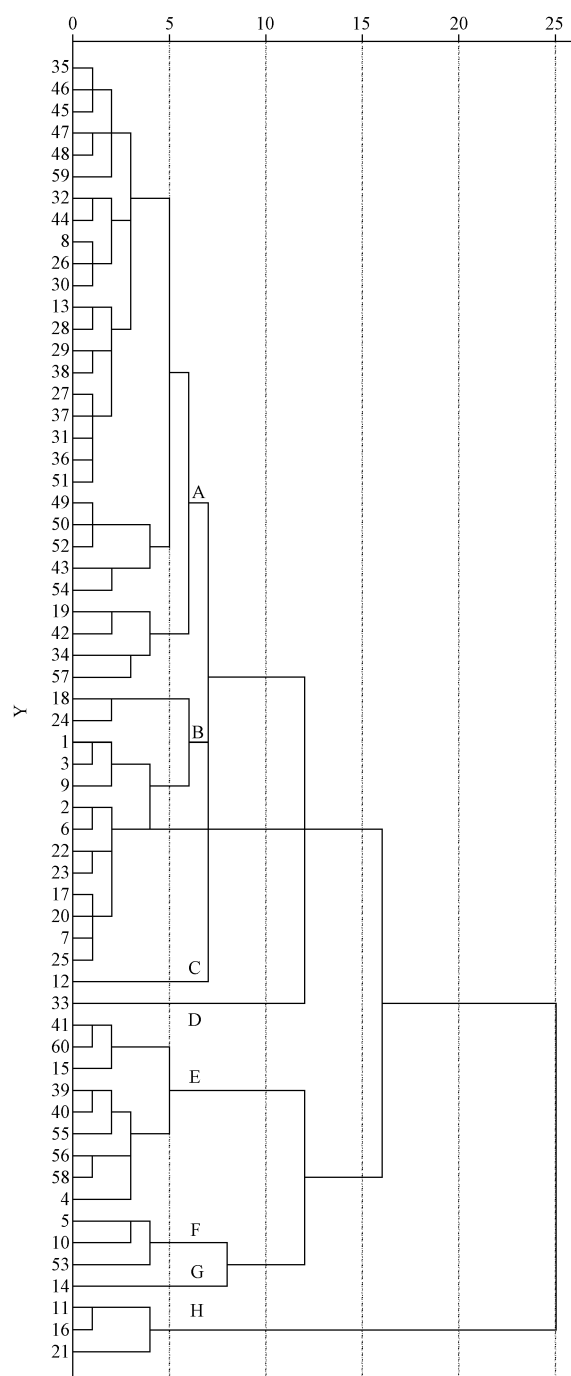


图 1 60 个番茄品种的聚类分析图

Fig. 1 Clustering analysis of 60 tomato cultivars

生素 C、胡萝卜素含量、糖酸含量较高, 相应的营养品质较好, 果实均为黄果, 色泽值低, 单果重低, 综合品质表现好。

聚入 G 类的只有 No. 14 品种, 为黄果, 综合主成分得分排名 5, 其果实色泽值、糖酸含量、维生素 C 含量、胡萝卜素含量均高, 单果重较小, 综合品质表现好。

聚入 H 类的只有 3 个品种, 分别是 No. 11、No. 16 和 No. 21 品种, 均为红果, 占总数的 5.0%, 其果实色泽

值、单果重、胡萝卜素含量低,糖酸含量、维生素 C 含量较高,综合品质中等。

### 3 讨论与结论

对供试品种的单果质量、果实横纵径、可溶性固形物、维生素 C 等 12 项番茄品质指标进行了分析。试验结果表明,12 项番茄品质指标的品种间均存在明显的遗传差异。番茄红素含量的变异系数最大为 79.37%,单果质量次之为 59.57%, $\beta$ -胡萝卜素含量、果实色彩角、果实色度、维生素 C、果实纵横径差异不大,可溶性固形物、果实亮度、还原性糖、有机酸含量的变异系数最小,表明在新品种选育过程中番茄红素的选育空间比较大,而可溶性固形物、果实亮度、还原性糖、有机酸的变异系数较小,选择的难度较大。

通过主成分分析,将 60 个番茄的 12 个品质性状指标转化为 5 个主成分,代表主要品质性状遗传信息的 80.234%的信息量,基本可以用来表达全部品质性状的信息。5 个主成分包含了果实色泽构成因子、果形构成因子、风味构成因子、营养构成因子、加工构成因子等番茄品质的多个方面,能比较客观地反映番茄的种质特点。但不同品种的遗传变异率有较大差异。这主要是由于在长期与环境的互作效应结合自然淘汰和人工定向选择的作用下,形成了变异丰富的品种基因型资源,这些品种具有明显生态区域性特点,在环境适应性、遗传稳定性存在差异,导致品种间遗传表现差异明显。

以番茄的主要品质性状为变量,根据主成分矩阵计算生物学性状指标的主成分值,再求得各品种的综合得分,并进行各主成分得分的排序,可评价不同品种主要品质性状的水平差异<sup>[10]</sup>。其中 No. 4、No. 53、No. 56、No. 40、No. 14 品种排在前 5 位,均为黄果品种(系),综合性状表现较为稳定,适应范围较广。

该试验用系统聚类法按欧式遗传距离进行聚类分析,将 60 份供试材料共分为 8 类,各类群之间在品质和遗传距离方面都有较大差异,在品质评价和品质育种中,可以根据育种目标,选择遗传差异大的亲本品种杂交,从而产生较高的遗传变异率,同时要充分考虑主成分的互补和遗传距离的选择,以便进一步筛选出更优品质的品种<sup>[6,17]</sup>。

聚类结果显示相同果色的品种(系)聚在一类,推断原因可能是由于我国的番茄地方品种形成时间较短,杂交亲本材料来源比较单一,所以这些品种(系)的遗传距离较近且许多品质性状都比较相似<sup>[18]</sup>。来源于相同或相邻区域的品种大多聚在一类,说明研究的品种(系)具

有一定的地理分布倾向,这主要是由于番茄品种在长期自然淘汰和人工选择下,形成了特定的区域生态型。但也有一些不同地区的品种聚在同一类中或同一地区的品种聚到不同类中,这可能是品种遗传分歧的多样性及人工目标育种导致品种性状趋同导致的结果。

该试验数据仅是 1 年的结果,分析中所选取的品质性状指标有限,尚需进一步试验分析。

(该文作者还有黄薪历、胡晓辉,单位同第二作者。)

### 参考文献

- [1] 张彩霞. 中国番茄出口贸易竞争力及国际比较[J]. 乡镇经济, 2009, 25(11): 53-57.
- [2] 赵雯, 李金叶. 中国番茄国际竞争力分析[J]. 新疆社会科学, 2008 (6): 28-32.
- [3] 齐乃敏, 杨少军, 朱龙英. 番茄主要品质性状的遗传研究进展[J]. 上海农业学报, 2006, 22(4): 140-143.
- [4] 陈贤, 龚元圣, 杨德. 番茄品系的品质性状分析[D]. 昆明: 云南农业大学, 2004.
- [5] 孙保娟, 孙光闻. 樱桃番茄主要品质性状的遗传效应分析[J]. 广东农业科学, 2006(1): 36-38.
- [6] 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.
- [7] 张传伟, 宋述尧, 赵春波, 等. 不同品种番茄营养品质分析与评价[J]. 中国蔬菜, 2011(18): 68-73.
- [8] 刘建辉, 张春莲, 唐爱均, 等. 番茄不同品种的品质分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(4): 43-46.
- [9] 王晓静, 梁燕, 徐加新, 等. 番茄品质性状的多元统计分析[J]. 西北农业学报, 2010, 19(9): 103-108.
- [10] 殷冬梅, 张幸果, 王允, 等. 花生主要品质性状的主成分分析与综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(4): 507-512, 518.
- [11] Anderson W F, Holbrook C C, Culbreath A K. Screening the core collection for resistance to tomato spotted wilt virus[J]. Peanut Sci, 1996, 23: 57-61.
- [12] 张玉革, 胡绪彬. 基于主成分和聚类分析的大豆品种生物学性状的比较研究[J]. 大豆科学, 2004, 23(3): 178-183.
- [13] Arias R, Tung-ching L, Logendra L, et al. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L\*, a\*, b\* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(5): 1697-1702.
- [14] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000.
- [15] 蔡智鸣, 王振, 王枫华. 深色果蔬食品中番茄红素与 B<sub>2</sub> 胡萝卜素的 HPLC 测定[J]. 同济大学学报(医学版), 2006, 27(1): 17-19.
- [16] 林海明, 张文霖. 主成分分析与因子分析的异同和 SPSS 软件-兼与刘玉玫、卢纹岱等同志商榷[J]. 统计研究, 2005(3): 65-68.
- [17] 金凤媚, 薛俊, 郑艳红, 等. 番茄遗传资源的聚类分析研究[J]. 华北农学报, 2006, 21(6): 49-54.
- [18] 薛俊, 夏时云, 张要武, 等. 番茄品质性状的遗传多样性研究[J]. 华北农学报, 2004, 19(4): 97-101.

# 不同引发处理对茄子种子萌发及其生理变化的影响

刘宏久, 高艳明, 李建设, 沈 富

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

**摘 要:**以“托鲁巴姆”和“京茄6号”茄子种子为试材, 试验设置 1%KNO<sub>3</sub>、15%PEG、200 mg/kg GA、1%KNO<sub>3</sub> + 15%PEG、1%KNO<sub>3</sub> + 200 mg/kg GA、15%PEG + 200 mg/kg GA、1%KNO<sub>3</sub> + 15%PEG + 200 mg/kg GA 7 个引发处理, 以 H<sub>2</sub>O 为对照, 通过测定茄子种子的发芽特性、浸出液电导率、MDA 含量、可溶性淀粉酶活性和微生物数量, 筛选出茄子种子最优引发剂。结果表明: 与对照(CK)相比, 其它处理的种子发芽特性均增强; 200 mg/kg GA 处理对“托鲁巴姆”种子和“京茄6号”种子的引发效果均最优; 1%KNO<sub>3</sub> 处理的茄子种子浸出液电导率和 MDA 含量均最高, 因此, 茄子最优引发剂应以 200 mg/kg GA 为主要成分, KNO<sub>3</sub> 和 PEG 为微量成分。

**关键词:**茄子种子; 引发; 萌发; 生理变化

**中图分类号:**S 641.104<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)21-0007-05

茄子(*Solanum melongena* L.)种皮厚且质密坚硬, 透水透气性差, 表面光滑并有胶质物包裹, 播种后种子萌发时间长, 萌发率低, 出苗慢且不整齐, 尤其在育苗温度较低时, 表现的更为突出<sup>[1-2]</sup>。种子引发(seed priming)是指在控制条件下种子缓慢吸水并回干的过程, 使种子达到胚根即将突破种皮时的早期萌发状

态<sup>[3]</sup>, 其原理是控制种子的吸水作用至一定水平使种子处在细胞膜、细胞器、DNA 修复、酶活化准备发芽的代谢状态<sup>[4]</sup>。目前种子引发技术已在许多植物种类上成功应用<sup>[5]</sup>, 在美国有胡萝卜、芹菜、黄瓜、洋葱、辣椒、番茄和西瓜等蔬菜引发种子出售<sup>[6]</sup>。

解决茄子种子萌发慢, 出苗不整齐等问题主要是通过种子引发处理这条途径, 因此, 人们对茄子种子引发做了大量的研究工作。司亚平等<sup>[7]</sup>研究发现, 赤霉素(GA)对茄子种子进行引发后, 可增进种子活力, 加快种子的萌发速度和提高出苗率, 且有效贮存期可达 6~8 个月; 武占会等<sup>[8]</sup>研究得出了硝酸钾的最佳渗调条件即渗调浓度 3.643%~3.985%和渗调时间 21.655~22.954 h; 高志奎等<sup>[9]</sup>也发现了聚乙烯醇(PVA)渗调的最佳浓度

**第一作者简介:**刘宏久(1987-), 男, 天津人, 硕士, 现主要从事设施蔬菜栽培生理等研究工作。E-mail:liured9@163.com.

**责任作者:**李建设(1963-), 男, 河北藁城人, 博士, 教授, 现主要从事设施蔬菜栽培与生理等研究工作。E-mail:jslinxcn@163.com.

**基金项目:**国家农业科技成果转化资金资助项目(2013GB2G300494)。

**收稿日期:**2014-07-14

## Principal Component Analysis and Comprehensive Evaluation of Quality Traits in Cherry Tomato

ZHANG Jing<sup>1,2</sup>, CHANG Pei-pe<sup>2</sup>, LIANG Yan<sup>2</sup>, LIANG Jing<sup>3</sup>, ZHAO Jian-tao<sup>2</sup>, ZOU Zhi-rong<sup>2</sup>, HUANG Xin-li<sup>2</sup>, HU Xiao-hui<sup>2</sup>

(1. Experimental Teaching Model Center of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 3. Shaanxi Jinpeng Seed Industry Co. Ltd., Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** Taking 60 cherry tomato varieties as materials, their principal component and cluster analysis of germplasm quality traits were analyzed by using SPSS software. The results showed that 12 traits were classified into 5 principal components and their additive contributing rate came up to 80.234%; 60 cherry tomato varieties were divided into 8 categories through cluster analysis, and there was a wide genetic distance and quality between each category. The results could provide the basis for evaluation of tomato main quality traits the quality breeding.

**Keywords:** cherry tomato; quality traits; principal components analysis; cluster analysis; comprehensive evaluation