西北农业学报 2010,19(9):103-108
Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica

番茄品质性状的多元统计分析*

王晓静,梁 燕,徐加新,孙亚东,闫见敏
(西北农林科技大学 园艺学院,农业部西北园艺植物种质资源与遗传改良重点开放实验室,陕西杨凌 712100)

摘 要: 番茄品质性状包括商品品质、感官品质和营养品质3个主要方面。对30份番茄种质资源的17个品质性状进行多元统计分析,结果表明,不同品质性状的变异系数不同,番茄红素含量变异系数最大,达到95.42%,可溶性总糖含量变异系数最小,为17.43%,17个性状平均变异系数为32.83%;不同性状相关性分析发现,果实的果形指数,果梗洼大小,果肩有无等外观商品品质与内在营养品质呈极显著相关;主成分分析将17个主成分归纳为6个公因子,累积贡献率达80.99%;基于材料因子得分值将30份材料划分为6大类群。研究结果为品质性状的评价及这些种质材料在番茄品质改良方面的利用提供了依据。

关键词: 番茄;品质性状;多元统计分析
中图分类号: S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1389(2010)09-0103-06

Multiple Statistics Analysis of the Quality Traits of Tomato(*Solanum lycopersicum* L.)

WANG Xiaojing, LIANG Yan, XU Jiaxin, SUN Yadong and YAN Jianmin
(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract: The quality of tomato mainly contains commercial quality, sensory quality and nutritional quality. Seventeen quality traits of 30 tomato germplasm were studied by multiple statistics analysis. The result showed that different diversity were detected among different traits, lycopene content had the largest coefficient of variation 95.42%, soluble solids content had the smallest of 17.43% and the average coefficient variation of the tested traits was 32.83%. The correlation analysis on the traits showed that some exterior commercial quality traits had significant correlation with internal nutrition traits, such as fruit shape index, fruit carpopodial depression size and availability of fruit shoulder. By principal component analysis, 17 principal components were summarized to six principal components which cumulative contributive rate accounted for 80.99%. Based on the score vectors of the factors, 30 cultivars were classified into six categories by using cluster analysis. The results can be a basis for the evaluation of quality traits and the utilization of these materials for tomato quality improvement.

Key words: Tomato; Quality characters; Multiple statistics analysis

番茄(*Solanum lycopersicum* L.)原产南美洲西部太平洋沿岸安第斯山脉的秘鲁、厄瓜多尔、玻利维亚、智利等国的高原或谷地[1],是世界上重要的蔬菜作物之一,在各国的蔬菜栽培中均占有很大比例。从发展趋势来看,人们在对番茄需求量加大的同时,对其品质也提出了更高的要求,要求果实不仅具有较高的营养价值,而且要有良好的商品性状和感官风味[2]。因此,番茄品质性状的研究与改良近年来受到高度重视,陈贤[3]、孙亚东[4]、叶玉龙[5]、王华新[6]、曲瑞芳[7]等先后研究

* **收稿日期:** 2009-12-03 **修回日期:** 2010-01-21
基金项目: 陕西省"13115"科技创新工程重大科技专项(2007ZDKG-05,2008ZDKG-03,2009ZDKG-14);西北农林科技大学唐仲英育种基金。
第一作者: 王晓静,在读硕士,研究方向为番茄遗传育种研究。E-mail:wxj19831111@126.com
通讯作者: 梁 燕,教授,博士生导师,主要从事番茄新品种选育与蔬菜种质资源创新研究。E-mail:liangyan@nwsuaf.edu.cn

了番茄的营养品质、加工品质及其与农艺性状之间的相关关系，为番茄品质性状的深入研究奠定了基础。同时，这些研究主要针对某一方面的品质特别是营养品质，而对于商品品质、感官品质和营养品质的综合研究尚未见报道。本研究以30份番茄种质为材料，采用多元统计分析方法，系统研究番茄商品品质、感官品质和营养品质等17个性状表现及其相关关系，以明确各品种的综合品质特性，简化品质的评价指标，为番茄种质资源材料的开发利用奠定基础，为番茄品质改良和新品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

30份番茄种质材料由西北农林科技大学园艺学院番茄育种课题组提供(表1)。

表1 试验材料

Table 1 The tested materials

编号 Code	品种名称 Name	主要特性 Main characters	编号 Code	品种名称 Name	主要特性 Main characters
1	Costoluto Genovese	无限生长、红果	16	灵光3号	无限生长、粉果
2	Ensalada	无限生长、红果	17	TTI1406A	无限生长、粉果
3	Mortgage Lifter	无限生长、红果	18	HV-082	无限生长、红果
4	Rutgers	无限生长、红果	19	D550	无限生长、粉果
5	TTD103A	有限生长、红果	20	广引1号	有限生长、红果
6	宜引1号	无限生长、红果	21	TTI1110B	无限生长、红果
7	宜引2号	无限生长、红果	22	TTI1109B	无限生长、粉果
8	宜引3号	无限生长、红果	23	TTI1114A	有限生长、桔红果
9	黄果番茄	无限生长、黄果	24	HV-028	无限生长、深红果
10	绿果番茄	无限生长、绿果	25	西红1号	无限生长、深红果
11	新引1号	无限生长、红果	26	德红2号	无限生长、深红果
12	新引2号	无限生长、红果	27	TTI1108B	无限生长、粉果
13	新引3号	无限生长、红果	28	TTI1409A	无限生长、粉果
14	中引1号	无限生长、桔黄果	29	TTI1117A	无限生长、红果
15	中引2号	无限生长、黄果	30	醋栗番茄	无限生长、红果

1.2 方 法

1.2.1 *试验设计* 2009-02-28播种于西北农林科技大学园艺学院试验田，4月17日定植，随机区组设计，每小区定植20株，3次重复，株行距35 cm×60 cm。

1.2.2 *性状测定方法和标准* 随机从每品种不同植株的同一果层取果5个，进行指标的测定，设3次重复。测定17个品质性状指标，包括外观品质：果横径、果纵径、果形指数、果梗洼大小、果柄长度、果肩有无、果色和单果质量；感官风味品质：果实硬度、果肉厚、心室数、可溶性总糖含量、有机酸含量和糖酸比；营养品质：可溶性固形物含量、番茄红素含量、抗坏血酸含量。其中，番茄红素的测定采用紫外-可见分光光度法[8]；抗坏血酸的测定采用钼蓝比色法[9]；可溶性总糖的测定采用硫酸-蒽酮法[10]；有机酸的测定采用酸碱滴定法[11]；可溶性固形物含量采用折光仪测定[12]；其他指标参照《番茄种质资源描述规范和数据标准》[13]进行测定。

1.2.3 *数据统计分析* 应用EXCEL(2003)软件和SPSS13.0软件对数据进行分析[14]。

2 结果与分析

2.1 番茄品质性状的多样性分析

对30份供试材料17个品质性状的多样性进行分析(表2)，结果表明，不同材料之间存在着很大的差异，各性状在不同材料之间表现出了不同程度的多样性，平均变异系数为32.83%，其中番茄红素含量的变异系数最大，为95.42%，表明30份番茄材料的番茄红素含量变异很大，但是大多数品种的含量区间比较集中。果实硬度、单果质量的变异系数次之，分别为46.23%和46.21%。番茄中可溶性总糖含量的变异系数最小，为17.43%。可见，30份材料存在着显著的遗传差

异。

表 2　供试材料品质性状变异情况

Table 2　Variations of quality traits in the tested materials

性状 Trait	均值 Mean	最大值 Maximum	最小值 Minimum	极差 Range	方差 Variance	标准差 Std.	变异系数/% CV
番茄红素含量 /(mg/g) Lycopene content	0.048	0.196 5	0.01	0.195 5	0.209 5	0.045 8	0.954 2
果实硬度/(kg/cm^2) Fruit firmness	5.48	12.67	1.93	10.74	6.42	2.53	46.23
单果质量/g Mass per fruit	165.91	307.22	4.04	303.18	5 876.77	76.66	46.21
心室数 Number of locules	5.18	9.33	2.00	7.33	4.57	2.14	41.28
果梗洼大小/cm Fruit carpopodial depression size	1.26	2.21	0.28	1.93	0.23	0.48	38.00
果柄长度/cm Fruit carpophore length	1.33	3.20	0.67	2.53	0.24	0.49	37.04
果肩有无 Existance of fruit shoulder	0.90	1.00	0.00	1.00	0.09	0.31	33.90
糖酸比 Sugar-acid ratio	17.56	29.31	11.42	17.89	21.19	4.60	26.22
果横径 /cm Transverse diameter of fruit	6.69	9.60	1.69	7.91	2.70	1.64	24.56
可溶性固形物含量/% Soluble solids content	3.90	7.80	2.67	5.13	0.88	0.94	24.04
果形指数 Fruit shape index	0.96	1.74	0.67	1.07	0.05	0.23	23.82
果色 Color of fruit	3.63	5.00	1.00	4.00	0.72	0.85	23.40
果纵径 /cm Longitudinal diameter of fruit	6.19	8.22	1.83	6.39	1.65	1.28	20.73
果肉厚/cm Thickness of flesh	0.68	0.90	0.23	0.67	0.02	0.14	20.62
总酸度/% Total acidity	0.36	0.47	0.20	0.27	0.01	0.07	19.63
Vc 含量/(mg/g) Vc content	0.131 3	0.210 3	0.095 6	0.114 7	0.065 8	0.025 7	0.195 4
可溶性总糖含量/% Soluble sugar content	6.07	8.50	3.79	4.71	1.12	1.06	17.43

2.2　番茄品质性状的相关分析

对 17 个品质性状进行相关性分析(表 3)发现，果肉厚与果纵径、番茄红素与总酸度、单果质量与心室数等 12 对性状间表现为极显著正相关，可溶性固形物含量与果横径、心室数与果形指数等 8 对性状间表现为极显著负相关，单果质量与果肩有无、番茄红素与可溶性固形物含量等 8 对性状间表现为显著正相关，番茄红素含量与糖酸比、果色与果形指数等 5 对性状间表现为显著负相关。分析性状之间的相关性发现，番茄红素含量与可溶性固形物含量、总酸度、心室数呈正相关，与果肉厚、果实硬度呈负相关。番茄果实 Vc 含量与果梗洼大小，果肩有无、心室数、单果质量、果形指数呈正相关。说明果实外观品质与内在营养品质有一定的相关性，根据果形指数、单果质量、果肩有无等外观商品品质性状的表现可以初步判断番茄果实的内部营养品质。

2.3　番茄品质性状的主成分分析

对 17 个品质性状进行主成分分析得到 17 个主成分，其中前 6 个主成分的累计贡献率达到 80.99%，说明这 6 个主成分所包含的要素信息量可以反映出 17 个性状指标特征参数的大部分信息，因此，对这 6 个主成分进行分析基本可以达到预期的目的，同时简化了分析程序。

表 5 列出了 6 个主成分的因子特征值及特征向量的因子载荷值。由表可见：单果质量、果横径在第一主成分上有较高的载荷值，分别为 0.942、0.934，其次为心室数和果梗洼大小，这些指标均与果形有关，因此，称为果形因子；果肉厚在第二主成分上的载荷值较高，为 0.759，其次为可溶性固形物含量和果实硬度，果肉厚又与硬度呈极显著正相关，因此，命名为硬度因子；在第 3 主成分上糖酸比载荷值较高，为 0.746，其次为有机酸含量和果形指数，果实的糖酸度直接决定其风味，因此，命名为风味因子；第 4 主成分的载荷值主要由可溶性总糖含量和 Vc 含量承担，命名为营养因子；在第 5 主成分上 Vc 含量载荷值较高，为 0.750，此外还有硬度、果形指数和果梗洼大小，这些性状均与番茄的商品性有关，因此，称为商品性因子；在第 6 主成分上果柄长度载荷值较高，为 0.717，其次为果肩有无、果梗洼大小和果形指数，称为外观因子。

表 3 品质性状间的相关系数

Table 3 Correlation coefficient of different quality characters

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1.000																
2	0.631**	1.000															
3	−0.590**	0.237	1.000														
4	0.703**	0.567**	−0.323	1.000													
5	0.911**	0.692**	−0.417*	0.733**	1.000												
6	0.04	0.216	0.096	0.219	0.061	1.000											
7	−0.570**	−0.625**	0.111	−0.225	−0.403*	−0.258	1.000										
8	0.25	0.578**	0.225	0.347	0.183	0.488**	−0.493**	1.000									
9	0.789**	0.384*	−0.552**	0.508**	0.793**	−0.159	−0.249	−0.100	1.000								
10	−0.20	−0.173	−0.005	−0.324	−0.289	0.109	−0.120	0.199	−0.341	1.000							
11	−0.01	−0.367*	−0.380*	−0.026	−0.037	−0.032	0.055	−0.130	0.151	−0.006	1.000						
12	0.451*	0.101	−0.510**	0.382*	0.450*	−0.043	−0.044	−0.105	0.451*	−0.249	−0.013	1.000					
13	0.16	0.090	−0.062	0.225	0.277	−0.144	0.202	−0.157	0.371*	−0.168	−0.140	0.023	1.000				
14	0.02	0.025	0.007	0.187	0.117	−0.045	0.392*	−0.042	0.216	−0.178	0.076	0.191	0.468**	1.000			
15	0.11	0.019	−0.155	0.431*	0.215	0.192	0.170	−0.084	0.044	0.010	−0.228	0.028	0.178	0.159	1.000		
16	−0.06	−0.098	−0.033	−0.176	−0.026	−0.278	0.171	−0.206	−0.006	0.074	−0.277	0.053	0.132	−0.010	0.048	1.000	
17	−0.146	−0.161	−0.024	−0.250	−0.237	−0.088	−0.043	−0.045	−0.288	0.203	−0.111	0.050	−0.695**	−0.381*	−0.025	−0.591**	1.000

注 Note：* 表示 0.05 显著水平，** 表示 0.01 显著水平。* and ** denote significant difference at 0.05 and 0.01 level respectively. 1. 果横径 Transverse diameter of fruit；2. 果纵径 Longitudinal diameter of fruit；3. 果形指数 Fruit shape index；4. 果梗洼大小 Fruit carpopodial depression size；5. 单果质量 Weight per fruit；6. 果实硬度 Fruit firmness；7. 可溶性固形物含量 Soluble solids content；8. 果肉厚 Thickness of flesh；9. 心室数 Number of locules；10. 果柄长度 Fruit carpopodial depression size；11. 果色 Color of fruit；12. 果肩有无 Availability of fruit shoulder；13. 总酸度 Total acidity；14. 番茄红素含量 Lycopene content；15. Vc 含量 Vc content；16. 可溶性总糖含量 Soluble sugar content；17. 糖酸比 Sugar-acid ratio.

表 4 相关矩阵的特征值、百分率及累积百分率

Table 4 The eigenvalue, contributive rate and cumulative contributive rate of correlation matrix

因子 Factor	1	2	3	4	5	6
特征值 Eigenvalue	4.813	2.744	2.137	1.707	1.343	1.026
百分率 Contributive rate	28.310	16.141	12.568	10.039	7.898	6.036
累计百分率 Cumulative contributive rate	28.310	44.451	57.019	67.058	74.956	80.992

表 5 因子得分矩阵

Table 5 Factor score matrix of different traits

性状 Trait	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2	因子 3 Factor 3	因子 4 Factor 4	因子 5 Factor 5	因子 6 Factor 6
果横径 Transverse diameter of fruit	0.934	0.074	−0.263	−0.014	−0.054	0.118
果纵径 Longitudinal diameter of fruit	0.687	0.538	0.201	0.270	−0.268	−0.062
果形指数 Fruit shape index	−0.462	0.401	0.560	0.304	−0.301	−0.223
果梗洼大小 Fruit carpopodial depression size	0.827	0.047	0.118	0.072	0.309	−0.167
单果质量 Mass per fruit	0.942	−0.006	−0.093	0.099	−0.042	0.035
果实硬度 Fruit firmness	0.131	0.527	0.270	−0.172	0.520	−0.104
可溶性固形物含量 Soluble solids content	−0.463	−0.671	0.238	0.151	0.224	−0.198
果肉厚 Thickness of flesh	0.274	0.759	0.234	−0.046	0.074	0.044
心室数 Number of locules	0.815	−0.333	−0.170	−0.067	−0.205	0.102
果柄长度 Fruit carpophore length	−0.340	0.322	−0.139	−0.060	0.268	0.717
果色 Color of fruit	−0.021	−0.264	−0.184	−0.790	0.061	0.019
果肩有无 Existence of fruit shoulder	0.506	−0.290	−0.366	0.036	0.123	−0.325
总酸度 Total acidity	0.330	−0.507	0.542	0.210	−0.152	0.412
番茄红素含量 Lycopene content	0.198	−0.488	0.492	0.078	0.103	−0.051
Vc 含量 Vc content	0.213	−0.140	0.166	0.366	0.750	0.062
可溶性总糖含量 Soluble sugar content	−0.158	−0.191	−0.412	0.722	−0.074	0.200
糖酸比 Sugar-acid ratio	−0.354	0.250	−0.746	0.366	0.143	−0.177

2.4　番茄品质性状的聚类分析

对 30 份番茄种质资源的 17 个品质性状进行聚类分析(图 1)，结果表明，在欧氏距离为 7.37 时可划分为 6 个类群，其中第Ⅰ类包含 15 个材料，此类群番茄材料的果实均为扁圆形果，无果肩，果柄较短，但酸度较高；第Ⅱ类包含 4 个材料，此类群酸度低，糖酸比高，扁圆形果实，番茄红素含量低；第Ⅲ类包含 3 个材料，均为大果形番茄，心室数多，可溶性固形物含量高，番茄红素含量高，Vc 含量高，糖酸比较低，此类群品质性状较好；第Ⅳ类包含 4 个材料，为长形果，果肉厚，硬度较大，心室少，Vc 含量较低；第Ⅴ类包含 3 个材料，为大红色果，果形小，单果质量小，心室少，可溶性固形物含量高，果柄长，酸度低；第Ⅵ类包含一个材料，醋栗番茄，为野生型番茄，果形小，红色果，可溶性固形物含量较高，番茄红素含量较高，可溶性总糖含量较高，硬度小。

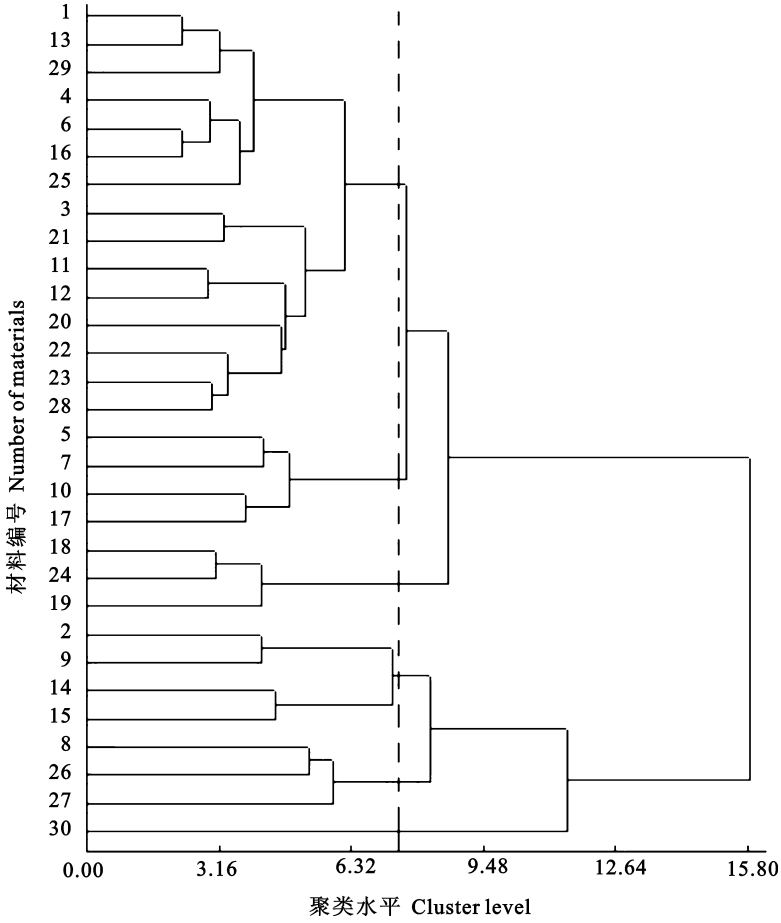

图 1　30 份番茄材料聚类图

Fig. 1　The clustering dendrogram of 30 tomato materials

3　结论与讨论

近年来，多元统计分析方法在作物品种分类和育种材料筛选中应用的范围在逐步扩大[15]，本试验对 17 个涉及番茄商品品质、感官风味品质和营养品质性状的相关性分析表明，番茄红素与总酸度、可溶性固形物含量与果形指数、Vc 含量与果形指数、番茄红素含量与可溶性固形物含量等 33 对性状之间表现为显著或极显著相关，其中番茄果形与可溶性固形物含量、番茄红素含量的相关性与薛俊等[16]的研究结果相一致。同时发现，果实横径及果梗洼大小与果实 Vc 含量呈负相关，总酸度与番茄红素含量呈极显著正相关，果实糖酸比与番茄红素含量呈显著负相关，而刘建辉等[17]研究认为总酸度与营养品质尚无确定关系，因此，风味品质与营养品质之间的相关性还需进一步研究验证。

主成分分析的结果表明，17 个品质性状指标可用 6 个主成分来概括，依据其因子贡献率的大小，说明果形因子、硬度因子、风味因子和营养因

子等可用来综合评定番茄品质，用于对番茄品质的快速鉴定。

本研究 30 份番茄种质资源 17 个性状指标的变异系数均在 15%以上，多态性显著，聚类后形成 6 大类群，明确了这些种质材料的类型，筛选出了综合品质较好的番茄种质材料，包括 TTI1406A、HV-082、HV-028、D550、TTI1110B、TTI1109B、HV-028、TTI1409A 和 Ensalada，为这些材料在番茄品质改良和品种选育中的利用提供参考。

参考文献：

[1] 余延年，吴定华，陈竹君，等. 番茄遗传学[M]. 湖南：湖南科技出版社，1999.

[2] 谭其猛. 蔬菜育种[M]. 北京：中国农业出版社，1984：169-180.

[3] 陈 贤，杨 德，龚元圣. 番茄育种品系的果实品质遗传分析[J]. 云南农业大学学报，2004，19(5)：518-523.

[4] 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.

[5] 叶玉龙，韩美清，赵 致，等. 番茄资源材料的品质分析[J]. 中国蔬菜，2006(11)：12-14.

[6] 王华新，秦 勇，原丽华，等. 加工番茄主要品质性状的遗传变异分析[J]. 北方园艺，2004(2)：52-53.

[7] 曲瑞芳. 番茄果实中番茄红素的遗传分析及农艺性状的相关性研究[D]. 陕西杨凌：西北农林科技大学，2006.

[8] 黄伟坤，赵国君，赖献桐，等. 食品化学分析[M]. 上海：上海科学技术出版社，1979：256.

[9] 孙 群，胡景江. 植物生理学研究技术[M]. 陕西杨凌：西北农林科技大学出版社，2006：172-173.

[10] 陈毓荃. 生物化学实验技术[M]. 北京：中国农业出版社，1995.

[11] 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.

[12] 程云燕，李双石. 食品分析与检验[M]. 北京：化学工业出版社，2007.

[13] 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.

[14] 张文彤. SPSS 统计分析教程高级篇[M]. 北京：北京希望电子出版社，2002.

[15] 李晓芬，尚庆茂，张志刚，等. 多元统计分析方法在辣椒品种耐盐性评价中的应用[J]. 园艺学报，2008，35(3)：351-356.

[16] 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)：7-10.

[17] 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.