

# 黄色线辣椒为母本的 $F_1$ 代遗传特性与杂种优势研究

翟秀明, 邵登魁, 侯全刚, 李江, 张广楠, 李莉

(青海省农林科学院 园艺研究所, 青海省蔬菜遗传与生理重点实验室, 青海 西宁 810016)

**摘要:**以 1 份黄色线辣椒材料为母本, 10 份红色线辣椒为父本, 采用顶交法配制 10 个杂交组合, 研究了果实成熟色和 8 个农艺性状的杂种优势和配合力。结果表明: 所有  $F_1$  代果实成熟色均表现红色, 红色果实成熟色相对黄色而言为显性效应;  $F_1$  代除开展度外各性状均表现出正向优势, 具有较高的超中亲、超高亲以及超标优势; 一般配合力效应值与杂种优势表现呈正相关, Gx07-06、05991-1、xhB、07-09、05-17 产量性状一般配合力相对较高, 参与组配的组合为强优势组合, 超标优势 > 30%, Gx07-06、05991-1 超标优势分别达到 75% 和 56%, 为高产优质亲本; 可利用此类亲本组配高原环境气候下高产线辣椒品种。

**关键词:**线辣椒; 一般配合力; 杂种优势

**中图分类号:**S 641.303.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)08-0013-04

线辣椒主产于中国, 是我国主要的制干椒类型之一, 在西北、西南地区的规模化种植已经成为我国辣椒产业的一大特色<sup>[1]</sup>。青海省线辣椒种植主要集中在黄河河谷地区, 近年来随着产业的发展和加工业的升级, 其产品除了供应青海本地外, 还远销沙特、科威特等西亚国家和地区, 是青海省著名的民族特色产品。

杂种优势 (Hybrid vigor, heterosis) 在辣椒育种中得到广泛的应用<sup>[2-5]</sup>。大量实践证明, 到目前为止, 杂种优势利用是提高辣椒产量、品质, 改良商品性的最有效途径。现阶段, 国内外学者对甜椒以及牛角椒等品种产量和品质的杂种优势进行了大量研究<sup>[6-9]</sup>, 但是关于线辣椒杂种优势利用的研究较少, 至今未见报道。青海省农

园艺所选育的黄色线辣椒品系 HJ2002, 相对于红色品系比较, 除了果实成熟色为黄色外, 还在同节双椒率、单株结果数等性状上超过红色品种, 具有较强的丰产性。为了研究该资源的果实成熟色控制基因遗传特征特性, 同时检验其与其它红色资源之间的杂种优势, 以 HJ2002 为母本, 以其同世代的红色线辣椒材料 xhB 和 9 个红色线辣椒品系 (纯系) 为父本, 利用顶交法配制杂交组合 10 份。2009 年对  $F_1$  代的果实成熟色株高、产量等 8 个性状进行了检验和统计, 并对其进行了方差分析、杂种优势分析、配合力分析, 目的是在检验  $F_1$  代果实成熟色表现的同时, 为 HJ2002 和其它引进材料在杂交育种中的杂种优势进行检验, 进而为选择优势组合, 利用系谱法选育具有优势性状的黄色或红色线辣椒品种提供更多的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

母本材料为黄色果实成熟色品系 HJ2002; 父本材料为 HJ2002 同世代的自交系 xhB, 其它红色自交系 Gx07-09、Gx07-06、05-13、Tj245、G05-3、xj07-11、G05-1、05-17、05991-1, 以上材料均由青海省农林科学院园艺所蔬菜资源库提供。

**第一作者简介:**翟秀明(1987-), 女, 山东泰安人, 在读硕士, 现主要从事辣椒杂种优势利用与遗传特性研究工作。

**责任作者:**李莉(1959-), 女, 江苏丰县人, 研究员, 现主要从事蔬菜遗传育种研究工作。E-mail: yyslili@163.com。

**基金项目:**公益性行业 (农业) 科研专项资助项目 (200903025); 青海省科技计划资助项目 (20011-214); 国家大宗蔬菜产业技术体系西宁综合试验站资助项目 (CARS-25-G-49)。

**收稿日期:**2012-01-29

科院

arid natural grassland in 13 cities and counties of Ningxia could divided into three grades; meteorological quality of the semi-arid natural grassland of 6 cities and counties of Ningxia could be divided into two grades. The most important meteorological factor constraining Ningxia primary productivity of natural grassland in arid areas was precipitation from April to September, followed by annual precipitation, humidity degree, and annual evaporation. In contrast, the most important meteorological factor in semi-arid regions was the humidity degree, followed by precipitation from April to September, annual precipitation and frost-free period.

**Key words:** meteorological factors; primary productivity; natural grassland; grey correlation grade

## 1.2 试验方法

所有试验均在青海省农林科学院试验温室中进行。2008 年将 HJ2002 与红色亲本在盛花期进行拨蕾去雄后杂交,每个组合做 120 朵花,授粉后套袋隔离,3 d 后去掉硫酸纸袋,果实生理成熟期采果,后熟 7 d 人工剥取  $F_1$  代种子。2009 年构建  $F_1$  代和亲本群体,群体大小为 120 株,株距 30 cm,行距 40 cm。群体按照杂交组合分组,母本群体公用 1 个,父本群体和对应的  $F_1$  代群体相邻而种为一组,采用相同的管理水平。植株 85% 果实转色期统一取样测定。测定的指标有果实成熟色、株高、茎粗、开展度、单株产量、单株结果数、平均单果重、果长、果宽等,每个  $F_1$  代群体随机抽取 30 个样进行检测。

## 1.3 数据分析

中亲优势(MPH)、超高亲优势(即超亲优势,BPH)以及超标优势指数(HK)计算<sup>[10]</sup>:  $MPH(\%) = [(F_1 - MP)/MP] \times 100$ ;  $BPH(\%) = [(F_1 - BP)/BP] \times 100$ ;  $HK = [(F_1 - CK)/CK] \times 100$ 。式中, $F_1$  为杂种表现值,CK 为对照表现值,MP 为双亲平均值即中亲值,BP 为双亲中较优良的一个亲本的值即高亲值。

试验采用顶交法,按刘来福等<sup>[11]</sup>、Liu D F<sup>[12]</sup> 的方法进行亲本性状的配合力(GCA,General combining ability)分析。数据统计与处理由 Excel 2003 和 SPSS 16.0 软件完成。

## 2 结果与分析

2.1 亲本与  $F_1$  代果实成熟色表现

试验对利用 HJ2002 和其它红色果实成熟色的材料配制杂交组合,获得的  $F_1$  代的果实成熟色表现进行了

表 2

线辣椒种质资源 8 个农艺性状方差分析

Table 2

Analysis of variance for 8 agronomic traits of chill pepper source

变异来源	株高	茎粗	开展度	单株产量	单株结果数	平均单果重	果长	果宽
Source of variation	Height of plant	Stem diameter	Extent	Yield of single plant	Number of single plant	Average weight of single fruit	Length of fruit	Width of fruit
群体间	1 155.41	0.01	29.15	1 591.31	39.27	5.29	6.93	0.04
亲本与 $F_1$ 代间	58 298.47	2.16	21 886.79	11 190.45	7.00	287.10	578.58	4.95
误差	5 554.70	0.70	7 165.45	10 991.36	9 359.49	136.28	244.91	1.41
F 值	20.99 **	6.14 **	6.11 **	5.70 **	4.25 **	4.21 **	4.73 **	7.02 **

注: \*\* 表示差异达到极显著(0.01)水平; \* 表示差异达到显著(0.05)水平。下同。

Note: \*\* significant at 0.01 level, \* significant at 0.05 level. The same as below.

## 2.3 一般配合力分析

2.3.1 方差分析 通过对 8 个农艺性状进行一般配合力检验(表 3)表明,8 个农艺性状的一般配合力都呈现显著或极显著差异,其中茎粗、单株结果数和果长为显著差异,剩余 5 个农艺性状均达极显著差异。因此可进一步估算亲本的一般配合力效应值。

2.3.2 效应分析 由表 4 可知,不同亲本同一性状以及同一亲本不同性状的一般配合力相对效应值有很大差异。在供试亲本中,株高 GCA 相对效应值较大负值的有 05991-1、G05-3、xhB,说明这些材料在矮化育种中有一定的利用价值;茎粗相对效应值较大的有 05-13、G05-1、Gx07-06;开展度 GCA 相对效应值较大的有 05991-1、

检验,结果见表 1。由表 1 可知,母本材料 HJ2002 果实成熟色表现为黄色,10 个父本材料的果实成熟色均表现红色,获得的 10 个  $F_1$  代材料的果实成熟色也均表现红色。结果表明,相对于 HJ2002 黄色果实成熟色控制基因而言,同位点的红色控制基因的表达效果表现出了明显的显性效应。

表 1  $F_1$  代果实成熟色表现Table 1 The color of  $F_1$  mature fruit

母本及其果实成熟色	父本及其果实成熟色	$F_1$ 代代号	$F_1$ 代果实成熟色
Mature colour female parent and fruits	Mature colour male parent and fruits	Code of $F_1$ generation	Mature colour $F_1$ generation
	Gx07-09(红色)	$F_1$ -01	红色
	Gx07-06(红色)	$F_1$ -02	红色
	05-13(红色)	$F_1$ -03	红色
	Tj245(红色)	$F_1$ -04	红色
HJ2002	G05-3(红色)	$F_1$ -05	红色
(黄色)	xj07-11(红色)	$F_1$ -06	红色
	G05-1(红色)	$F_1$ -07	红色
	xhB(红色)	$F_1$ -08	红色
	05-17(红色)	$F_1$ -09	红色
	05991-1(红色)	$F_1$ -10	红色

## 2.2 线辣椒种质资源主要经济性状差异性分析

对 8 个主要农艺性状进行差异性分析,由表 2 可知,每个亲本群体和  $F_1$  代群体区组间差异不显著,而  $F_1$  代和双亲之间的差异达到了极显著水平,表明亲本和  $F_1$  代在株高、茎粗、开展度、单株产量、平均单果重和果长等性状基因型效应间存在着遗传上的差异。因此可进一步对这 8 个性状进行配合力分析。

表 3 一般配合力方差分析

Table 3 Analysis of variance for GCA

农艺性状 Agronomic trait	变异来源 Source of variation	df	F 值 F value
株高 Height of plant	GCA	9	5.01 **
茎粗 Stem diameter	GCA	9	2.50 *
开展度 Extent	GCA	9	10.45 **
单株产量 Yield of single plant	GCA	9	5.02 **
单株结果数 Number of single plant	GCA	9	3.35 *
平均单果重 Average weight of single fruit	GCA	9	6.11 **
果长 Length of fruit	GCA	9	2.68 *
果宽 Width of fruit	GCA	9	6.42 **

05-13;在单株产量上,GCA 相对效应值较高的是 Gx07-06、05991-1、xhB 和 07-09。由表 4 还可知,产量的一般配合力高的亲本,其产量构成因素中至少有 1 个或 1 个以

上具有较高的一般配合力。如 Gx07-06、05991-1 的产量构成 2 个因素,即单株结果数和平均单果重均具有较高 GCA 效应值,则其单株产量 GCA 效应值很高; xhB、07-09 的单株结果数 GCA 效应虽为负值,但其平均单果重 GCA 效应较高,单株产量表现为较高的 GCA 效应;当产量构成因素中某一个 GCA 负值特别突出时,即使另一因素的 GCA 表现正向效应,其单株产量的 GCA 也

比较低,如 xj07-11。因此,当选育单株产量较高的品种时,应综合考虑单株结果数和平均单果重 GCA 效应值的影响。由于一般配合力是一个亲本与其它多个亲本杂交后遗传给子代性状的平均表现,反映特定亲本交配效应的平均水平,一般配合力高的亲本,其杂交组合多数表现良好。因此这些亲本可以作为线辣椒强优势组合选配中优先利用的亲本。

表 4 一般配合力效应值分析

Table 4		Analyze of GCA							
父本	株高	茎粗	开展度	单株产量	单株结果数	平均单果重	果长	果宽	
Male parents	Height of plant	Stem diameter	Extent	Yield of single plant	Number of single plant	Average weight of single fruit	Length of fruit	Width of fruit	
07-09	5. 21	-0. 06	-9. 00	63. 84	-8. 77	1. 96	2. 81	0. 34	
Gx07-06	16. 88	0. 13	-4. 00	277. 17	10. 23	2. 39	4. 24	0. 35	
05-13	3. 55	0. 27	2. 66	-271. 83	-23. 43	-1. 40	0. 24	-0. 06	
Tj245	13. 55	-0. 06	-2. 34	-44. 50	6. 23	-1. 26	-0. 39	0. 13	
xj07-11	3. 55	-0. 07	-2. 34	-73. 16	12. 57	-2. 29	-2. 52	-0. 09	
G05-1	23. 55	0. 21	-5. 67	19. 17	3. 57	-0. 15	1. 41	0. 09	
xhB	-11. 45	-0. 20	-4. 00	79. 84	-5. 00	1. 60	-0. 96	0. 01	
05-17	23. 55	0. 04	-7. 34	38. 84	30. 23	-2. 31	-2. 22	-0. 38	
G05-3	-18. 12	-0. 09	-14. 34	-263. 83	-30. 10	-0. 10	0. 34	0. 00	
05991-1	-60. 29	-0. 18	46. 33	174. 45	4. 57	1. 57	-2. 96	-0. 40	

2.4 杂种优势分析

各主要性状的超中亲优势、超高亲优势和超高优势指数见表 5。由表 5 可知,除开展度外,F<sub>1</sub> 代杂种优势在各性状中表现明显且均为正向优势,而且各性状差异很大。在超标优势的各項平均表现中,果宽>茎粗>平均单果重>单株产量>株高>单株结果数>果长>开展度。单株产量和产量二因素的超标优势组合数均达到

50%,单株产量和平均单果重均达到 70%。单株产量和株高的超中亲优势以及超高亲优势最明显,超中亲优势为 40.39% 和 31.95%,超高亲优势为 26.80% 和 19.69%,同时单株产量的变幅较大,超中亲优势的变幅为 -25.95%~108.20%,超高亲优势的变幅为 -28.60%~87.95%。

表 5 杂交组合 F<sub>1</sub> 各性状的优势表现

Table 5		Heterosis of each character of hybrid							
性状	超中亲优势(MPH)	MPH 正优势组合	超高亲优势(BPH)	BPH 正优势组合	超标优势(HK)	HK 正优势组合			
Character	平均值/%	变幅/%	PCPMH/%	平均值/%	变幅/%	PCBPBH/%	平均值/%	变幅/%	PCPHK/%
株高 Height of plant	31.95	-6.39~59.67	90.0	19.69	-30.20~40.45	86.7	18.87	-31.20~38.43	83.3
茎粗 Stem diameter	11.98	-8.38~32.96	66.7	2.41	-25.68~25.44	60.0	26.16	6.45~52.80	93.3
开展度 Extent	-39.16	-58.86~34.60	10.0	-50.76	-60.30~-0.36	3.3	-34.10	-54.80~32.75	10.0
单株产量									
Yield of single plant	40.39	-25.95~108.20	70.7	26.80	-28.60~87.95	70.0	23.10	-28.20~75.45	76.7
单株结果数									
Number of single plant	16.25	-24.30~39.56	66.7	0.13	-40.36~40.80	53.3	1.13	-39.76~42.20	50.0
平均单果重									
Average weight of single fruit	18.30	-30.00~60.10	70.0	6.27	-49.80~59.30	63.3	24.25	-7.92~46.50	70.0
果长 Length of fruit	16.70	2.60~40.53	93.3	9.04	-6.30~40.47	86.7	-2.17	-14.90~16.15	36.7
果宽 Width of fruit	14.18	-14.80~45.27	73.3	3.90	-22.10~49.83	53.3	49.10	7.10~85.75	96.7

2.5 一般配合力与杂种优势的关系

根据组合的单株产量平均值、一般配合力效应值,分别规定 5 个强优势(按超标优势>30%)杂交组合和 5 个弱优势(按超标优势<30%)杂交组合。由表 6 可知,强优势组合的一般配合力效应值都比较高;而弱优势组

合的一般配合力效应值则相对较低。单株产量与一般配合力效应值呈正相关的关系,因此,在杂交优势利用的过程中,为了获得较高产量的杂种优势,用于杂种优势的双亲应该选择 GCA 效应值高的。

表 6 5 个强、弱优势组合的产量及其一般配合力效应

Table 6			GCA and yield of 5 higher and 5 lower heterosis combinations		
强优势组合 Higher superiority combination			弱优势组合 Lower superiority combination		
组合 Combination	单株产量 Yield of single plant	GCA	组合 Combination	单株产量 Yield of single plant	GCA
HJ2002×Gx07-06	929.0	277.2	HJ2002×G05-1	671.0	19.2
HJ2002×05991-1	826.3	174.5	HJ2002×Tj245	607.3	-44.5
HJ2002×xhB	731.7	79.8	HJ2002×xj07-11	578.7	-73.2
HJ2002×07-09	715.7	63.8	HJ2002×G05-3	388.0	-263.8
HJ2002×05-17	690.7	38.8	HJ2002×05-13	380.0	-271.8

### 3 讨论与结论

该试验选择黄色线辣椒为母本与红色系线辣椒杂交,结果表明,红色果实成熟色控制基因相对于黄色果实成熟色控制基因而言为显性基因;从农艺性状方面考察,杂种  $F_1$  的不同性状均表现出不同程度的杂种优势,株高、单株产量等 7 个性状表现为正向的超高亲优势,这与邹学校等<sup>[6]</sup>在牛角型辣椒研究结果中果实性状一般介于二亲本之间研究结果有所不同,只有开展度为负向的超亲优势,数值大多数介于二亲本之间,与其研究结果相符<sup>[13]</sup>。因此,在线辣椒育种选配亲本时,双亲应具有突出优势性状并且性状互补,才能使优良性状得到发挥,不良性状受到抑制,从而表现出较高的杂种优势。

配合力与杂种优势的关系较复杂,Wei N R 等<sup>[9]</sup>、邹学校等<sup>[13]</sup>对辣椒果实性状进行配合力分析表明,单果重、果长、果宽和果肉厚的一般配合力方差与特殊配合力方差比值均大,一般配合力方差是特殊配合力方差的 3.6~6.2,即单果重、果长、果宽和果肉厚的遗传是以加性效应为主,显性效应的作用很小。胡全德等<sup>[8]</sup>研究证明,产量性状的一般配合力方差远大于特殊配合力方差,以加性效应为主。该试验采用顶交法研究了一般配合力与杂种优势的关系发现,线辣椒一般配合力高的组合,其单株产量也高。前人的大量研究表明要配制强优势组合,双亲或亲本之一要具有较高的一般配合力,而且一般配合力高的双亲所配制的组合往往具有较强的优势,该试验的研究结果也符合这一结论。试验中亲本 Gx07-06 和 05991-1 单株产量 GCA 较好,超标优势分别达到 75% 和 56%,为高产优质亲本;可利用这些亲本组配青藏高原环境气候下具有高产性状的线辣椒杂交组合。

该试验结合高原的气候环境,将超标优势 >30% 杂交组合规定为强优势组合,将超标优势 <30% 弱优势杂交组合,为以后高原线辣椒杂种优势利用的进一步研究提供依据。该试验结果表明,强优势组合的选育,应选择性状互补的亲本,并综合考虑各个性状的一般配合力的影响。

### 参考文献

- [1] 赵海燕,赵尊练,巩振辉. 线辣椒果实中几种营养物质和 CAT、POD 活性的变化规律[J]. 中国农业大学学报,2008,13(4):35-40.
- [2] Guo J Z, Guan J X, Ma J H. Primary report on inheritance behavior of main characters in hot (sweet) pepper hybrid [J]. Chinese Vegetables, 1981 (1):9-12.
- [3] Shi G Y. Investigate on inheritance behavior of main cash characters of pepper hybrid [J]. Chinese Vegetables, 1982(1):22-25.
- [4] Liu G Y. Primary studies on inheritance of several characters of pepper hybrid [J]. Liaoning Agricultural Sciences, 1985(4):31-33.
- [5] Shifriss C, Eidelman E. Inheritance studies with nine characters in *Cap-sicum annuum* L [J]. Euphytica, 1987, 36:873-875.
- [6] 邹学校, 陈文超, 张竹青. 辣椒产量和品质性状 Hayman 遗传分析[J]. 园艺学报, 2007, 34(3):623-628.
- [7] 曹家树, 苏争艳. 辣椒杂种优势与配合力的研究[J]. 园艺学报, 1988, 15(1):57-63.
- [8] 胡全德, 张汉卿. 青椒几个主要性状的相关和遗传力的研究[J]. 吉林农业大学学报, 1983(3):16-20.
- [9] Wei N R, Lu C P, Li Y H. Analysis of parameter of green pepper fruit characters [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 1990, 5(4):67-71.
- [10] 景士西. 园艺植物育种总论[M]. 北京:农业出版社, 2000.
- [11] 刘来福, 毛盛贤, 黄远樟. 作物数量遗传[M]. 北京:农业出版社, 1984:125-149.
- [12] Liu D F. Discussion on the application of hayman-Jinks' diallel analysis [J]. Hereditas, 1993, 15(3):37-39.
- [13] 邹学校, 张竹青, 陈文超. 辣椒果实性状的遗传分析[J]. 西北植物学报, 2007, 27(3):497-501.

## Study on the Characteristic and Heterosis of $F_1$ Which Using Yellow Chili Pepper for Female Parent

ZHAI Xiu-ming, SHAO Deng-kui, HOU Quan-gang, LI Jiang, ZHANG Guang-nan, LI Li

(Institute of Horticulture, Qinghai Academy of Agriculture and Forestry, Qinghai Key Lab of Vegetable Genetics and Physiology, Xining, Qinghai 810016)

**Abstract:** One yellow chill pepper and ten common red chill peppers were used for the eleven incomplete top-cross. The heterosis of each character, general combining ability was analyzed based on the data from field experiment and were used to classify heterotic groups by analyzing general combining ability of eight agronomic characters. The results indicated that the heterosis was ubiquitous and positive advantages were performed in most characters. All the characters except its canopy showed a positive heterosis, having a higher positive heterosis over mid-parents, better-parents and standard heterosis. General combining ability and heterosis value was positively correlated, the yield trait of Gx07-06, 05991-1, xhB, 07-09, 05-17 had the higher general combining ability, and were involved to produce high yielding hybrids (exceed standard >30%), the value of Gx07-06, 05991-1 that exceeded standard was 75% and 56%, both of them were good parents with high yield, which could be used to produced the new varieties of chill pepper under the environment of Qinghai-Tibet plateau.

**Key words:** hybrid chill pepper; general combining ability; heterosis