



## 抗黄萎病新品系中植棉 KV-3 抗性遗传特性研究

王升正,齐放军,张文蔚,简桂良\*

(中国农业科学院植物保护研究所/植物病虫害生物学国家重点实验室,北京 100193)

**摘要:**利用自育高抗黄萎病陆地棉新品系中植棉 KV-3 作亲本,高感黄萎病品系 KV9-1 作母本,配制杂交组合,通过对 6 个世代群体(P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、F<sub>1</sub>、BC<sub>1</sub>、BC<sub>2</sub> 和 F<sub>2</sub>)在北京田间人工病圃进行抗性分离鉴定,研究其抗黄萎病的遗传特性。结果表明,高抗黄萎病品种中植棉 KV-3 对黄萎病菌的抗性受 1 对显性基因和 2 对加性基因控制,且加性基因起主要作用。当 2 个加性基因都存在时,植株表现出抗病,当只有 1 个加性基因存在时,植株表现出耐病,当不存在加性基因时,植株表现出感病。

**关键词:**陆地棉;黄萎病;抗性特性;遗传

**中图分类号:**S562.03 **文献标识码:**A

**文章编号:**1002-7807(2010)05-501-04

## Analysis on the Inheritance of Resistance to *Verticillium* Wilt of Zhongzhimian KV-3

WANG Sheng-zheng, QI Fang-jun, ZHANG Wen-wei, JIAN Gui-liang\*

(Institute of Plant Protection, CAAS/The State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Pests, Beijing 100193, China)

**Abstract:** The inheritance of resistance to *Verticillium* wilt of *G. hirsutum* cultivar Zhongzhimian KV-3 was studied by crossed between the susceptible strain KV9-1 and the resistant one Zhongzhimian KV-3, then the disease resistances of the populations of P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, BC<sub>1</sub>, BC<sub>2</sub>, and F<sub>2</sub> generations were identified in the *Verticillium dahliae* nursery. Investigation and statistic of the resistant performance of the six generations were used to analyse the inheritance of *Verticillium* wilt resistance of Zhongzhimian KV-3. The results indicated that resistance of Zhongzhimian KV-3 to *Verticillium* might be controlled by a dominant gene and two additive genes, and the additive effect is more important. The individual performs disease resistance when the two additive genes simultaneously exist, while other individual performs disease tolerance when only one additive gene exists. When there exists none of the two genes, the individual performs disease susceptibility.

**Key words:** *G. hirsutum*; *Verticillium* wilt; resistance; inheritance

棉花黄萎病是我国及世界主要产棉国家和地区危害棉花生产最主要的病害之一<sup>[1-2]</sup>。在我国,虽然 20 世纪 80 年代末控制住了棉花枯萎病的危害,但从 90 年代开始,黄萎病的危害逐年加重,1993 年、1995 年、1996 年、2002 年、2003 年黄萎病连年大发生,每年损失皮棉 8 万~10 万 t,近几年更是日趋严重,黄萎病已成为棉花高产稳产的主要障碍之一<sup>[3]</sup>。由于棉花黄萎病是由大丽轮枝菌引起的土传维管束病害,目前也没有针对性的特效化学药剂,生物防治费用高,且效果不理想,因此,培育栽培抗病品种是防治该病的主要方法<sup>[1-2]</sup>。但是,陆地棉黄萎病抗性基因资源匮乏,并

且对其抗病性遗传方式迄今尚有争议,致使抗病品种培育进展缓慢,导致该病连年流行为害<sup>[3-4]</sup>。为此,明确陆地棉抗黄萎病的遗传方式对培育抗病品种具有重要的指导意义。Fahmy 首先报道了有关棉花黄萎病抗性遗传的研究结果,国内外也有众多学者如 Verhalen、Bell、Roberts、Devey 及我国的潘家驹、王振山、房卫平、王红梅、齐俊生等人对其进行过研究<sup>[5-16]</sup>,但得出的结论尚不统一,仍然存在着较大的争议。近年来,我们通过数十年的努力,培育成功几个对黄萎病抗性达到抗至高抗的新品系中植棉 KV-1、中植棉 KV-2、中植棉 KV-3 等(另文发表),明确其抗性遗传特性

收稿日期:2010-03-26 作者简介:王升正(1984-),男,在读硕士研究生;\*通讯作者, [jianguilang@yahoo.com.cn](mailto:jianguilang@yahoo.com.cn)

基金项目:国家公益性农业科研专项—“落叶型黄萎病成灾机理、发病预警体系研究”(3-19)

对加快我国棉花抗病育种进程及应用具有重要意义和应用价值。为此,对中植棉 KV-3 对黄萎病抗性遗传特性进行了初步研究,现将结果报告如下。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验材料为感病母本 KV9-1 自交系,抗病父本中植棉 KV-3 自交系,杂交组合(KV9-1×中植棉 KV-3)的 BC<sub>1</sub>、BC<sub>2</sub>、F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 等 6 个世代。各杂交世代分别在北京和三亚组配杂交。

### 1.2 试验方法

抗性分离鉴定在中国农业科学院植物保护研究所北京田间人工病圃进行。亲本 P<sub>1</sub>、F<sub>1</sub>、BC<sub>1</sub> 及 BC<sub>2</sub> 按照 2 行区种植,P<sub>2</sub> 及 F<sub>2</sub> 群体按照 4 行区种植,每行 30 株左右。从 6 月 20 日开始,田间出现病株后,每 2 天调查一次各世代黄萎病发病情况,按照 5 级制分级标准进行单株抗病性鉴定

评价。为明确其抗性特性,以 2008 年 9 月 11 日调查结果作为研究分析对象,计算各个世代的发病率和病情指数,通过  $\chi^2$  测验进行遗传分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 亲本及各组合的抗性表现

按照抗性分级标准,对父母本及其各组合植株在病圃中的发病情况进行了调查统计分析(表 1)。抗病亲本材料中植棉 KV-3 接近高抗水平,感病亲本 KV9-1 达到了高感的水平。本试验中感病亲本病情指数为 68.40,抗病亲本病情指数为 14.00,组合 F<sub>1</sub> 的病情指数为 29.17。中亲值(m)=(P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>)/2=41.20,基因的加性效应即亲本离中亲值距离(d)=(P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub>)/2=27.20,显性效应(h)=F<sub>1</sub>-m=-12.03。h<d,说明抗病亲本中植棉 KV-3 对黄萎病的抗性存在部分显性,该品系对黄萎病的抗性是显性基因和加性基因共同作用的结果。

表 1 各个世代的黄萎病鉴定结果

Table 1 Identification for the disease resistances among generations

世代	亲本及组合	总株数	病级					发病率/%	病情指数
			0级	1级	2级	3级	4级		
P <sub>1</sub>	KV9-1	53	3	4	11	21	14	94.34	68.40
P <sub>2</sub>	中植棉 KV-3	125	87	6	17	10	0	24.80	14.00
F <sub>1</sub>	KV9-1×中植棉 KV-3	42	25	1	3	10	3	40.48	29.17
BC <sub>1</sub>	(KV9-1×中植棉 KV-3)×中植棉 KV-3	61	44	3	10	4	0	27.87	14.34
BC <sub>2</sub>	(KV9-1×中植棉 KV-3)×KV9-1	36	11	2	6	13	4	58.33	37.50
F <sub>2</sub>	KV9-1×中植棉 KV-3	139	79	3	21	31	5	43.17	28.42

### 2.2 抗黄萎病显性基因的遗传方式分析

对 BC<sub>2</sub> 及 F<sub>2</sub> 群体的抗感病分离情况进行  $\chi^2$  测验,结果见表 2。由于调查时间比较晚,中植棉 KV-3 对黄萎病抗性很好,基本上没有很重的病株,1 和 2 级病株仅仅是叶片上有一些病斑,而对其产量的影响很小,为此,将 1 和 2 级病株也归入抗病类型计算。从表 2 可以看出,经过  $\chi^2$  测验,

回交世代 BC<sub>2</sub> 群体抗、感分离比符合 1:1,F<sub>2</sub> 群体抗、感分离比符合 3:1,表明抗病品种中植棉 KV-3 存在一对显性基因控制对黄萎病菌的抗性。然而,通过前面对 F<sub>1</sub> 群体的分析以及在抗病组中抗病植株存在差异,表明该显性基因在品系中植棉 KV-3 抗黄萎病中仅起到部分作用,即只有在加性基因存在时才体现出抗病能力。

表 2 F<sub>2</sub> 和 BC<sub>2</sub> 抗性遗传特性分析

Table 2 Analysis on the inheritance of resistance to *Verticillium* wilt of F<sub>2</sub> and BC<sub>2</sub> population

世代	组合	植株数		理论比例 $\chi^2$ 值		概率(P)
		抗	感	1:1	3:1	
BC <sub>2</sub>	(KV9-1×中植棉 KV-3)×KV9-1	19	17	0.0278	-	0.750~0.900
F <sub>2</sub>	KV9-1×中植棉 KV-3	103	36	-	0.0216	0.750~0.900

### 2.3 抗黄萎病加性基因的遗传方式分析

从上述统计分析已知,中植棉 KV-3 对黄萎病的抗性差异主要由基因的加性效应造成,因此,在忽略显性效应的前提下,可以对抗性加性基因进行遗传估计。

当只有 1 个加性基因起作用时,  $F_2$  的抗性表现可以分为抗病、耐病和感病 3 种类型,其分离比应该为 1:2:1, 分析表 1 中  $F_2$  的统计数据没有相吻合的情况。因此,抗病品系中植棉 KV-3 对黄萎病的抗性不是由 1 个加性基因起作用。

当存在 2 个加性基因时,  $F_2$  的抗性表现也可以分为抗病、耐病和感病 3 种类型,但其分离比应该为 9:6:1。分析表 1 中  $F_2$  的统计数据,当把 0 级和 1 级划分为抗病组,2 级和 3 级划分为耐病组,4 级划分为感病组时,经过  $\chi^2$  分析(表 3)发现,抗病、耐病和感病之间的比值与 9:6:1 吻合,说明抗病品系中植棉 KV-3 抗黄萎病的加性效应由 2 个加性基因起作用。2 个基因都存在时植株表现抗病,只存在 1 个基因时,植株表现耐病;2 个基因都不存在时,植株则表现感病。

表 3  $F_2$  抗性适合性测验

Table 3 Suitable test for two pairs of allelic gene inheritance

世代	组合	抗病植株	耐病植株	感病植株	$\chi^2(9:6:1)$	概率(P)
$F_2$	KV9-1×中植棉 KV-3	82	52	5	1.3125	0.500~0.750

### 3 讨论

对于棉花抗黄萎病的遗传特性, Fahmy 于 1931 年首先报道了有关棉花黄萎病抗性遗传的研究结果,其后国内外的很多学者都进行过相关的研究,对海岛棉得出的结论多是受显性或不完全显性的单基因控制,而对陆地棉抗黄萎病的遗传特性则存在很大的争论。争论的焦点主要集中在是由显性单基因控制或是由多基因控制。造成争论的主要原因是一直没有很好的抗黄萎病陆地棉品种,部分实验用海岛棉(*G. barbadense*)作为抗性亲本与陆地棉感病亲本杂交作为研究材料,由于这是 2 个种之间的杂交,后代的分离分化很严重。另外,有些试验是通过温室内接菌鉴定,有些是通过田间病圃进行鉴定,鉴定条件的不一致也会得出不同的结果。而黄萎病作为全生育期病害,其病株数随着生育的进展而逐渐增加,苗期的抗病株到蕾期可能又发病成为病株,即使到发病高峰的吐絮后的 8 月下旬,随着入秋后气温下降,抗病株还可能发病成为病株。这也是我们选择以 9 月 10 日调查结果作为研究对象的原因。

本实验室多年的培植及调查证明,中国农业科学院植物保护研究所的棉花黄萎病病圃的致病力均匀,致病力强,适合于进行棉花抗黄萎病的抗性鉴定。本试验的抗病性材料中植棉 KV-3 是经过多年自交筛选之后得到的,达到了高抗的

水平,并且抗病性遗传稳定;而感病品种 KV9-1 连续几年的发病率都在 90% 以上,病情指数都在 65 以上,被鉴定为高感品种。因此,这 2 个亲本适合于进行遗传分析。经过本实验室多年的杂交,得到了进行遗传分析所需的 6 个世代。研究分析表明,抗病品种中植棉 KV-3 对黄萎病菌的抗性是由 1 个显性基因和 2 个加性基因共同起作用,其中加性基因起主要作用。当 2 个加性基因都存在时,植株表现出抗病;当只有 1 个加性基因存在时,植株表现出耐病;当不存在加性基因时,植株表现出感病。这一结果与 Verhalen<sup>[9]</sup>、校百才<sup>[11]</sup>、王振山<sup>[12]</sup>、葛海燕<sup>[14]</sup>、郭宝生<sup>[15]</sup>等人的研究结果相类似。本研究仅对抗病品种中植棉 KV-3 从表型上的抗黄萎病遗传方式进行了初步研究,相信通过相关抗性基因的分子标记定位,关于黄萎病抗性遗传规律将逐渐被揭示出来<sup>[17]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 马 存. 棉花枯萎病和黄萎病的研究[M]. 北京:中国农业出版社,2007.  
MA Cun. Studies of *Fusarium* and *Verticillium* wilt in cotton[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007.
- [2] 沈其益. 棉花病害——基础研究与防治[M]. 北京:科学出版社,1992:106-138.  
SHEN Qi-yi. Cotton diseases——basic research and protection [M]. Beijing: Science Press, 1992: 106-138.
- [3] 马 存,简桂良,孙文姬. 我国棉花抗黄萎病育种现状、问题

- 及对策[J]. 中国农业科学, 1997, 30(2): 58-64.
- MA Cun, Jian Gui-liang, Sun Wen-ji. Current status, problem and countermeasure on resistance breeding to *Verticillium* wilt of cotton in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1997, 3(2): 58-64.
- [4] JIAN Gui-liang, Ma Cun, Zhang Chuan-lin, et al. Advances in cotton breeding for resistance to *Fusarium* and *Verticillium* wilts in the last fifty years in China[J]. Agricultural Sciences in China, 2003(3): 280-288.
- [5] VERHALEN L M. A quantitative genetic study of *Verticillium* wilt resistance among selected lines of upland cotton[J]. Crop Science, 1971, 11: 407-412.
- [6] BELL A A. Phytoalexin production and *Verticillium* wilt resistance in cotton[J]. Phytopathology, 1969, 59: 1119-1127.
- [7] ROBERTS C L, Staten G. Heritability of *Verticillium* wilt tolerance in crosses of American upland cotton[J]. Crop Science, 1972, 12: 63-66.
- [8] DEVEY M E, Roose M L. Genetic analysis of *Verticillium* wilt tolerance in cotton using pedigree data from three crosses [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1987, 74(1): 162-167.
- [9] 潘家驹, 张天真, 蒯本科, 等. 棉花黄萎病抗性遗传[J]. 南京农业大学学报, 1994, 17(3): 8-18.
- PAN Jia-ju, Zhang Tian-zhen, Kuai Ben-ke, et al. Studies on the inheritance of resistance to *Verticillium dahliae* in cotton [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 1994, 17(3): 8-18.
- [10] 齐俊生, 马存, 赵良忠. 海岛棉品种抗黄萎病遗传规律初步研究[J]. 棉花学报, 2000, 12(4): 169-171.
- QI Jun-sheng, Ma Cun, Zhao Liang-zhong. Study on heredity of *Verticillium* wilt resistance of *G. barbadense* L[J]. Cotton Science, 2000, 12(4): 169-171.
- [11] 校百才, 景忆莲, 刘耀斌, 等. 陆地棉抗黄萎病性状遗传的初步研究[J]. 西北农业学报, 1998, 7(2): 55-58.
- XIAO Bai-cai, Jing Yi-liang, Liu Yao-bin, et al. A preliminary study on the inheritance of resistance to *Verticillium* wilt in upland cotton[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 1998, 7(2): 55-58.
- [12] 王振山, 马峙英. 棉花枯、黄萎病的抗性基因效应分析[J]. 河北农业大学学报, 1989, 12(2): 21-25.
- WANG Zhen-shan, Ma Zhi-ying. Analysis of gene effect of resistance to *Fusarium* and *Verticillium* wilt in upland cotton[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 1989, 12(2): 21-25.
- [13] 房卫平, 祝水金, 潘家驹. 陆地棉和海岛棉的黄萎病抗性遗传研究[J]. 棉花学报, 2003, 15(1): 3-7.
- FANG Wei-ping, Zhu Shui-jin, Pan Jia-ju. Studies on the inheritance of *Verticillium dahliae* resistance in *G. hirsutum* and *G. barbadense* [J]. Cotton Science, 2003, 15(1): 3-7.
- [14] 葛海燕, 汪业春, 郭旺珍, 等. 陆地棉抗黄萎病性状的遗传及分子标记研究[J]. 棉花学报, 2008, 20(1): 19-22.
- GE Hai-yan, Wang Ye-chun, Guo Wang-zhen, et al. Inheritance and molecular tagging of resistance against *Verticillium* wilt in upland cotton[J]. Cotton Science, 2008, 20(1): 19-22.
- [15] 郭宝生, 刘存敬, 刘素恩, 等. 棉花种间杂交渐渗系抗黄萎病性状遗传分析[J]. 华北农学报, 2008, 23(增刊): 240-243.
- GUO Bao-sheng, Liu Cun-jing, Liu Su-en, et al. Analysis on the inheritance of *Verticillium* wilt resistance of introgressed line from interspecific hybridization in cotton[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2008, 23(suppl): 240-243.
- [16] 王红梅, 张献龙, 李运海. 陆地棉黄萎病抗性遗传分析[J]. 棉花学报, 2004, 16(2): 84-88.
- WANG Hong-mei, Zhang Xian-long, Li Yun-hai. Analysis on the inheritance of *Verticillium dahliae* resistance in *G. hirsutum* [J]. Cotton Science, 2004, 16(2): 84-88.
- [17] 王力华, 戴晓枫. 棉花黄萎病抗性的分子研究进展[J]. 分子植物育种, 2003, 1(1): 97-102.
- WANG Li-hua, Dai Xiao-feng. Progress on molecular research of cotton *Verticillium* wilt resistances[J]. Molecular Plant Breeding, 2003, 1(1): 97-102. ●