

# 番茄品质性状的遗传多样性研究

薛俊, 夏时云, 张要武, 金凤媚, 刘仲齐

(天津市农业生物技术研究中心, 天津 300192)

**摘要:**以美国和欧洲种植的 11 份番茄地方品种、国内部分地区 1950–1980 年种植过的 21 份常规品种和 12 份自育自交系为材料, 对它们的主要物理特性和化学特性进行了研究。结果表明, 11 个被测性状在基因型间都有极显著的差异, 但多数性状的广义遗传力较低。和欧美品种相比, 国内品种的果型偏大、果肉偏软、果酱含量和可溶物含量偏少、番茄红素偏低。对品质特性的遗传多样性和品质改良的潜力进行了讨论。

**关键词:** 番茄; 品质; 遗传多样性

中图分类号: S641.201 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2004)04-0007-04

## Study on Diversity of Quality Characteristics in Tomato

XUE Jun, XIA Shi-yun, ZHANG Yao-wu, JIN Feng-mei, LIU Zhong-qi

(Tianjin Research Center of Agricultural Biotechnology, Tianjin 300192, China)

**Abstract:** Tomato lines including 11 landraces from America and Europe (A group), 21 entries from old cultivars planted in some districts of China during 1950–1980 (B group), and 12 inbred lines (C group) were used to study their diversity in physical and chemical characteristics. Experimental results showed that there were very significant differences among genotypes in 11 tested traits. However, most traits generally displayed a low wide heritability. Comparing with A group, B group had a bigger but softer fruit, lower puree and soluble solid content, less lycopene. The diversity of quality characteristic and potential of improving quality were discussed.

**Key words:** Tomato; Quality; Genetic diversity

与番茄品质有关的性状非常多, 可大致分成物理性状、化学性状和感官性状三大类<sup>[1]</sup>。物理性状主要包括果形、果色、大小、硬度、导电率等, 化学性状主要包括含糖量、可溶性固形物含量、酸度和各种生化成分(如番茄红素、维生素、芳香族化合物等)的含量等, 感官性状主要包括外观、口感、风味等。这些性状在不同的品种间有着明显的差异, 同类性状之间和不同类型的性状之间存在某种相关性<sup>[2~5]</sup>。由于感官性状既与番茄的物理化学特性有关, 又与消费者的爱好和饮食习惯有关, 所以很难找到一个通用的标准程序对其进行客观的定量测定。一般都是选一组实验员, 对口感、风味等进行打分<sup>[1, 6]</sup>, 以此来鉴别品种间的差异。从本质上来说, 感官性状

最终还是取决于番茄的物理和化学特性。例如, 口感在很大程度上是由含糖量和酸度以及二者之间的比例决定的<sup>[5, 7]</sup>。因此, 番茄物理特性和化学特性的遗传多样性, 是选育适合不同用途的优质品种的基础。本研究以不同年代、不同地区的番茄品种为材料, 对它们的主要物理化学特性进行了研究, 旨在为番茄优质育种提供参考依据。

## 1 材料和方法

2003 年 2~6 月, 以美国和欧洲种植过的 Roma VF、Florida Pink 等 11 份番茄地方品种(A 组)、我国部分地区 1950~1980 年种植过的武昌大红、顺义大粉等 21 份常规品种(B 组)和 12 份自育自交系(C

收稿日期: 2004-03-13

基金项目: 天津市应用基础重点项目(033803611)

作者简介: 薛俊(1967-), 女, 陕西咸阳人, 助理研究员, 硕士, 主要从事番茄分子育种研究。

组) 为材料, 以中杂 9 号和里格尔 87- 5 为对照。在温室中进行育秧和定植, 每个品种定植 10 株, 株距 30 cm, 行距 50 cm。品种随机排列, 温室两端各种 2 行当地品种作为保护行。当植株第三簇花序开始开花时, 人工打顶, 并定期去掉侧枝。每株只留主茎上的三簇果, 第二簇果穗上大部分果实达到成熟期时, 收获全部果实, 测定单株产量, 并从中选有代表性的果实测定品质特性, 每品种重复测定 4 个单株。选取 4 个刚到成熟期的番茄, 用本实验室改良的 GY- 1 型果实硬度仪测定果实硬度( 果肩、果腰和果脐硬度的平均值) 后, 用搅拌器打碎混匀, 取 30 g 离心, 上清液与沉淀物的质量之比为果肉指数, 用来度量果肉结构的致密程度。上清液用于测定 pH 值和可溶性固形物( 简称可溶物) 含量。另取 3 g 打碎的匀浆, 用无水甲醇反复抽提至滤液无色, 然后用苯抽提滤渣中的番茄红素, 直至滤渣无色为止, 滤液定容后用分光光度法测定番茄红素的含量<sup>[8]</sup>。以基因型方差(  $MS_g$ ) 和环境方差(  $MS_e$ ) 为依据, 按照固定模型计算广义遗传力  $h_B^2$ <sup>[9]</sup>:

$$h_B^2(\%) = 100 \times \sigma_g^2 / (\sigma_e^2 + \sigma_g^2)$$

其中,  $\sigma_g^2 = (MS_g - MS_e) / 4, \sigma_e^2 = MS_e$ 。

2 结果与分析

2.1 品质特性的遗传差异及其稳定性

F 测验的结果表明, 所有被测性状在不同基因型间的差异都达到了极显著水平(  $F_{0.01} = 1.461$ ), 但可遗传变异的丰富程度在不同类型的品质特性间有明显的差别( 表 1)。外观性状( 如最大直径和最大高度等) 的变异系数和广义遗传力都比较高, 说明

这类性状的表型差异主要由遗传因素决定, 根据表型测定值对它们进行选择的可靠性较高, 遗传改良的潜力较大。其他物理性状( 如硬度和果肉指数) 和生化性状的变异系数大小不一, 但广义遗传力普遍较低, 遗传和环境对这些性状的表达具有几乎同等重要的作用, 特别是番茄红素含量, 尽管它的变异系数高达 44%, 广义遗传力却只有 30%, 说明测定出来的多数变异都是不能遗传的。

表 1 品质特性在基因型间的差异显著性

性状	$\bar{X}$	Sd	CV(%)	F 值	$h_B^2(\%)$
单果重(g)	107.862	48.852	45.292	12.546	74.3
最大直径(cm)	5.734	1.277	22.274	23.339	84.8
最大高度(cm)	4.879	0.932	19.112	16.068	79.0
果形指数	0.869	0.129	14.865	11.814	73.0
硬度( $\times 10^5$ Pa)	4.422	0.414	9.272	5.598	53.5
可溶性固形物(%)	4.593	0.839	18.267	7.421	61.6
果酱含量(%)	26.996	4.056	15.080	2.639	29.1
上清液含量(%)	73.004	4.363	5.979	2.463	26.8
果肉指数	0.379	0.080	21.215	2.246	23.8
pH 值	4.323	0.110	2.545	3.489	38.4
番茄红素含量(mg/kg)	35.080	15.440	44.014	2.736	30.3

2.2 性状间的相关性分析

番茄红素和可溶物都是在番茄成熟过程中形成的化合物, 而番茄果实的大小在半熟期( 即果实约有一半开始着色) 基本已经定型。但分析结果表明, 番茄红素和可溶物的含量都与番茄的最大直径分别呈极显著负相关, 与最大高度的负相关性也很高( 表 2), 果形指数与可溶物含量之间呈显著正相关, 说明番茄果实的大小对其内在品质有重要的影响, 适当改变果实的大小和形状, 在一定程度上能达到改良内在品质的目的。

表 2 品质特性间的线性相关系数(  $n = 46$ )

	番茄红素含量	上清液	果酱含量	可溶物含量	pH 值	硬度	果肉指数	最大直径	最大高度	果形指数
上清液	- 0.126									
果酱含量	0.065	- 0.951**								
可溶物	0.051	- 0.358*	0.364*							
pH 值	0.250	0.042	- 0.064	- 0.026						
硬度	- 0.078	- 0.329*	0.384**	0.185	- 0.402**					
果肉指数	0.085	- 0.975**	0.986**	0.359*	- 0.063	0.355**				
最大直径	- 0.437**	0.167	- 0.195	- 0.525**	- 0.034	- 0.326*	- 0.206			
最大高度	- 0.378*	0.046	- 0.050	- 0.454**	0.027	- 0.101	- 0.064	0.833**		
果形指数	0.231	- 0.199	0.237	0.342*	0.144	0.381*	0.229	- 0.560**	- 0.045	
单果重	- 0.444**	0.109	- 0.121	- 0.419**	- 0.031	- 0.263	- 0.147	0.959**	0.863**	- 0.434**

把番茄打成果浆再离心, 可以分成无色透明的液体( 上清液) 和粘稠状的果酱两部分。虽然番茄红素主要来自果酱, 但番茄红素的含量与果酱的含量

却没有明显的线性相关,  $r = 0.065$ 。从图 1 可以看出, 当番茄红素的含量低于 35 mg/kg 时, 果酱含量的分布与正方形相近。在这种情况下, 果酱的多少

与番茄红素的多少没有必然的联系。当番茄红素的含量超过 40 mg/kg 时, 果酱含量的分布接近三角形, 番茄红素与果酱表现出明显的正相关趋势。特别是在 40~ 60 mg/kg 的区间内, 两者的线性相关达极显著水平,  $r=0.701^{**}$ 。由此可见, 减少含水量、增加果酱含量在一定范围内可以提高番茄红素的含量, 但潜力非常有限。要大幅度地提高番茄红素的含量, 还需从提高果酱中番茄红素的浓度入手。

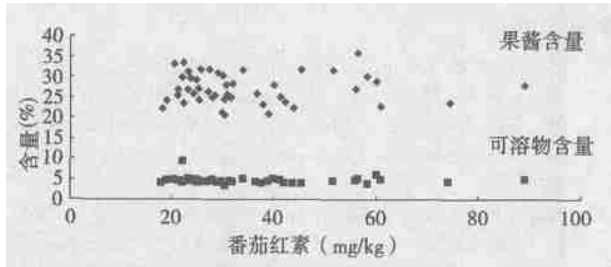


图1 番茄红素含量与果酱含量和可溶物含量的关系

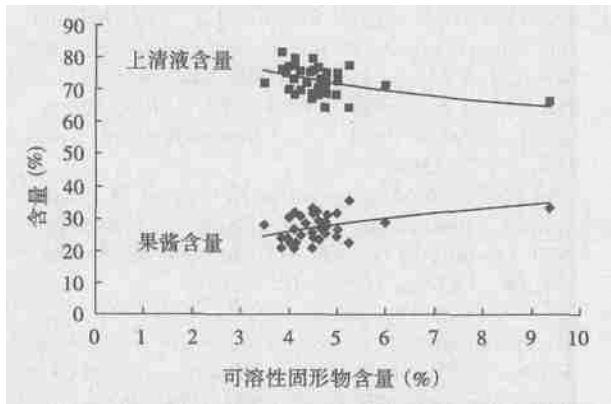


图2 可溶性固形物含量与上清液和果酱含量的关系

可溶物为果酱中的水溶性物质, 主要为糖类, 但它与上清液含量的负相关、与果酱含量的正相关都

只达到 5% 的显著水平(表 2)。从散点图来看(图 2), 多数基因型的可溶物含量在 3.9%~ 5.3% 之间, 果酱含量的变幅较小, 标准差为 4.05%。可溶物含量达到 9.3% 的品种是来自美国的 Gardeners Delight(园艺之乐), 别名 Sugar Lump(糖包), 是一个甜度非常高的地方品种, 果酱含量高达 33.4%, 在被测品种中位居第二。而果酱含量高达 35.9% 的自育自交系 TJ3176, 其含糖量只有 5.25%。说明提高果酱含量是提高可溶物含量的前提条件, 但不是必然条件。

可溶物含量与番茄红素没有明显的相关趋势(图 1)。番茄红素最高的材料为自育自交系 TJ3166, 排在第 2 位的品种为大粉柿子, 是华北地区种植过的老品种。这两份材料的番茄红素含量明显高于其他基因型, 而且稳定性较好。它们的可溶物含量分别为 4.8% 和 4.6%, 与总体平均值接近。说明番茄红素含量的提高不会导致可溶物含量的下降, 同时对这两个性状进行遗传改良是完全可能的。

番茄的质地是生产者和消费者共同关心的性状, 果皮的坚韧度、果肉的硬度、果肉与心室的比例等都与果实的硬度有密切的关系, 但要直接测定这些特性都不太容易。因此, 本研究采用了均浆离心的办法, 通过测定上清液与固形物的比例即果肉指数, 来反映果肉的紧实程度。果肉指数与硬度的正相关只达到 5% 的显著水平(表 2), 这可能与果肉指数的遗传变异幅度较小有关, 另一方面也说明果肉在果实中所占的比例不是影响果实硬度的关键因素。

表 3 品质特性在不同组别间的变化

性状	A 组(n= 14)			B 组(n= 21)			C 组(n= 11)			ck1	ck2
	$\bar{x}$	Sd	CV(%)	$\bar{x}$	Sd	CV(%)	$\bar{x}$	Sd	CV(%)	$\bar{x}$	$\bar{x}$
单果重(g)	99.8	52.9	53.0	101.4	32.6	32.1	134.7	65.9	48.9	86.7	64.8
最大直径(cm)	5.5	1.5	27.4	5.7	0.7	12.3	6.2	1.8	29.5	5.4	4.5
最大高度(cm)	4.7	1.2	24.8	4.7	0.6	11.6	5.3	1.2	23.6	4.9	5.1
果形指数	0.9	0.1	7.4	0.8	0.1	7.7	0.9	0.2	25.8	0.9	1.1
硬度	4.7	0.4	9.6	4.3	0.3	7.8	4.4	0.3	7.8	5.0	5.1
果肉指数	0.4	0.1	17.7	0.4	0.1	22.7	0.4	0.1	18.5	0.3	0.3
可溶物含量(%)	4.6	0.3	7.2	4.4	0.4	9.2	4.9	0.1	2.7	4.5	4.0
果酱含量(%)	28.9	3.6	12.6	26.2	4.3	16.3	269.8	3.4	12.7	20.7	23.0
上清液(%)	71.4	4.1	5.9	7.8	4.5	6.1	73.2	3.4	4.7	79.3	77.0
pH 值	4.3	0.1	3.3	4.3	0.1	2.0	4.3	0.1	2.7	4.3	4.3
番茄红素含量(mg/kg)	39.0	20.0	52.3	35.0	14.0	41.2	31.0	13.0	41.2	39.0	38.0

2.3 不同组别间品质特性的差异

从外观性状来看, 我国 1950~ 1980 年种植的品种(B 组) 多为大果型鲜食番茄, 其单果重和最大直径都明显地高于美国和欧洲的地方品种(A 组), 这

很可能是当时人工选择的结果。为了迎合我国消费者的要求, 我们在自交系的选育过程中非常重视果型的改良, 所以自交系的平均果重(C 组) 明显地超过了地方品种, 也高于对照品种。在质感性状上, 果

肉指数在不同组别间没有明显的差异,但 A 组的硬度及其变异系数都明显地高于其他两组。在生化性状中,欧美地方品种的番茄红素含量及其变异系数都高于其他两组,可溶物含量也高于 B 组(表 3)。这说明欧美地方品种引进到我国以后,人工选择的重点放在了外观性状上,没有重视内在品质的改良。

中杂 9 号为鲜食用番茄品种,里格尔 87-5 为加工用番茄品种。除了果型和果重不同外,里格尔 87-5 的果酱含量和硬度明显比中杂 9 号高,但在大棚生产中,它们的生化品质没有明显的差异。

### 3 讨论

番茄在我国的栽培历史较短,所有的品种资源都来自国外。最早引进的品种主要为意大利的加工种、欧洲种、美国种,后又从日本引入了一些资源<sup>[10]</sup>。在种植过程中,经过不断地自然选择和人工选择,形成了许多各具特色的地方品种,这些地方品种成为我国番茄杂交育种的重要亲本材料。分析结果表明,和欧美的地方品种相比,我国的地方品种果型偏大,果肉偏软,果酱含量和可溶物含量偏少,番茄红素偏低。除了果型偏大的优点外,其他的弱点都是番茄加工产业所排斥的特性。自育自交系继续保持了果型增大的趋势,其他性状与国内品种相似。就硬度和番茄红素而言,欧美品种的变异系数明显高于国内品种和自育自交系,意味着这些性状的遗传多样性更为丰富。因此,要提高我国番茄品种的品质,除了重视品质育种方法外,还应特别重视国外优质资源的引进,加强对已有资源品质特性的系统研究。

番茄的许多物理特性和化学特性都是由多基因控制的数量性状<sup>[11~13]</sup>。在本研究中,虽然被测性状在基因型间有极显著的差异,但遗传力高的性状并不多。遗产力超过 70% 的性状只有 4 个,即最大直径、最大高度、果重和果形指数。可溶性固形物含量和番茄红素含量的广义遗传力分别只有 61.6% 和 30.3%。这种变异系数高、遗传力低的特征,给选择育种带来了很大的不便,延缓了品质遗传改良的进度,但却给优质栽培提供了发展空间。施肥、灌水、调光等都对番茄的品质特性有显著的影响<sup>[14,15]</sup>。

番茄最大直径与可溶物含量和番茄红素含量呈极显著负相关,果形指数与可溶物含量呈显著正相关,说明适当缩小番茄的宽度,有利于提高番茄的含

糖量和番茄红素的含量。这可能是因为番茄直径变小后,果肉的受光态势得到了改变,从而影响了果肉中糖分和色素积累。事实上,目前生产上使用的加工番茄,几乎都是李形果。因此,以改变果形为手段,利用品质特性在基因型间的遗传多样性,有目的、有步骤地进行聚合杂交,通过累加有利基因,便能实现品质特性同步改良的目的。

### 参考文献:

- [1] Zerbini P E, Gorini F, Polesello A. Measurement of the Quality of Tomatoes: Recommendations of an EEC Working Group[M]. Milano: Istituto Sperimentale per la Valorizzazione Tecnologica dei Prodotti Agricoli, 1991. 10-36.
- [2] Saliba Colombani. Genetic analysis of organoleptic quality in fresh market tomato. 1. Mapping QTLs for physical and chemical traits[J]. Theor Appl Genet, 2001, 102(2/3): 259-272.
- [3] Baldwin E A, Scott J W, Einstein M A, et al. Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor[J]. J Am Soc Hort Sci, 1998, 123: 906-915.
- [4] Hobson G E, Gough C, Townley C. Measuring consumer reaction to the flavour of fresh tomatoes[J]. Acta Hort, 1990, 259: 107-116.
- [5] Malundo T M M, Shewfelt R L, Scott J W. Flavor quality of fresh market tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by sugar and acid levels[J]. Postharvest Biol Technol, 1995, 6: 102-110.
- [6] Causse M, Saliba Colombani V, Lesschaeve I, et al. Genetic analysis of organoleptic quality in fresh market tomato. 2. Mapping QTLs for sensory attributes[J]. Theor Appl Genet, 2001, 102(2/3): 273-283.
- [7] 余诞年, 吴定华, 陈竹君. 番茄遗传学[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1999. 286-287.
- [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] 莫惠东. 农业试验统计[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984. 151-174.
- [10] 陈惠明, 刘晓红. 我国番茄品种的演变[J]. 长江蔬菜, 1999, (2): 1-3.
- [11] Tanksley S D, Ganal M W, Prince J P, et al. High density molecular linkage maps of the tomato and potato genomes[J]. Genetics, 1992, 132: 1141-1160.
- [12] Dod V N, Kale P B, Wankhade R V. Gene effect in quality traits in tomato[J]. PKV Res J, 1995, 19(2): 114-116.
- [13] 李君明, 徐和金, 周永健. 有关番茄果实中可溶性固形物和番茄红素的研究进展[J]. 园艺学报, 2001, 28(增刊): 661-668.
- [14] Manishi K, Fukumoto Y, Yoshida T. Effects of application of compost on growth and quality of tomatoes under water stress due to root-zone restriction[J]. Japan J Soil Sci and Plant Nutri, 1996, 67(3): 257-264.
- [15] Barrett D M, Garcia E, Wayne J E. Textural modification of processing tomatoes[J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 1998, 38(3): 173-258.