

番茄果实中番茄红素含量的遗传分析

曲瑞芳, 梁 燕

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以 5 个番茄自交系为材料, 完全双列杂交设计, 对番茄果实中番茄红素配合力及其遗传参数进行了分析和估算。试验表明: 番茄红素的一般配合力为 $-0.608 \sim -0.734$, 特殊配合力为 $-0.302 \sim 1.208$; 番茄红素的广义遗传力为 57.35%, 狭义遗传力为 46.36%, 其遗传符合加性—显性模型。所以在育种中采用系谱选择以提高和固定高番茄红素性状是有效的, 有性杂交育种可在早期世代进行选择。

关键词: 番茄; 番茄红素含量; 遗传分析

中图分类号: S641.03 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2009)增刊-0046-04

Genetic Analysis on Lycopene Content in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Fruit

QU Rui-fang, LIANG Yan

(College of Horticulture, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China)

Abstract: The combining ability and genetic parameters of lycopene content in tomato fruits were studied by means of the first method of Griffing's diallel cross. The main results are as follows: the general combining ability was among $-0.608 \sim -0.734$, and the special combining ability ranged in $-0.302 \sim 1.208$. The broad sense heritability of lycopene content in tomato fruit was 57.35%, the narrow gene heritability was 46.36%, and due to additive—dominant model.

Key words: Tomato; Lycopene content; Genetic analysis

番茄植物是番茄红素的一种重要来源, 番茄红素主要存在于其果实细胞的有色体中, 多与蛋白质等形成复合物。人体自身不能合成番茄红素, 人们通过饮食获取番茄红素, 其中 80% 是通过食用番茄及其加工品而获得的。因此, 如何提高番茄果实中番茄红素含量逐渐引起蔬菜育种者的重视。

配合力分析和遗传参数估计是育种的基础, 番茄红素的遗传分析在加工番茄上研究较多^[1-4], 对普通番茄的研究近年受到重视^[5-9], 本研究主要通过普通番茄果实中番茄红素的遗传分析, 以期番茄红素育种提供方法和材料选择依据和基础。

1 材料和方法

5 个供试材料均为普通番茄自交系 TTH1103B、TTH1107B、TTH1111B、TTH1112B 和 TTH1117B, 果实红色,

由西北农林科技大学园艺学院蔬菜种质资源与番茄育种课题组提供, 编号分别为 01, 02, 04, 05, 06。按 Griffing 第一种方案完全双列杂交配置组合见表 1。

表 1 完全双列杂交试验设计图

♀	♂				
	01	02	04	05	06
01	1	2	3	4	5
02	6	7	8	9	10
04	11	12	13	14	15
05	16	17	18	19	20
06	21	22	23	24	25

材料于 2005 年 2 月 15 日播种育苗, 3 月 29 日分苗, 4 月 20 日定植于大田, 田间随机区组排列, 3 次重复, 每重复 15 株, 田间管理同大田。当第二、三穗果实达到坚熟成熟度时取样, 每小区随机取样 5 株, 混合打浆, 测定番茄红素含量^[7]。采用 Griffing

收稿日期: 2009-02-08

基金项目: 陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项(2007ZDKG-05); 西北农林科技大学育种专项(06YZ003); 陕西省科技攻关项目(2007K01-07-01)

作者简介: 曲瑞芳(1978-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 硕士, 主要从事番茄种质资源与育种研究。

通讯作者: 梁 燕(1963-), 女, 陕西渭南人, 教授, 博士, 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。

分析法第一种方案分析番茄红素的配合力和遗传参数^[8]。

2 结果与分析

2.1 完全随机设计的方差分析

完全双列杂交的 25 个组合番茄红素含量方差分析如表 2, 表明基因型之间存在极显著差异, 说明这些性状基因型间的差异是实质性的, 从而有进一步作配合力分析的价值。

表 2 随机区组设计的方差分析

Tab. 2 Variance analysis of random block design in diallel crossing system

变异来源 Resources	自由度 Freedom	平方和 Square sum	均方 Square mean	F 值 F value
重复 Repeat	2	0. 541	0. 271	0. 387
基因型 Genotype	24	75. 931	3. 164	4. 522 **
误差 Error	48	33. 583	0. 700	
总和 Sum	74	110. 055		

注: **. 表示显著水平达 0. 01。
Note: ** indicate significance at level of 1%.

2.2 配合力方差分析

为进行配合力分析, 将各基因型的平均数 X_{ij} 排列为父母本双向表, $P=5$, 如表 3。

表 3 基因型的均值双向表

Tab. 3 Two direction table of the genotypes' mean

i	j					\bar{X}_i
	1	2	3	4	5	
P=1	2. 737	3. 046	3. 842	3. 090	2. 308	15. 023
P=2	3. 997	4. 303	5. 798	4. 267	3. 358	21. 722
P=3	3. 223	6. 694	4. 529	4. 424	3. 758	22. 628
P=4	2. 555	4. 158	3. 143	3. 679	2. 933	16. 467
P=5	2. 753	3. 785	3. 104	2. 254	3. 194	15. 090
\bar{X}_j	15. 265	21. 985	20. 416	17. 713	15. 551	
$\bar{X}_i + \bar{X}_j$	30. 288	43. 707	43. 044	34. 181	30. 641	X=90. 930

表中 $X_{1.} = 2. 737 + 3. 046 + 3. 842 + 3. 090 + 2. 308 = 15. 023$
 $X_{2.} = 3. 997 + 4. 303 + 5. 798 + 4. 267 + 3. 358 = 21. 722$

表 4 配合力方差分析表

Tab. 4 Variance analysis on combining ability

变异来源 Resources	自由度 Freedom	平方和 Square sum	均方 Mean square	F 值 F value	
				固定模型 Fixed model	随机模型 Random model
一般配合力 g. a. c	4	17. 299	4. 325	18. 543 **	8. 289 **
特殊配合力 s. a. c	10	5. 362	0. 536	2. 299 *	2. 299 *
反交 Inverse cross	10	2. 650	0. 265	1. 136	0. 356
误差 Error	48	11. 194	0. 233		

注: *, ** 分别表示 0. 05、0. 01 的差异显著水平。
Note: *, ** mean the significant difference at 0. 05 and 0. 01 level respectively.

2.2.2 一般配合力效应及评价 由表 4 可见, 亲本之间一般配合力效应存在极显著差异, 因而需要进

.....
 $X_{.} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5$
 $= 15. 023 + 21. 722 + 22. 628 + 16. 467 + 15. 090$
 $= 90. 930$

对配合力进行方差分析, 分别计算一般配合力和特殊配合力的平方和。

$$SSg = \frac{1}{2P} \sum_i (X_{i.} + X_{.j})^2 - \frac{2}{P^2} (X_{..})^2$$
$$= \frac{1}{2 \times 5} (30. 288^2 + 43. 707^2 + 43. 044^2 + 34. 181^2 + 30. 641^2) - \frac{2}{5^2} \times 90. 930^2 = 17. 299$$

$$SSs = \frac{1}{2} [\sum_{ij} (X_{ij} + X_{ji}) - \frac{1}{2P} \sum_j (X_{i.} + X_{.i})^2 + \frac{1}{P^2} (X_{..})^2]$$
$$= \frac{1}{2} \times [2. 737 \times (2. 737 + 2. 737) + 3. 046 \times (3. 046 + 3. 997) + \Delta + 15. 551 \times (15. 551 + 15. 551)] - \frac{1}{2} \times [\frac{1}{2 \times 5} (30. 288^2 + 43. 707^2 + 43. 044^2 + 34. 181^2 + 30. 641^2)] + \frac{1}{2} \times \frac{1}{5^2} \times 90. 930^2 = 5. 362$$

$$SSr = \frac{1}{2} \sum_{i < j} (X_{ij} - X_{ji})^2 = 0. 265$$

将以上结果列于表 4。

结果表明, 在固定模型和随机模型下, 一般配合力和特殊配合力都分别呈极显著差异和显著差异。因此可以认为这些效应间存在着真实的差异, 从而可以进一步采用固定模型分析、估算各性状配合力效应值。

2.2.1 配合力分析 I—固定模型分析 为了解所用亲本材料的配合力效应好坏, 并以此来指导亲本的选配, 采用固定分析模型。由表 4 可见, 组合的反交效应并不显著, 说明亲本用作父本或母本并不显著地影响 F1 杂种的表现。反交效应不显著还说明番茄红素没有母性遗传现象。

一步比较两个亲本之间一般配合力效应值的差异显著性。

一般配合力效应估算如下:

$$g^1 = \frac{X_{i.} + X_{.j} - X_{..}}{2P} - \frac{X_{..}}{P^2}$$
$$= \frac{30.288}{2 \times 5} - \frac{90.930}{5^2}$$
$$= -0.608$$
$$g^2 = \frac{43.707}{2 \times 5} - \frac{90.930}{5^2} = 0.734$$

其余类推 ……

一般配合力效应差数的方差和标准误为:

$$V(g_i - g_j) = \sigma^2 \times \frac{1}{P^2} = 0.233 \times \frac{1}{5^2} = 0.00932$$
$$S(g_i - g_j) = \sqrt{0.00932} = 0.09654$$

当误差项的自由度为 48 时: $t_{0.05} = 2.008$
 $t_{0.01} = 2.678$

因此, LSD 的临界值为:

$$LSD_{0.05} = 0.097 \times t_{0.05} = 0.097 \times 2.008 = 0.194776$$
$$LSD_{0.01} = 0.097 \times t_{0.01} = 0.097 \times 2.678 = 0.259766$$

由此可对一般配合力的差异进行检验, 各亲本的一般配合力效应值以及差异显著性见表 5。

表 5 一般配合力效应比较

Tab. 5 General combining ability effect and comparison					
一般配合力 g, a, c	均值 Mean	G02	G04	G05	G06
G02	0.734				
G04	0.667	0.066			
G05	-0.219	0.953 **	0.886 **		
G06	-0.573	1.307 **	1.240 **	0.354	
G01	-0.608	1.342 **	1.276 **	0.389	0.035

注: ** 分别表示 0.01 的差异显著水平。
Note: **, means the significant difference at 0.01 level.

由表 5 分析说明, 5 个亲本番茄红素的一般配合力为 -0.608 ~ 0.734。亲本 02、04 的一般配合力为正值, 之间差异不显著。但显著高于亲本 01、05、06 的一般配合力效应, 说明亲本 02、04 在提高番茄红素含量的育种中有利用价值。亲本 01、06、05 的一般配合力效应为负值, 01、06、05 之间差异不显著, 这几个亲本不利于番茄红素的提高。一般配合力效应是由基因的加性效应决定的, 是可以遗传和被固定的部分, 杂交后代应通过系谱法选育固定。所以在提高番茄红素含量的育种过程中利用亲本 02、04 通过系谱选择法提高、固定番茄红素含量是有效的。

2.2.3 特殊配合力效应及评价 特殊配合力效应的估算:

$$S_{ij} = \frac{X_{ij} + X_{ji}}{2} - \frac{X_{i.} + X_{.j} + X_{.j} + X_{.i} + \frac{X_{..}}{P^2}}{2P}$$
$$s_{12} = \frac{3.046 + 3.997}{2} - \frac{30.288 + 43.707}{2 \times 5} + \frac{90.930}{5^2}$$

$$= -0.241$$
$$s_{14} = \frac{3.842 + 3.223}{2} - \frac{30.288 + 43.044}{2 \times 5} + \frac{90.930}{5^2}$$
$$= -0.163$$

依此类推: ……

各组合的特殊配合力效应及差异显著性见表 6。

表 6 各组合的特殊配合力效应

Tab 6 The special combining ability effect analysis				
亲本 Parent	02	04	05	06
01	-0.241	-0.163	0.013	0.075
02		1.208	0.061	-0.226
04			-0.302	-0.300
05				-0.251

组合间有 1 共同亲本比较的临界值:

$$LSD_{0.05} = 0.8685 \quad LSD_{0.01} = 1.1585$$

组合间无共同亲本比较的临界值:

$$LSD_{0.05} = 0.7521 \quad LSD_{0.01} = 1.0033$$

特殊配合力效应由表 6 可见, 以组合 02×04 最好, 特殊配合力为 1.208; 组合 01×06、02×05、01×05 次之, 特殊配合力分别为 0.075、0.061、0.013; 而组合 01×02、01×03、02×06、04×05、05×06 特殊配合力为负值。

可以看出番茄红素含量高的组合其双亲均由一般配合力高的亲本 02、04 组配而成, 而特殊配合力高的组合 (02×04) 其亲本是一般配合力效应值以及番茄红素含量值均很高的 02、04, 其他 3 个特殊配合力为正值组合 01×06、02×05、01×05 其亲本分别有 1 个或没有一般配合力高的亲本。说明要选育番茄红素高的组合, 仅选择特殊配合力高是不够的, 只有在选择一般配合力高的基础上, 再选择特殊配合力高的组合, 才能得到番茄红素含量更高的组合。本研究得出亲本 02、04 为优势育种中高番茄红素育种的优良亲本。

2.2.4 群体遗传参数的估计 随机模型分析结果见表 7, 分析结果如下:

根据随机模型的 F 检测, 一般配合力方差和特殊配合力方差分别极显著和显著, 表明 σ_{2g} 和 σ_{2s} 显著不同于零。反交方差与零差异不显著, 因而可以认为 σ_{2r} 与零没有显著差异。

一般配合力方差:

$$\sigma_g^2 = \frac{1}{2P} [MS_G - \frac{MS_e' + P(P-1)MS_S}{P^2 - P + 1}] = 0.380$$

特殊配合力方差:

$$\sigma_s^2 = \frac{P^2}{2(P^2 - P + 1)} (MS_S - MS_e') = 0.180$$

表 7 各方差成分的估计和测验(随即模型)
Tab. 7 Estimation and test of each variance component(random model)

成分 Component	方差 Variance	F 值 F value
一般配合力 g. a. c	0.380	8.289 **
特殊配合力 s. a. c	0.180	2.299 *
反交 Inverse combination	0.398	1.137
误差 Error	0.002	

注: *, ** 分别表示 0.05、0.01 的差异显著水平。
Note: *, ** mean the significant difference at 0.05 and 0.01 level respectively.

遗传参数估计:

加性方差: $\sigma_a^2 = 2\sigma_g^2 = 2 \times 0.380 = 0.760$ 6

显性方差: $\sigma_d^2 = \sigma_s^2 = 0.180$ 3

遗传方差: $\sigma_G^2 = \sigma_a^2 + \sigma_d^2 = 2\sigma_g^2 + \sigma_s^2 = 0.940$ 9

环境方差: $\sigma_e^2 = MS_e = 0.699$ 6

表型方差: $\sigma_p^2 = 0.940$ 9 + 0.699 6 = 1.640 5

广义遗传力: $h_B^2 = \frac{0.940\ 9}{1.640\ 5} \times 100\% = 57.35\%$

狭义遗传力: $h_N^2 = \frac{0.760\ 6}{1.640\ 5} \times 100\% = 46.36\%$

遗传参数估计得出: 番茄红素的狭义遗传力 $h_N^2 = 46.36\%$ 比较低, 因此, 对番茄红素直接进行选择, 往往收效不甚显著。但从广义遗传力来看, $h_B^2 = 57.35\%$ 是较高的, 说明由遗传原因决定了表型变异的 57.35%, 也说明显性遗传方差占一定的比例, 而显性方差是不能固定遗传的, 因而狭义遗传力仍比较低。

3 结论与讨论

5 个亲本番茄红素的一般配合力为 -0.608 ~ 0.734, 其中以亲本 02、04 最高, 特殊配合力为 -0.302 ~ 1.208, 其中组合 S02×04 的特殊配合力最

高。综合一般配合力效应、特殊配合力效应及亲本和杂交组合的番茄红素含量数值, 认为亲本 02、04 是较理想的利用材料。番茄红素的广义遗传力为 57.35%, 狭义遗传力为 46.36%, 其遗传符合加性—显性模型。与前人的研究结果相比较, 无论是加工番茄还是普通番茄番茄红素遗传主要以加性效应为主, 至于显性效应和上位性效应不同研究各有不同结果, 而且遗传力和配合力不同研究材料之间结果差异较大^[1-6]。因此, 在育种实践中, 采用系谱选择以提高和固定番茄红素是有效的, 有性杂交育种可在早期世代进行选择。同时有必要对具体材料进行具体分析。

参考文献:

[1] 王华新, 秦 勇, 王 雷. 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—54.
[2] 周永健, 徐和金. 番茄果实中可溶性固形物和番茄红素含量遗传表现的初步探讨[J]. 中国蔬菜, 1985, 5(3): 5—8.
[3] 刘进生, 赵有为. 番茄果实内番茄红素含量的遗传[J]. 遗传, 1986, 8(2): 9—12.
[4] 陈庆生, 赵有为. 番茄的四个品质性状的遗传效应研究[J]. 江苏农学院学报, 1990, 11(4): 35—36.
[5] 汪炳良. 番茄果实内番茄红素和胡萝卜素的配合力分析[J]. 浙江农业大学学报, 1993, 19(1): 82—86.
[6] 李纪锁, 沈火林, 石正强. 鲜食番茄果实中番茄红素含量的主基因—多基因混合遗传分析[J]. 遗传, 2006, 28(4): 458—462.
[7] 张连富, 丁霄霖. 番茄红素简便测定方法的建立[J]. 食品与发酵工业, 2001, 27(3): 51—55.
[8] 莫惠栋. 双列资料的遗传模型分析[J]. 江苏农学院学报, 1987, 8(1): 59—64.