

番茄单果质量、果肉厚度及心室数的遗传效应分析

乐素菊¹, 惠岸², 邵光金², 汪文毅², 汪国平²

(1 仲恺农业工程学院 生命科学学院, 广东 广州 510225; 2 华南农业大学 园艺学院, 广东 广州 510642)

摘要:对番茄的单果质量、果肉厚度、果实心室数3个数量性状进行了遗传效应及遗传相关性分析,并估算了控制这些性状的最少基因数目。结果表明:单果质量、果肉厚度、果实心室数的遗传符合加性-显性模型,其广义遗传力分别为54.89%、47.58%及42.26%,狭义遗传力分别为54.20%、40.99%及40.86%;最少控制基因数目分别为8、5及2对;果肉厚度与单果质量的相关系数为0.741 1,心室数与单果质量的相关系数为0.354 9,而果肉厚度与心室数的相关系数较小,为0.171 3。

关键词:番茄;果实性状;遗传分析

中图分类号:S641.2

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2011)02-0012-04

Genetic Analysis on Fruit Mass, Pericarp Thickness and Locule Number in Tomato

YUE Su-ju¹, HUI An², SHAO Guang-jin², WANG Wen-yi², WANG Guo-ping²

(1 College of Life Sciences, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China;

2 College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The inheritances of fruit mass, pericarp thickness and locule number in tomato were studied by using six systematic generations derived from two inbred lines '860' and 'HYT'. Minimum gene number and heritability for these traits were estimated and their hereditary correlation coefficients were calculated. The results showed that the heredity of all three traits satisfied the pattern of additive-dominance model. General inheritabilities for three traits were 54.89%, 47.58% and 42.26%, respectively and the narrow inheritabilities 54.20%, 40.99% and 40.86%. The minimum gene numbers for three traits were 8, 5 and 2, respectively. The correlation coefficients between fruit mass and fruit pericarp thickness, between fruit mass and locule number and between fruit pericarp thickness and locule number, were 0.741 1, 0.354 9 and 0.171 3, respectively.

Key words: tomato; fruit traits; genetic analysis

番茄是世界主要蔬菜作物种类之一,联合国粮农组织(FAO)2009年统计显示,全球番茄栽培面积为498.0万hm²,年产量达14 140.0万t,平均单位面积产量为28.4 t/hm²;中国栽培面积为150.5万hm²,年产量达3412.0万t,平均单位面积产量为22.7 t/hm²。我国番茄的单位面积产量与国际平均水

平还有一定差距,与发达国家的差距更大,因此需要进一步提高单位面积产量。

单果质量是产量的构成性状之一,单果质量遗传特性国内外已有许多研究报道^[1-3],但这些研究一般将单果质量作为整体性状研究。单果质量性状与果实多个性状有关,其中果肉厚度及心室数是影响

收稿日期:2010-06-18

作者简介:乐素菊(1969—),女,副教授,硕士;通信作者:汪国平(1967—),男,副教授,博士,E-mail:gpwang@scau.edu.cn

基金项目:广东省农业科技推广项目;广东省科技计划项目(2007A020300009-6)

单果质量的重要因素,前人的研究表明,单果质量与果肉厚度的相关系数为 0.42~0.67^[4-6];李智军等^[7]对国外引进的番茄资源调查表明,心室数多的番茄单果质量也较大;李悦等^[8]研究表明,心室数与单果质量的相关系数达到 0.66;这 2 个性状还通过影响果实硬度^[4]而与番茄果实耐贮运性有关.国内外已有一些用数量遗传学方法对果肉厚度及心室数遗传规律的研究报道,如 Zdravkovic 等^[9]和王雷等^[5]用双列杂交法、Garg 等^[10]用测交法分析了果肉厚度的遗传效应,李悦等^[8]对心室数目性状的遗传效应进行了分析,但这些研究都未对控制性状的基因对数进行估计.本研究采用数量遗传方法对单果质量、果肉厚度及心室数的遗传规律进行研究,估算了控制基因的数目,并分析 3 个性状的相关系数,以期为育种实践提供指导.

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为用栽培番茄 *Solanum lycopersicum* 构建的 6 个世代:以小果型‘HYT’(P₁)为母本、中果型‘860’(P₂)为父本,通过杂交及自交获得 F₁、F₂、F₁ × P₁ 及 F₁ × P₂.

1.2 试验设计及性状调查方法

试验于 2008 年 2—5 月在华南农业大学园艺学院蔬菜实验场进行,田间试验设计采用随机排列;剔除青枯病病株后最终用于统计的各世代植株分别为 P₁ 21 株、P₂ 22 株、F₁ 29 株、F₂ 200 株、F₁ × P₁ 84 株及 F₁ × P₂ 90 株.

田间管理同大田番茄生产,在果实粉红期至亮红期采收果实,不采收畸形果的条件下尽量挑选较大的果实,每株上取 4 个果实测量各性状,4 个果实

的平均值作为该株的表型数值.果实质量用电子天平称量;果肉厚度测量方法是从中央部位将果实横切,使用数显游标卡尺测量.

1.3 数据的处理及统计方法

采用 Microsoft Excel 2000 软件对数据进行处理,采用 ABC 法检验 3 个性状的遗传模型,然后计算各性状的加性方差、显性方差及比率、广义遗传率、狭义遗传率、控制基因的对数及各性状间的相关系数^[11-12].

2 结果与分析

2.1 番茄各果实性状的遗传模型分析

6 个世代的平均单果质量、果肉厚度及心室数的统计以及方差、标准差的计算结果如表 1.从表 1 可以看出,F₁ 的单果质量为中间偏小,果肉厚度偏向厚果肉父本,心室数目接近少心室母本,说明小果、厚果肉、少心室为不完全显性;F₂ 代 3 个性状的数值都呈连续正态分布,说明 3 个性状均为数量性状.

根据表 1 的数据进行 A、B、C 三尺度的 *t* 测验,验证是否符合 Mather 的加性-显性遗传模型^[11].表 2 的结果显示,A、B、C 三尺度显著性测验在 0.05 水平上均不显著,证明基因作用是加性的,可以用加性-显性遗传模型进行分析.对各性状的各项遗传方差及比率进一步分析发现(表 3),所有性状的加性方差比率都高于显性方差比率,但同时各性状环境方差的比率也较高,说明果实性状受环境和随机误差的影响也较大.

F₂、F₁ × P₂ 单果质量性状的方差较大,说明单果质量的变化范围较大,亲本的大果及小果性状都在后代出现,因此从这 2 种群体中有希望选择得到大果型的个体.

表 1 番茄各世代果实性状的表型平均数和方差¹⁾

Tab.1 Generation average and variance of three fruit traits

世代	株数/株	单果质量			果肉厚度			心室数		
		$\bar{x} \pm \text{SE/g}$	<i>V</i>	<i>V/n</i>	$\bar{x} \pm \text{SE/mm}$	<i>V</i>	<i>V/n</i>	$\bar{x} \pm \text{SE/个}$	<i>V</i>	<i>V/n</i>
P ₁	21	23.7 ± 1.62A	55.410	2.640	2.28 ± 0.12A	0.280	0.013	3.7 ± 0.12a	0.29	0.014
P ₂	22	96.2 ± 1.86B	75.810	3.450	4.70 ± 0.16B	0.590	0.027	4.8 ± 0.11b	0.27	0.012
F ₁	29	51.3 ± 1.66	79.790	2.750	4.00 ± 0.12	0.440	0.015	3.7 ± 0.08	0.18	0.006
F ₂	200	44.4 ± 0.90	161.170	0.810	3.50 ± 0.04	0.380	0.002	3.7 ± 0.04	0.40	0.002
F ₁ × P ₁	84	28.7 ± 0.96	77.600	0.920	3.00 ± 0.08	0.590	0.007	3.5 ± 0.06	0.30	0.004
F ₁ × P ₂	90	67.4 ± 1.32	157.380	1.750	4.21 ± 0.06	0.340	0.004	4.1 ± 0.08	0.64	0.007

1) 同列数据后凡是有一个相同大、小写字母者,分别表示 P₁ 与 P₂ 在 0.01、0.05 水平上差异不显著(Duncan's 法).

表 2 番茄果实性状的加性-显性遗传模型测验

Tab. 2 Test of additive and dominant genetic model on three fruit traits

尺度 测验	单果质量		果肉厚度		心室数		ν	$t_{0.05}$
	平均数 $\pm$ 标准误/g	t	平均数 $\pm$ 标准误/mm	t	平均数 $\pm$ 标准误/个	t		
A	17.60 $\pm$ 21.11	0.83	0.34 $\pm$ 1.32	0.26	0.25 $\pm$ 1.29	0.20	134	1.96
B	75.03 $\pm$ 39.02	1.92	2.56 $\pm$ 1.34	1.91	2.69 $\pm$ 1.47	1.83	141	1.96
C	44.90 $\pm$ 47.83	0.94	1.14 $\pm$ 2.85	0.40	0.92 $\pm$ 2.78	0.33	272	1.96

表 3 番茄果实性状的方差分量比率

Tab. 3 Estimates of genetic components for three fruit traits

性状	加性方差(V_A)	显性方差(V_D)	环境方差(V_E)	加性方差比率/%	显性方差比率/%	环境方差比率/%
单果质量	87.36	1.11	72.70	54.2	0.7	45.1
果肉厚度	0.172 1	0.027 7	0.220 1	41.0	6.6	52.4
心室数	0.164 4	0.074 7	0.163 3	40.8	18.6	40.6

2.2 番茄果实性状的遗传力分析

由于 3 个性状的显性方差都较小, 所以其广义遗传力和狭义遗传力很接近(表 4)。3 个性状的广义遗传力和狭义遗传力都不是很高, 这可能与果实性状易受环境的影响有关, 也可能与所用研究材料有关。

表 4 番茄果实性状的遗传力

Tab. 4 Estimates of inheritabilities of three fruit traits

性状	广义遗传力/%	狭义遗传力/%
单果质量	54.89	54.20
果肉厚度	47.58	40.99
心室数	42.26	40.86

2.3 果实性状的遗传最少基因(有效因子)数估算

使用 Wright 提出的最少基因数目估算公式^[11]估算得出: 单果质量、果肉厚度、心室数最少控制基因数目分别为 7.43、4.10、1.18; 说明至少有 8 组遗传因子控制果实重量、5 组遗传因子控制果肉厚度、2 组遗传因子控制心室数。

2.4 果实性状遗传相关性分析

对 3 个果实性状间的相关关系进行分析, 结果见表 5, 单果质量与果肉厚度的相关系数最大, 单果质量与心室数的相关系数次之, 而果肉厚度与心室数的相关系数较小。

表 5 番茄果实性状的相关性¹⁾

Tab. 5 Estimates of correlation coefficients between the fruit traits

性状	单果质量	果肉厚度	心室数
单果质量	1.000 0		
果肉厚度	0.741 1 **	1.000 0	
心室数	0.354 9 **	0.171 3 *	1.000 0

1) ** 表示达到 1% 的显著水平, * 表示达到 5% 的显著水平。

3 讨论

从遗传力测验可以看出, 3 个性状的广义遗传力和狭义遗传力都不高而且比较接近。广义遗传力不高, 表明环境因素对表型有较大的影响; 而狭义遗传力与广义遗传力接近, 说明性状以加性遗传为主, 难以通过超显性而获得杂种优势。通过 V_A 、 V_D 、 V_E 的计算也可以看出, 加性方差很大, 显性方差比较小, 说明这些性状主要由多基因的加性效应控制, 所以通过组合育种进行基因累加, 有希望得到理想的性状类型, 这与育种实践中单果质量的杂种优势不明显、对提高单位面积产量的作用不恒定的结果是相吻合的^[13]。

单果质量性状遗传比较复杂, 本研究中估计控制单果质量的遗传因子至少有 8 组, 其实际数目可能更多, Tanksley 实验室用染色体渐渗系鉴定出了 28 个控制单果质量的数量性状位点(QTL)^[14]; 由于单果质量性状受果肉厚度及心室数目影响, 因此, 8 组遗传因子中可能也包含了果肉厚度及心室数目部分相关基因。

果肉厚度与单果质量直接相关, 从而影响产量。果肉厚度与单果质量的相关系数在孙亚东等^[4]、王雷等^[5]、李秀启等^[6]的研究中分别为 0.67、0.46、0.42; 本研究中两者的相关系数高达 0.741 1, 决定系数(r^2)为 0.549 2, 即有 54.92% 的单果质量是由果肉厚度因素决定的。不同研究中果肉厚度与单果质量相关系数数值变异较大的原因可能与所使用的试验材料有关, 本研究使用的 2 个材料果肉厚度差异明显, ‘860’ 的果肉厚度是 ‘HYT’ 的 2 倍以上, 因而在杂交后代中果肉厚度对单果质量性状的贡献也较大。本研究结果表明有 5 组遗传因子控制果肉厚度, 估算的位点数目与 Grandillo 等^[15]用分子遗传学

方法定位到4个果肉厚度QTL的结果相近.5组遗传因子控制果肉厚度也说明该性状比较复杂,理论上果肉细胞数目、细胞大小、细胞膨大速度、果皮细胞与果肉细胞生长的协调性等都会影响果肉厚度,如Bertin等^[16]研究表明果实质量大小与果肉细胞数目、果肉细胞大小在生长发育的步调上是一致的.此外,本研究结果表明果肉厚度为显性遗传,这与Daskaloff等^[17]及Zdravkovic等^[9]的结论是一致的.

心室数目与单果质量也直接相关.本研究中单果质量与心室数目的相关系数为0.354 9,但据余延年^[13]统计,对于不同番茄品种,单果质量与心室数的相关系数为0.15~0.76不等,具有较大的变化范围,可见心室数对单果质量的决定程度因品种及其组合而异.控制心室数的遗传因子估计为2组,说明遗传相对简单,这与用分子遗传学方法定位的QTL数目相接近.Grandillo等^[15]定位了2个QTL,位于染色体1、3;Barrero等^[18]定位了4个QTL,1个与染色体11上的隐性基因f(Fasciated locus)对应,其他3个位于染色体1及2;本研究所用的材料不表现由f基因引起的果实多心室扁化畸形表型,可以排除此位点.

本研究分析了单果质量的2个构成性状的遗传特性,对番茄的高产育种有一定的指导作用,但提高番茄的单位面积产量,不仅要靠合适大小的单果质量,还要从单株结果数、株型(影响种植密度)等其他方面考虑.比较本研究与文献报道的结果还可看出,不同亲本组合的遗传规律有较大差异,在育种工作中应充分考虑所选组合的遗传特性,制定合适的育种方案.

参考文献:

- [1] 齐乃敏,杨少军,朱少英,等.番茄主要品质性状的遗传研究进展[J].上海农业学报,2006,22:140-143.
- [2] MACARTHUR J W, BUTLER L. Size inheritance and geometric growth processes in the tomato fruit[J]. Genetics, 1938, 23(3):253-268.
- [3] LIPPMAN Z, TANKSLEY S D. Dissecting the genetic pathway to extreme fruit size in tomato using a cross between the small-fruited wild species *Lycopersicon pimpinellifolium* and *L. esculentum* var. Giant Heirloom[J]. Genetics, 2001, 158(1):413-422.
- [4] 孙亚东,梁燕,吴江敏,等.番茄数量性状与番茄红素相关性分析[J].中国蔬菜,2010(6):74-76.
- [5] 王雷,王鸣,石英,等.加工番茄主要数量性状遗传相关性的研究[J].西北农业学报,1998,7(1):32-37.
- [6] 李秀启,赵玉玲,刘星明,等.番茄主要农艺性状与产量的相关及通径分析[J].甘肃农业科技,2008(9):8-10.
- [7] 李智军,龙卫平,郑锦荣,等.国外引进番茄资源的果实性状比较[J].广东农业科学,2008(2):40-42.
- [8] 李悦,李天来,王丹.番茄心室数相关性状的遗传效应分析[J].中国蔬菜,2007(9):12-15.
- [9] ZDRAVKOVIC J, MARKOVIC Z, DAMJANOVIC M, et al. Inheritance of pericarp thickness of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [J]. Genetika, 1994, 26(2):115-120.
- [10] GARG N, CHEEMA D S, DHATT A S. Genetics of yield, quality and shelf life characteristics in tomato under normal and late planting conditions [J]. Euphytica, 2008, 159(1/2):275-288.
- [11] 马育华.植物育种的量遗传学基础[M].南京:江苏科学技术出版社,1984:76-201.
- [12] 兰巨生.作物遗传参数统计法[M].石家庄:河北人民出版社,1982:69-88.
- [13] 余延年,吴定华,陈竹军.番茄遗传学[M].长沙:湖南科技出版社,1999:298.
- [14] GRANDILLO S, KU H M, TANKSLEY S D. Identifying the loci responsible for natural variation in fruit size and shape in tomato[J]. Theor Appl Genet, 1999, 99(6):978-987.
- [15] GRANDILLO S, TANKSLEY S D. QTL analysis of horticultural traits differentiating the cultivated tomato from the closely related species *Lycopersicon pimpinellifolium* [J]. Theor Appl Genet, 1996, 92(8):935-951.
- [16] BERTIN N, CAUSSE M, BRUNEL B, et al. Identification of growth processes involved in QTLs for tomato fruit size and composition[J]. J Exp Bot, 2009, 60(1):237-248.
- [17] DASKALOFF C, KONSTANTINOVA M, MOLLE E. Inheritance of pericarp thickness in field tomato fruits[J]. Rep Tomato Genetics Coop, 1983, 33:2.
- [18] BARRERO L S, TANKSLEY S D. Evaluating the genetic basis of multiple-locule fruit in a broad cross section of tomato cultivars[J]. Theor Appl Genet, 2004, 109(3):669-679.

【责任编辑 周志红】