

番茄主要品质性状的遗传模型及效应分析

齐乃敏¹, 朱为民²

(1. 江苏省农业广播电视学校, 江苏南京 210036; 2. 上海市农业科学院园艺研究所, 上海市设施园艺技术重点实验室, 上海 201106)

摘要 [目的]研究番茄主要品质性状的遗传模型和遗传效应。[方法]采用完全双列杂交方法,将6个品种的番茄配成30个杂交组合,对番茄8个品质性状的遗传模型、基因效应进行研究。[结果]亲本品质性状间的差异均达到极显著水平,表明亲本选择有效。各个性状在各基因型间均达到极显著水平,8个品质性状中,果形指数和番茄红素在正交以及反交组合中均符合加性-显性模型。其中2个性状的正交组合基因均以显性为主,效应方向为隐性增效, $h^2 B$ 均大于50%, $h^2 N$ 均小于50%,并表现超显性;其他几个性状由于不存在显性效应或者存在上位性效应而不符合加性-显性模型。[结论]该研究为番茄品质育种优势组合的选配提供了理论基础。

关键词 番茄;品质性状;遗传模型;遗传效应

中图分类号 S641.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)16-0046-03

Genetic Model and Genetic Effect of Quality Characters of Tomato

QI Nai-min¹, ZHU Wei-min² (1. Agricultural Broadcasting and Television School of Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu 210036; 2. Shanghai Key Laboratory of Facility Horticultural Technology, Horticulture Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201106)

Abstract [Objective] To study genetic model and genetic effect of main quality characters of tomato. [Method] Six parents of tomatoes were tested in the complete parallel cross design. The genetic model, gene effects of 8 quality characters were studied. [Result] Very significance was found in quality characters of parents, the selection of parents was effective. Very significance was found between characters. Among 8 characters, fruit shape index and lycopene can be explained with the additive-dominance model in reciprocal crosses. The dominant effects among (direct cross) combinations of the two characters were more important than the dominant effects of them, and the genetic effects showed active recessive effects. The broad sense hereditabilities were more than 50%, the narrow sense hereditabilities were less than 50%, it had over dominance effects. The performance of reciprocal cross was on the contrary. Other characters didn't meet additive-dominance model because of no dominance effects or epistasis effects. [Conclusion] The study provides a theoretical basis on apolegamy of tomato advantage combination.

Key words Tomato; Quality characters; Genetic model; Genetic effect

品质性状是番茄重要的商品特性。高品质的番茄品种要求番茄果实有较好的外观,如着色均匀、外表光滑、有光泽等;有较好的风味,糖酸比适中,一般在7~10;营养物质如维生素C和番茄红素的含量丰富。前期的研究表明,番茄的品质性状在杂种后代中的表现呈现一定的连续性,之间没有明显的分组界限。这些性状显然不是单纯质量性状的遗传模式,极有可能属于数量性状或质量-数量性状的范畴。它们的遗传规律多用数量遗传学和生物统计的方法来进行研究。Hayman和Jinks的双列杂交设计能对生物性状的遗传模型进行测验。选择果形指数、平均单果重、可溶性固形物含量、维生素C含量、番茄红素含量、可溶性总糖含量、可滴定有机酸含量和糖酸比这8个品质性状作为研究对象,分析各性状的遗传模型和遗传特性,为今后番茄品质育种工作中材料的选择和亲本的选配提供一些理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料及试验设计 试验在上海市农业科学院园艺场GSW7430连栋塑料温室(上海市农业机械研究所制造)内进行。1月25日育苗,3月26日定植,4月23日开始授粉,6月4日起采收。试验采用上海市农业科学院园艺所番茄课题组多年来选择纯化的6个形状、果色各异的番茄品系作为亲本,编号分别为P₁~P₆,配制30个杂交组合,将30个杂交组合和6个亲本按随机区组设计,3次重复,双行小区(一个畦面种植2行植株),小区5.0 m×0.9 m。每小区定植18株,定点间隔取样(随机起点,对称等距抽样)。果实的成熟期判定:转

色品种可按转色为正常商品果来规范,不转色的绿色番茄按果实膨大至正常果后的天数来说明,每小区取3株果测定。

1.2 性状的测定

1.2.1 外观性状。

1.2.1.1 果形指数。用游标卡尺测每个小区具有代表性的6个果实的纵径和横径,果形指数=纵径/横径。

1.2.1.2 平均单果重。单株总产量和单株果数以7月末以前和全生育期所采收3株的各株收获量计,每小区调查3株,平均单果重=单株总产量/单株果数^[1]。

1.2.2 风味性状。

1.2.2.1 可溶性固形物。在每小区选取6个果实,用日本产的ATAGON-20E型手持糖度计测定果实可溶性固形物。

1.2.2.2 糖酸比。蒽酮比色法测定可溶性总糖^[2];标准碱液滴定法测定可滴定有机酸,以酚酞作指示剂^[3],糖酸比=可溶性总糖含量/可滴定有机酸含量。

1.2.3 营养性状。

1.2.3.1 维生素C。2,6-二氯酚靛钠滴定法测定维生素C^[4]。

1.2.3.2 番茄红素。根据国标“番茄及其制品中番茄红素的测定法”(GB/T 14215-93),用甲苯代替苯于485 nm(最大吸收波长)处测定吸光度^[5-8]。

1.3 统计分析

1.3.1 方差分析。根据方差分析和生物统计遗传的基本原理^[9],运用SAS软件进行统计分析。

1.3.2 W_r/V_r 回归系数的假设性检验。根据刘来福等^[10]的数量遗传学原理和莫惠栋^[11-12]的“双列资料的遗传模型分

作者简介 齐乃敏(1978—),女,江苏新沂人,高级农艺师,硕士,从事蔬菜育种、农民教育培训研究。

收稿日期 2017-03-12

析”进行世代方差的遗传分析,遗传模型分析方法按照 Hayman 和 Jinks 的双列杂交法进行。

2 结果与分析

2.1 8 个品质性状的方差分析 在各个品质性状的综合测验中,组合间的 F 测验值均达到极显著水平,表明各品质性状在杂种间存在显著差异。8 个品质性状的正反交 F 测验值均达到极显著水平,表明选定品种在这 8 个性状上极可能存在细胞质效应。在所有测定分析的番茄品质性状中,6 个亲本材料的 F 测验值均达到极显著水平,表明它们在各品质性状上的遗传背景差异是普遍存在的。对于各基因型间的 F 测验值达到极显著水平的品质性状,可以通过 Wr/Vr 回归系数的假设性检验进一步分析其遗传模型是否符合加性-显性模型,进而对符合加性-显性模型的性状进行遗传参数的估算。

2.2 各品质性状协方差分析及遗传模型检验

Vr 是各亲本的阵列方差, Wr 为各 F_1 代与亲本之间的协方差。6 个番茄品种 p^2 设计 (Griffing 完全双列杂交) 的 8 个

品质性状按照 Wr 依 Vr 的回归分析,检验其假设的有效性。结果表明,正反交之间存在极显著差异(表 1),所以做 Wr 依 Vr 的回归分析时,需要将正反交分开来分析。表 1 中, $Wr = a + bVr$ 为回归直线方程, a 为 Wr 在 Vr 上的回归截距; b 为 Wr 在 Vr 上的回归系数; Sb 为回归系数标准误; $b-1$ 为回归系数 b 与 1 有无显著差异; $b-0$ 为回归系数 b 与 0 有无显著差异; $Wr^2 = VpVr$ 为抛物线方程, Vp 为各亲本的方差(表 1)。

8 个品质性状经 Wr 依 Vr 的回归分析,检验其假设的有效性,其中果形指数的正、反交组合,番茄红素含量正交组合符合加性-显性模型。对符合加性-显性模型的性状进行基因分布、作用规律的分析(图 1~3)和各个遗传参数的估计^[11](表 2)。从图 1~3 可以看出,在 Wr 与 Vr 的关系图中,亲本的 Vr 和 Wr 值越小,决定该性状的多基因系统中显性基因越多;亲本的 Vr 和 Wr 值越大,带有的显性基因也越少。从图 1 可以看出,在正交组合中,果形指数这一性状的隐性基因以 P_6 最多, P_4 次之, P_2 最少,已经接近显性基因联合态(图中限制抛物线与回归直线在右上方和左下方均有 2 个交

表 1 8 个品质性状的 Wr/Vr 回归系数假设性检验
Table 1 Hypothesis tests of Wr/Vr regression coefficients of 8 quality characters

性状 Characters	$Wr = a + bVr$	Sb	$b-1$	$b-0$	$Wr^2 = VpVr$
果形指数 Fruit shape index	正交: $Wr = -0.0015 + 0.9808Vr$ 反交: $Wr = 0.0017 + 0.8743Vr$	0.7861 0.1599	0.1075 0.1786	5.4917** 5.4677**	$Wr^2 = 0.0059Vr$
平均单果重 Average single fruit weight	正交: $Wr = 2.676000 - 0.0720Vr$ 反交: $Wr = -509.9200 + 0.7779Vr$	1.0075 0.4205	1.0640 0.5281	-0.0715 1.8498	$Wr^2 = 151.6207Vr$
可溶性固形物 Soluble solid	正交: $Wr = 0.1228 + 0.2146Vr$ 反交: $Wr = -0.1652 + 0.9737Vr$	0.5324 0.7112	1.4752 0.0370	0.4031 1.3690	$Wr^2 = 0.4920Vr$
维生素 C Vitamin C	正交: $Wr = 15.1470 - 0.0833Vr$ 反交: $Wr = 10.4900 - 0.1149Vr$	0.8342 0.9004	1.2986 1.2382	-0.0999 -0.1276	$Wr^2 = 56.7406Vr$
番茄红素 Lycopene	正交: $Wr = -4.0517 + 1.0126Vr$ 反交: $Wr = 9.8957 - 0.2471Vr$	0.2747 1.1787	-0.0459 1.0580	3.6863* -0.2096	$Wr^2 = 11.8295Vr$
可溶性总糖 Total soluble sugar	正交: $Wr = 0.1470 - 0.3044Vr$ 反交: $Wr = 0.1153 + 0.1131Vr$	1.0225 1.0517	1.2757 0.8433	-0.2977 0.1075	$Wr^2 = 0.4280Vr$
可滴定有机酸 Titratable acid	正交: $Wr = 0.0006 + 0.4749Vr$ 反交: $Wr = 0.0020 + 0.0302Vr$	0.3162 0.6049	1.6609 1.6032	1.5021 0.0499	$Wr^2 = 0.0060Vr$
糖酸比 Sugar-acid ratio	正交: $Wr = 3.0273 - 0.5553Vr$ 反交: $Wr = 0.1697 + 0.3448Vr$	1.3326 0.7228	1.1671 0.9064	-0.4167 0.4770	$Wr^2 = 5.4513Vr$

点,分别为隐性和显性基因联合态亲本的可能位置)。 P_4 和隐性基因联合态尚有一段距离。在图 2 的反交组合中,果形指数这一性状的隐性基因以 P_3 最多, P_6 最少,且接近显性基因联合态。各亲本间有较大的差异,也呈现一定的梯度性。由图 3 可知,在正交组合中,番茄红素这个性状的隐性基因以 P_6 最多, P_1 最少,已经接近显性基因联合态。其他几个亲本则包含较多的显性基因,且这几个亲本间的差异不大。

表 2 中, D 为加性参数, H 为显性参数,参数 $(H/D)^{0.5}$ 是平均显性度, $D-H$ 则表明加性和显性基因作用的相对重要性, $r(Wr + Vr, Yr)$ 表示 $Wr + Vr$ 与 Yr 的相关系数(显隐性基因作用方向), $h^2 B$ 为广义遗传力, $h^2 N$ 为狭义遗传力。从表 3 可以看出,番茄红素和果形指数的正交组合显性效应比加性效应更为重要^[13-14];番茄红素和果形指数的正交组合存在

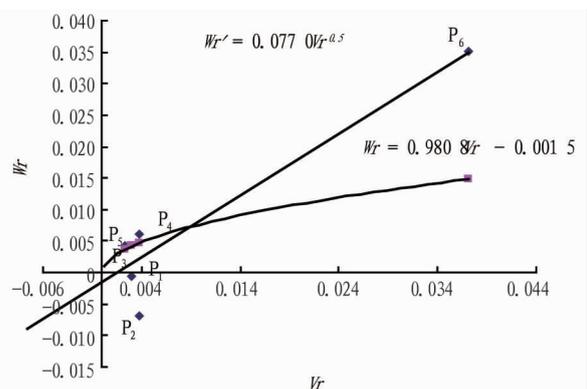


图 1 果形指数 Wr 依 Vr 的回归直线和限制性抛物线 Wr' (正交)
Fig. 1 The regressive line of Wr dependent Vr and limited parabola Wr' of fruit shape index(orthogonal)

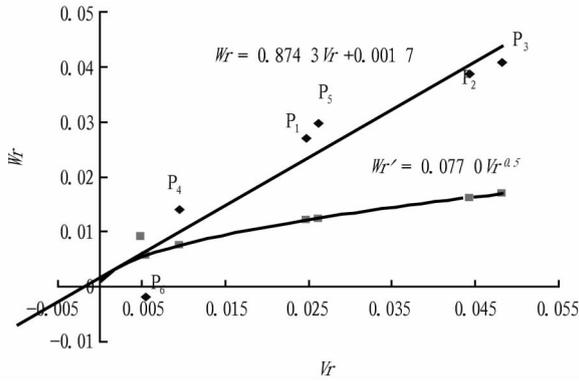


图2 果形指数 W_r 依 V_r 的回归直线和限制性抛物线 W_r' (反交)
Fig.2 The regressive line of W_r dependent V_r and limited parabola W_r' of fruit shape index (reciprocal cross)

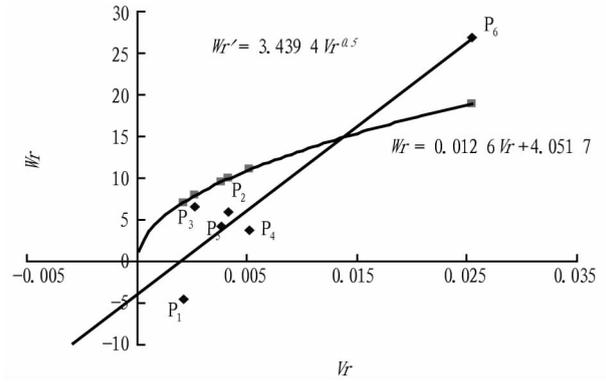


图3 番茄红素 W_r 依 V_r 的回归直线和限制抛物线 W_r' (正交)
Fig.3 The regressive line of W_r dependent V_r and limited parabola W_r' of lycopene(orthogonal)

表2 遗传参数的估计

Table 2 Estimation of genetic parameters

性状 Characters	组合 Combination	遗传参数 Genetic parameters	数值 Value
果形指数 Fruit shape index	正交组合	D	0.013 8
		H	0.016 7
		$(H/D)^{0.5}$	1.103 0
		$D - H$	-0.002 9
		$r(W_r + V_r, Y_r)$	0.950 9
		$h^2 B$	52.57%
	反交组合	$h^2 N$	47.43%
		D	0.048 5
		H	0.040 9
		$(H/D) 0.5$	0.921 5
		$D - H$	0.007 6
		$r(W_r + V_r, Y_r)$	-0.913 1
番茄红素 Lycopene	正交组合	$h^2 B$	51.96%
		$h^2 N$	48.04%
		D	13.953 9
		H	26.702 3
		$(H/D) 0.5$	1.383 3
		$D - H$	-12.748 4
		$r(W_r + V_r, Y_r)$	0.783 7
		$h^2 B$	59.30%
		$h^2 N$	40.70%

超显性;而果形指数的反交组合为部分显性。番茄红素和果形指数中正交组合的 $r(W_r + V_r, Y_r)$ 值均为正值,表明这3个性状的隐性方向为增效,即随着隐性基因的增多,各性状的基因型效应值有增大的趋势。番茄红素和果形指数中正交组合的 $h^2 B$ 均大于50%,表示遗传方差占表型方差的比率超过1/2; $h^2 N$ 均小于50%,表示加性方差占表型方差的比率小于1/2。

平均单果重、可溶性固形物、维生素C、可溶性总糖、可滴定有机酸、糖酸比等性状的遗传不符合加性-显性模型,在这种情况下存在2种可能,一种可能是不存在显性效应,另一种可能是上位性的干扰。这些可能性需要应用一个公共亲本的 W_r 与 V_r 的和($W_r + V_r$)或差($W_r - V_r$)的方差分析,做出检查^[11]。如果 $W_r + V_r$ 和 $W_r - V_r$ 值的方差显著,则表明显性效应和上位性效应的存在。

对不符合加性-显性模型的性状,如平均单果重、可溶性固形物、维生素C、可溶性总糖、可滴定有机酸、糖酸比等,进行 $W_r + V_r$ 和 $W_r - V_r$ 值的方差分析,结果为:①平均单果

重和糖酸比2个性状的正交组合均存在上位性效应而不存在显性效应。上位性的存在可能干扰了基因效应的表达,使之不符合加性-显性模型。②可溶性总糖、可滴定有机酸和维生素C这3个性状既存在显性效应又存在上位性效应。③平均单果重、番茄红素和糖酸比在反交组合中的表现既不存在显性效应又不存在上位性效应。显性效应不存在使得这3个性状的反交组合的遗传表现不符合加性-显性模型。④可溶性固形物存在显性效应而不存在上位性效应。可溶性固形物的遗传有显著的显性效应,而没有显著的上位性效应。⑤平均单果重、番茄红素、可溶性总糖和糖酸比这4个性状,正、反交组合中遗传效应的表现存在差异,验证了6个亲本之间极可能存在细胞质效应的结论。细胞质效应存在的可能性对于育种工作中母本的选择有积极的意义。

3 结论

(1)对番茄36个基因型的8个品质性状数据进行方差分析,结果显示:6个亲本材料的F测验值均达到极显著水平,
(下转第67页)

少,散碎分布,人为干扰程度强烈。

(2)从景观格局整体来看,研究区 PR 为 8,具有较高的景观聚集性和均匀度,景观种类丰富,蔓延度一般。但荒漠景观突出,分布较为散乱,影响黄骅市的发展进程。农业景观内部破碎也较为严重,边缘特征复杂,陆地景观面积较少,有必要加强城市绿化建设。

(3)黄骅市景观格局比较清晰,下一步可以通过对比黄骅市 10 年之内景观格局的动态演变,提出黄骅市景观格局的演变方向及其优缺点,为黄骅市更好的土地资源管理以及土地整治提供更好的建议意见。

参考文献

[1] 陈利顶,孙然好,刘海莲.城市景观格局演变的生态环境效应研究进展

[J].生态学报,2013,33(4):1042-1050.

- [2] 曹瑞娜,齐伟,李乐,等.基于流域的山区景观格局分析和分区研究:以山东省栖霞市为例[J].中国生态农业学报,2014,22(7):859-865.
- [3] 刘飞,谢双喜,谢鹏,等.贵州习水县土地利用景观格局特征分析[J].天津农业科学,2015,21(12):84-88.
- [4] 宁雅楠,李贝,杨伟州,等.基于主成分分析法的土地利用景观分区研究:以青龙满族自治县为例[J].中国农业资源与区划,2016,37(2):22-28.
- [5] 何鹏,张会儒.常用景观指数的因子分析和筛选方法研究[J].林业科学研究,2009,22(4):470-474.
- [6] 彭建,王仰麟,张源,等.土地利用分类对景观格局指数的影响[J].地理学报,2006,61(2):157-168.
- [7] 曹伟,周生路,吴绍华,等.基于粗糙集与突变级数法的土地利用景观分区研究[J].地理科学,2011,31(4):421-426.
- [8] 李秀珍,布仁仓,常禹,等.景观格局指标对不同景观格局的反应[J].生态学报,2004,24(1):123-134.

(上接第 48 页)

表明所选择的 6 个试验材料之间在各个品质性状上的差异明显大于环境变异,它们在各品质性状上的遗传背景差异是普遍存在的。选择这 6 个亲本作为试验材料也是合理、有效的。在番茄果形指数、可溶性总糖、可滴定有机酸和糖酸比这几个性状上,杂交种对亲本的 F 测验值不显著,即杂交种番茄在这 4 个性状上与亲本无显著差异。8 个品质性状的正反交 F 测验值均达到极显著水平,表明选定的 6 个品种番茄在这 8 个性状上极有可能存在显著的细胞质效应。在亲本的选择上应该充分考虑这种可能性存在的影响。

(2)在 W_r/V_r 回归系数的假设性检验中,因为正反交之间存在着显著差异,因此需要将正反交分开来,分别进行检验。在 8 个品质性状中,仅有果形指数和番茄红素(正交组合)满足加性-显性模型。平均显性度分别为 1.103 0、0.921 5 和 1.383 3,有超显性的存在。其他的几个性状因为显性效应不存在或者上位性效应的存在而不表现加性-显性模型。番茄红素和果形指数的正交组合中,基因效应均为隐性增效,反交组合表现相反。番茄红素和果形指数中正交组合的显性效应比加性效应更为重要,反交组合情况相反。

这表明,提高番茄营养品质的育种方法应充分注重亲本的选择,而 F_1 杂种优势育种是有可能育出高品质品种的。因为明确了 2 个性状的遗传模型及其在亲本中显隐性的分布和作用规律,可以借助生物技术的方法进行辅助育种。在亲本中,以 P_6 的番茄红素含量最高,是由于决定数量性状番茄红素含量的多基因中包含了大量的隐性增效基因。根据现代分子遗传学技术,可以借助分子标记等基因分离克隆技

术,将番茄红素含量低的番茄进行品种改良^[15-16]。

参考文献

- [1] 胡全德,张汉卿,栗长兰,等.番茄主要数量性状的遗传力和选择响应的初步研究[J].吉林农业大学学报,1984(4):1-6.
- [2] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:111-112.
- [3] 西北农业大学植物生理生化教研组.植物生理学实验指导[M].西安:陕西科学技术出版社,1987:122-123.
- [4] 上海植物生理研究所,上海植物生理学会.现代植物生理学实验指南[M].北京:科学出版社,1999:315-316.
- [5] 上海商品检验局.食品化学分析[M].上海:上海科学技术出版社,1979:60-61,256-258.
- [6] 国家技术监督局.番茄酱中番茄红素的测定方法:GB/T 14215-93[S].北京:中国标准出版社,1993.
- [7] 岑宁,王杰,谢继志.柑桔果皮番茄红素诱导合成研究[J].中国南方果树,1996,25(3):6-7.
- [8] 东惠如,金波,乔德禄,等.番茄果实生长发育过程中一些有机物质的变化[J].上海农业学报,1996,12(1):41-44.
- [9] 莫惠栋,黄祖六,朱红岩.种子性状双列资料遗传分析的新方法[J].江苏农学院学报,1997,18(1):25-30.
- [10] 刘来福,毛盛贤,黄远樟.作物数量遗传学[M].北京:中国农业出版社,1984:143-149.
- [11] 莫惠栋.双列资料的遗传模型分析[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),1987,8(1):59-64.
- [12] 莫惠栋.农业试验统计[M].上海:上海科技出版社,1984.
- [13] 谭其猛.蔬菜育种[M].北京:中国农业出版社,1987:113-115.
- [14] KEMBLE J M, GARDNER R G. Inheritance of shortened fruit maturation in the cherry tomato cornell 871213-1 and its relation to fruit size and other components of earliness[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1992, 117(4): 646-650.
- [15] TAVAZZA M, LUCIOLI A, ANCORA G, et al. cDNA cloning of artichoke mottled crinkle virus RNA and localization and sequencing of the coat protein gene[J]. Plant molecular biology, 1989, 13(6):685-692.
- [16] HARTZ T K, MIYAO E M, VALENCIA J G. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato [J]. Hortscience, 1998, 33(5): 830-832.

科技论文写作规范——工作单位

在圆括号内书写作者的工作单位(用全称)、城市名及邮政编码。若为外国的工作单位,则加国名。多个作者不同工作单位时,在名字的右上角分别加注“1”“2”,和地址前注“1.”“2.”。