

# 辣椒抗黄瓜花叶病毒的遗传力及配合力分析

姚明华<sup>1,2</sup> 李 宁<sup>2</sup> 王 飞<sup>2</sup> 叶志彪<sup>1</sup>

1. 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070; 2. 湖北省农业科学院经济作物研究所, 武汉 430064

**摘要** 采用完全双列杂交的方法对 6 份抗感差异的辣椒抗黄瓜花叶病毒(*Cucumber mosaic virus*, CMV) 遗传规律进行研究, 估算其抗 CMV 的遗传力和配合力等遗传参数。结果表明: 辣椒对黄瓜花叶病毒株系 CMV-HB 的抗性由多基因控制, 以加性效应为主; 抗性的正反交效应不显著, 配制杂交组合要选择双亲均具较高抗性的亲本。

**关键词** 辣椒; 黄瓜花叶病毒; 遗传力; 配合力; 完全双列杂交

**中图分类号** S 641.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)01-0025-04

黄瓜花叶病毒(*Cucumber mosaic virus*, CMV) 是辣椒(*Capicum annuum* L.) 生产中的主要病害之一, 一般年份造成减产, 严重灾年甚至绝收。CMV 主要由蚜虫传播, 传播速度快、范围广、难防治。因此, 推广和选育抗 CMV 辣椒品种成为克服辣椒 CMV 为害的最主要手段。开展辣椒抗 CMV 育种工作, 必须首先筛选抗源并研究亲本和组合的抗性遗传规律, 才能够正确选配抗 CMV 的亲本组合和选择杂交后代, 克服抗病育种的盲目性和增强育种的预见性。为此, 本研究采用 Griffing 的完全双列杂交法<sup>[1]</sup>, 选取 6 份性状优良、抗感 CMV 差异明显的辣椒材料进行全轮配, 对辣椒抗 CMV 材料的遗传力及配合力等遗传参数进行分析, 揭示辣椒抗 CMV 的遗传规律, 同时对优异亲本及组合进行评价, 以为辣椒抗 CMV 品种的亲本选择和组合选配提供理论依据。

## 1 材料与方法

6 份对 CMV-HB 株系的抗、感存在明显差异的辣椒材料, 抗性水平见表 1, 上述材料均为湖北省农业科学院经多年抗性鉴定并筛选出的自交系。2007 年 2 月开始播种育苗, 按照双列杂交法第一种试验方法进行全轮配, 当年秋季获得杂交种子。2008 年进行苗期 CMV 抗病性接种试验, 试验采用随机区组设计, 设置 3 次重复。接种株系为湖北地区 CMV

病毒株系 CMV-HB, 采用摩擦接种法进行接种, 病毒接种液的制备、接种条件、方法及病害分级标准参照毛爱军等<sup>[2]</sup>的方法。根据单株病害分级计算群体病情指数, 并对杂交 F<sub>1</sub> 代杂种亲本抗病性的配合力和遗传效应进行初步分析, 采用 Griffing 完全双列杂交 I 分析法计算一般配合力、特殊配合力, 并进行相应的效应值比较和方差分析, 同时结合 DPS 数据处理系统进行数据处理和分析。

表 1 供试辣椒材料及抗性<sup>1)</sup>

Table 1 The pepper germplasm and its resistance to CMV

编号 Code No.	材料名称 Name	抗性水平 Resistance level	病情指数 DI
A	P0709	中抗 MR	23.26
B	P0730	感病 S	48.12
C	Perennial	抗病 R	5.44
D	P0747	抗病 R	6.02
E	茄门 Qiemen	感病 S	53.46
F	07-23	中抗 MR	24.72

1) DI: Disease index; MR: Medium resistance; S: Susceptibility; R: Resistance. 下同 The same as follows.

## 2 结果与分析

### 2.1 亲本及杂交组合对 CMV-HB 抗性差异分析

以病情指数为抗性标准进行比较, 在辣椒植株接种 CMV-HB 株系 15 d 后, 统计并记录各亲本和杂交组合材料在各区组间对 CMV 的抗性鉴定结果(表 2), 根据病情指数进行配合力的分析。从表 2 可以看出, 各杂交组合对 CMV-HB 的抗性反应呈

收稿日期: 2012-03-12

基金项目: 国家大宗蔬菜产业技术体系项目(CARS-25-G-29)和科技部国际合作重点项目(2011DFB31620)

姚明华, 在职博士研究生, 研究员。研究方向: 辣椒遗传育种。E-mail: yaomh2008@126.com

通讯作者: 叶志彪, 博士, 教授。研究方向: 蔬菜育种与生物技术。E-mail: zbye@mail.hzau.edu.cn

现如下的规律:当双亲均为抗病时,其杂交组合后代表现抗病;当双亲均为感病时,其后代表现感病;双亲抗感水平不同时,其后代的抗性介于双亲之间且

偏向于抗病亲本。由此可初步认为,在辣椒对 CMV-HB 的抗性遗传中,抗病对感病表现为显性或部分显性。

表 2 各亲本及杂交组合对 CMV-HB 的抗性

Table 2 DI of parents and hybrids to CMV-HB

亲本及杂交组合 Parents and hybrids	平均病情指数 Mean of DI	亲本及杂交组合 Parents and hybrids	平均病情指数 Mean of DI	亲本及杂交组合 Parents and hybrids	平均病情指数 Mean of DI
A×A	17.85	C×A	7.34	E×A	30.90
A×B	35.95	C×B	22.34	E×B	52.92
A×C	7.23	C×C	5.64	E×C	32.90
A×D	6.49	C×D	5.90	E×D	30.29
A×E	30.14	C×E	34.35	E×E	54.12
A×F	29.39	C×F	8.20	E×F	31.32
B×A	36.09	D×A	10.48	F×A	28.43
B×B	51.27	D×B	22.74	F×B	32.24
B×C	21.50	D×C	5.48	F×C	9.18
B×D	19.76	D×D	5.67	F×D	16.57
B×E	55.10	D×E	29.20	F×E	37.05
B×F	36.05	D×F	13.92	F×F	24.28

对各亲本和杂交组合对 CMV-HB 抗性差异进行方差分析,组合间对 CMV-HB 抗性差异达到显著水平( $P < 0.05$ ),而区组间差异不显著,因此可以进一步对亲本和杂交组合的一般配合力和特殊配合力进行方差分析。

## 2.2 亲本及杂交组合对 CMV-HB 抗性的配合力方差分析及遗传力估算

由辣椒亲本和杂交组合对 CMV-HB 抗性差异的方差分析可知,组合间的抗病性存在明显差异,为了进一步研究这种差异的原因,需进行杂交组合的配合力方差分析。从表 3 可以看出,杂交组合的一般配合力、特殊配合力和正反交的差异都达到了显著水平,说明在辣椒对 CMV-HB 的抗性遗传中,基因的加性效应和非加性效应都起到重要作用;而一般配合力的均方大于特殊配合力和反交效应的均方,说明在辣椒对 CMV-HB 的抗性遗传中加性效应占优势,处于主导地位,非加性效应和反交效应次之。

表 3 配合力方差分析<sup>1)</sup>

Table 3 Variance analysis on combining ability

变异来源 Variance	自由度 DF	平方和 SS	均方 MS	F-值 F value
一般配合力 General combining ability (GCA)	5	7 063.70	1 412.74	519.80*
特殊配合力 Special combining ability (SCA)	15	510.09	34.01	12.51*
反交 Reciprocal	15	45.34	3.02	1.11*
误差 Error	70	190.25	2.72	

1) \* 表示显著性水平为 0.05 \* indicate significant level is 0.05.

对广义遗传力和狭义遗传力的估算见表 4,可以看出,辣椒对 CMV-HB 抗性性状的广义遗传力为 96.82%,狭义遗传力为 89.73%,结果表明,辣椒对 CMV-HB 的抗性遗传主要受遗传因素影响,表型变异取决于遗传效应,并且控制该性状的基因以加性效应为主。

表 4 遗传力估计值

Table 4 Estimated value of heritability

性状 Trait	加性方差 Additive variance	遗传方差 Genetic variance	表型方差 Phenotypic variance	广义遗传力/% $h_b^2$	狭义遗传力/% $h_n^2$
抗性 Resistance	229.96	248.12	256.28	96.82	89.73

## 2.3 一般配合力及特殊配合力的效应值估算

辣椒对 CMV-HB 抗性的一般配合力在 -10.61~14.42 之间,亲本材料 E、B 一般配合力的效应值为正值(病情指数较高,趋向于感病),说明这几个材料做亲本配制杂交组合时不利于抗性的增强;亲本材料 A、D、C、F 的一般配合力为负值,呈现配合力负向效应(病情指数较低,趋向抗病),说明三者配制杂交组合时是较为优良的亲本,对抗性的提高有利。不同亲本的一般配合力 LSD 多重比较结果显示,亲本材料 E、B 的一般配合力存在极显著差异,这两个亲本材料的病情指数相对较高,均偏向感病的亲本,抗性特征表现呈现一致;E、B 的一般配合力存在极显著差异,由此可初步得出 2 个材料的基因型可能不同。偏向抗病的亲本材料 D 和 C 一般配合力无显著差异,说明 2 个抗病材料的基因型可能相近,而 D、C 与材料 F、A 间存在极显著差异,说明同为抗性材料的 C、D 的基因型可能与 F 和 A 不同。

表 5 一般配合力相对效应值及其 LSD 法多重比较<sup>1)</sup>

Table 5 Relative values of parental GCA and LSD analysis

亲本 Parents	均值 Mean	亲本 Parents					
		E	B	F	A	D	C
E	14.42						
B	11.48	2.93					
F	-0.71	15.12**	12.19**				
A	-3.44	17.86**	14.92**	2.73			
D	-10.61	25.02**	22.09**	9.90**	7.16**		
C	-11.14	25.56**	22.63**	10.43**	7.70**	0.54	

1) \* \* 表示显著性水平为 0.01 \* \* indicate significant level is 0.01.

正、反交杂交组合特殊配合力效应值的估算见表 6。从分析结果可以看出,在配制的 30 个杂交组

表 6 亲本正反交特殊配合力效应值估算

Table 6 Relative values of cross parental SGA

亲本 Parents	B		C		D		E		F	
	正交	反交	正交	反交	正交	反交	正交	反交	正交	反交
	Cross	Reciprocal	Cross	Reciprocal	Cross	Reciprocal	Cross	Reciprocal	Cross	Reciprocal
A	3.02	-0.07	-3.09	-0.06	-2.42	-1.99	-5.40	-0.38	8.11	0.48
B			-3.37	-0.42	-4.58	-1.49	3.16	1.09	-1.58	1.91
C					2.49	0.21	5.41	0.73	-4.41	-0.49
D							0.98	-0.55	1.61	-1.32
E									-4.48	-2.87

综合一般配合力、特殊配合力和正、反交效应结果可知:在辣椒抗 CMV 育种中,要充分利用抗病性强的辣椒材料,只要杂交组合中有 1 个亲本抗病表现优良,即可用来配制杂交组合;抗病性存在一定的母体效应,但是影响不大。在本试验研究的 30 个配组方式中,结合一般配合力和特殊配合力的效应值,最终选出 3 个比较优良的组合:C×A(Perennial×P0709)、D×A(P0747×P0709)、F×C(07-23×Perennial)。

### 3 讨论

本试验选择 6 份对 CMV 抗、感存在明显差异的辣椒材料,应用完全双列杂交法对辣椒抗 CMV 遗传规律进行研究,并探讨了杂交组合的配制。研究表明,辣椒对 CMV-HB 株系抗性的一般配合力和特殊配合力都很高,但一般配合力的均方远大于特殊配合力的均方,说明在辣椒对 CMV-HB 的抗性遗传中加性效应占优势。广义遗传力和狭义遗传力都很高,且抗性在亲子代间高度相关,说明抗性在亲代与子代间稳定遗传。配合力分析反交效应不显著,说明辣椒对 CMV-HB 的抗病性主要受核基因控制的,而细胞质的影响较小。从正、反交 F<sub>1</sub>

合中,有 17 个杂交组合的特殊配合力效应值为负值,表现为负向效应,呈现负向效应的杂交组合对增强后代的抗病性更为有利,是较好的配组。对 17 个特殊配合力效应值为负值的杂交组合进一步分析发现,其中有 14 个(7 对)组合互为正反交组合,说明在多数情况下,亲本配组时正交或者反交对后代的抗病性影响不大;这 14 个杂交组合的亲本含有 F、D、A、C,而这 4 个亲本(F、D、A、C)在一般配合力检测中被确定为对抗性提高有利的亲本材料。可见,在对进行辣椒抗 CMV 杂交优势育种时,选择具有抗病性的亲本配制杂交组合,有利于获得抗病的后代。

代抗病性鉴定结果看出,其后代的抗性介于双亲之间且偏向于抗病亲本,说明辣椒对 CMV-HB 的抗性为部分显性。通过正反交配合力的分析表明,正反交差异不显著,配制一代杂种时则应以双亲抗性均高为宜。

关于辣椒抗 CMV 的遗传规律,国内外的研究结果各异。Barrios<sup>[3]</sup> 研究认为辣椒对 CMV 的抗性由单隐性基因控制。Cook<sup>[4]</sup> 认为辣椒对 CMV 的抗性为隐性遗传。Pochard<sup>[5]</sup> 对辣椒材料 Rama 的研究表明,其对 CMV 的抗性受一个具数量效应的显性主基因 *Riv* 控制,*Riv* 基因在基因 *L* 出现时也控制着对 TMV 的抗性。Perennial 是研究最为明确的 1 份抗 CMV 材料,但其对 CMV 的抗性规律的研究结果也不尽相同。Ortega<sup>[6]</sup> 对 Perennial 的研究表明,其对 CMV 的抗性是由多基因控制的,而 Chaim 等<sup>[7]</sup> 认为 Perennial 对 CMV 的抗性是由 1 对隐性基因控制。Kang 等<sup>[8]</sup> 对辣椒材料 Bukang 的研究表明,其对 CMV 的抗性由 1 个显性单基因控制。在国内,阎淑珍等<sup>[9]</sup>、于喜燕等<sup>[10]</sup> 分别对不同辣(甜)椒品种(系)对 CMV 的抗性遗传规律进行研究,均表明其抗性遗传受多基因控制,并符合加性-显性模型,且加性更为重要。本研究应用完全双

列杂交法对辣椒抗 CMV 遗传规律进行了初步研究,结果显示辣椒对黄瓜花叶病毒株系 CMV-HB 的抗性由多基因控制,以加性效应为主,与阎淑珍等<sup>[9]</sup>、于喜燕等<sup>[10]</sup>的研究结果一致。下一步的工作中,将建立抗、感 CMV 材料的六世代分离群体,应用主基因+多基因混合遗传模型对辣椒抗 CMV 遗传规律进行进一步研究,对辣椒材料 CMV 抗性的基因数进行估算,为辣椒抗 CMV 育种奠定基础。

### 参 考 文 献

- [1] GRIFFING B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems [J]. Aust J Biol Sci, 1956,9:463-493.
- [2] 毛爱军,耿三省,胡洽. 甜(辣)椒病毒病、疫病和炭疽病的单抗、多抗性接种鉴定技术[J]. 中国辣椒,2001(2):14-17.
- [3] BARRIOS E P. Inheritance to tobacco etch and *Cucumber mosaic viruses* in *Capsicum frutescens* [J]. Phytopathology, 1971, 61(10):1318.
- [4] COOK A A. Disease resistance studies and new release from Florida [J]. Capsicum Newsleter, 1982,1(1):42-47.
- [5] POCHARD E. A major gene with quantitative effect on two different virus CMV and TMV [J]. Capsicum Newsletter, 1982,1(1):54-56.
- [6] ORTEGA R G. Response of pepper to two Spanish isolates of CMV [J]. Capsicum Newsletter, 1988,7(1):65-66.
- [7] CHAIM A B, GRUBE R C, LAPIDOT M. Identification of quantitative trait loci associated with resistance to *Cucumber mosaic virus* in *Capsicum annum* L. [J]. Theor Appl Genet, 2001,102:1213-1220.
- [8] KANG W, HOANG N, YANG H, et al. Molecular mapping and characterization of a single dominant gene controlling CMV resistance in peppers (*Capsicum annum* L.) [J]. Theor Appl Genet, 2010, 120:1587-1596.
- [9] 阎淑珍,鞠丽荣,徐香瑞,等. 甜(辣)椒对黄瓜花叶病毒(CMV)抗性遗传的初步分析[J]. 园艺学报, 1996, 23(1):45-48.
- [10] 于喜燕,孔国庆,王允兰. 黄瓜花叶病毒辣椒分离株抗性遗传规律的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, 31(2):169-171.

## Heritability and combining ability of resistance to *Cucumber mosaic viruses* for elite pepper germplasm

YAO Ming-hua<sup>1,2</sup> LI Ning<sup>2</sup> WANG Fei<sup>2</sup> YE Zhi-biao<sup>1</sup>

1. College of Horticulture and Forestry Sciences,

Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Cash Crops Institute, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China

**Abstract** Six pepper varieties resistant to CMV-HB at different levels were crossed in a completely dialleled scheme. The results showed that the resistance to CMV-HB in pepper was controlled by polygenes with additive-dominant effects. There is no significant reciprocal effect of hybrids between parental lines. For pepper breeding, only parents having high levels of resistance can produce high resistance F<sub>1</sub> hybrids.

**Key words** pepper (*Capsicum annum* L.); *Cucumber mosaic virus*, CMV; heritability; combining ability; complete diallel cross

(责任编辑:张志钰)