

# 시판 고추 종자에서 분리한 Tobamovirus의 병원형

한정헌<sup>1\*</sup> · 이철호<sup>2</sup> · 나용준<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 농업생명과학대학 응용생물화학부, <sup>2</sup>서경대학교 이공대학 생물공학과

## Pathotype of Tobamovirus Isolates from Commercial Red Pepper Seeds

Jung-Heon Han<sup>1\*</sup>, Cheol-Ho Lee<sup>2</sup>, and Yong-Joon La<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of Applied Biology and Chemistry, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

<sup>2</sup>Department of Biological Engineering, College of Natural Sciences and Technology, Seokyoung University, Seoul 136-704, Korea

\*corresponding author

**ABSTRACT** A total of 23 isolates were obtained from seeds of 30 pepper cultivars by single lesion isolation on *Nicotiana glutinosa*. The isolates were tested for pathotype determination using standard pepper differentials. Two pathotypes of Tobamoviruses, namely P0 and P1.2 were detected from the pepper seeds, of which pathotype P1.2 was predominant. Pathotypes P1 and P1.2.3 were unable to detect in this study. All pepper cultivars except one showed resistance to two pathotypes, P0 and P1, but not to pathotype P1.2. These results could be useful for breeding Tobamovirus-resistant pepper and producing virus-free seed stock.

**Additional key words:** *Capsicum annuum*, resistance, tobacco mosaic virus

### 서 언

고추는 국내 채소류 재배 면적의 35%를 차지하는 농가의 주요 소득작물로 1980년대 이후 널리 보급된 시설하우스 재배와 지속적인 連作으로 인하여 바이러스병에 의한 피해가 큰 것으로 알려져 있다(Lee와 Yoon, 1994). 고추에 발생하는 바이러스는 현재까지 35종이 보고되어 있는데(Lim 등, 1991), 특히 Tobamovirus는 種子傳染, 土壤傳染, 接觸傳染 등을 통해 고추에 感染하여 고추의 收量과 品質을 크게 떨어뜨리는 중요한 바이러스이다(Demski, 1981; Garcia 등, 1990; Kim 등, 1989; Mckinney, 1952; Pares와 Gunn, 1989). 1937년에 Holmes가 담배모자이크바이러스(*Tobacco mosaic virus*; TMV)에 대한 抵抗性 遺傳子를 *Capsicum frutescense*에서 처음 보고한 이래, Tobamovirus에 대한 고추의 抵抗性 연구에 많은 노력이 지속적으로 이루어져 왔다(Boukema, 1977; Boukema 등, 1980; Holmes, 1937). 그 결과 L<sup>1</sup>/L<sup>1</sup>, L<sup>2</sup>/L<sup>2</sup>, L<sup>3</sup>/L<sup>3</sup>, L<sup>4</sup>/L<sup>4</sup> 遺傳子로 불리는 4종류의 Tobamovirus 抵抗性 遺傳子가 고추에서 발견되었다. 한편, 고추에 감염되는 Tobamovirus는 抵抗性 遺傳子를 갖는 병원형 판별고추품종의 반응에 따라 P0, P1, P1.2, P1.2.3 類型의 네 가지 병원형으로 분류되며, 병원형이 결정된 Tobamovirus는 抵抗性 고추품종을 育成하는 데 널리 이용되어 왔다(Boukema, 1980; Rast, 1988). 이들 Tobamovirus에 대한

抵抗性 고추의 育成을 위해서는 먼저 우리나라의 고추에 발생하는 Tobamovirus의 病原型과 국내 고추품종의 Tobamovirus 病原型에 대한 저항性 연구가 선행되어야 한다. 따라서 본 연구는 고추의 Tobamovirus 抵抗性 育種을 위한 기초자료로 활용하고자 市販고추종자에서 분리한 Tobamovirus의 病原型을 결정하고 Tobamovirus 병원형에 대한 시판고추 품종의 저항성을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 市販 고추종자 및 병원형 판별고추

실험에 사용한 30종의 상용 고추종자는 1994년부터 1996년 사이에 생산된 종자로 국내의 5개 종묘회사로부터 分讓받았다. Tobamovirus의 病原型 결정에 사용한 병원형 판별고추, *Capsicum annuum* 'Early Calwonder', *C. annuum* 'Tisana', *C. frutescense* 'Tabasco', *C. chinense* P.I. 159236, *C. chacoense* P.I. 260429는 대만의 아시아채소육종연구소(Asian Vegetable Research and Development Center)에서 分讓 받았으며 병원형 판별고추의 遺傳型과 이에 따른 Tobamovirus의 病原型은 Table 1과 같다.

#### 바이러스원

고추품종의 Tobamovirus 저항성 검정을 위한 대조구로 담배모

※ Received for publication 14 August 2001. Accepted for publication 5 November 2001.

**Table 1.** Relation between genotypes for resistance in *Capsicum* and pathotypes of Tobamovirus (after Boukema, 1984 and Rast, 1988).

<i>Capsicum</i> differential	Resistance genotype	Tobamovirus pathotypes			
		P0	P1	P1.2	P1.2.3
<i>C. annuum</i> 'Early Calwonder'	L <sup>+</sup> /L <sup>+</sup>	+ <sup>z</sup>	+	+	+
<i>C. annuum</i> 'Westlandia'	L <sup>+</sup> /L <sup>+</sup>	+	+	+	+
<i>C. annuum</i> 'Tisana'	L <sup>1</sup> /L <sup>1</sup>	-	+	+	+
<i>C. frutescens</i> 'Tabasco'	L <sup>2</sup> /L <sup>2</sup>	-	-	+	+
<i>C. baccatum</i> P.I. 260549	L <sup>2</sup> /L <sup>2</sup>	-	-	+	+
<i>C. chinense</i> P.I. 159236	L <sup>3</sup> /L <sup>3</sup>	-	-	-	+
<i>C. chacoense</i> P.I. 260429	L <sup>4</sup> /L <sup>4</sup>	-	-	-	-

<sup>z</sup>+ = Systemic mosaic: susceptible.

- = Local lesions on inoculated leaves, no systemic mosaic: resistant.

자이크바이러스 보통계(Tobacco mosaic virus type strain, TMV-U1)는 American Type Culture Collection(Rockville, Maryland, U.S.A.)에서 구입하였고, 토마토모자이크바이러스 ob계통(Tomato mosaic virus ob strain, ToMV-ob)과 TMV-P8은 헝가리채소연구소와 네덜란드의 Rijk Zwaan 종묘회사로부터 각각 분양받았다.

#### 바이러스의 분리 및 병원형 결정

바이러스 분리를 위한 접종원은 각각의 고추품종에서 취한 종자 5립에 1% sodium sulfite가 함유된 10ml의 0.1M Tris-HCl 완충용액(pH 8.0, 磨碎用 緩衝液)을 첨가하고 마쇄한 다음 8,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 얻은 상등액을 사용하였다. 고추종자에서 분리한 Tobamovirus 분리주의 병원형을 결정하기 위하여 각각의 분리주를 *Nicotiana clevelandii*에 각각 증식하였다. 감염 잎 1g에 10ml의 마쇄용 완충액을 첨가하고 마쇄한 후 원심분리하여 얻은 상등액을 병원형판별고추의 유전형별로 3개체의 병원형 판별고추를 사용하였다. 소량의 carborundum(400mesh)을 넣은 접종액을 멸균한 면봉에 묻혀 4번째와 5번째 잎의 전면에 고르게 바르고 물로 즉시 씻어 주었다. 접종된 식물은 30% 정도의 遮光 상태에서 두고 23℃-30℃의 유리온실에서 60일 동안 재배하면서 병징 발현을 관찰하였고, 病原型은 Boukema 등(1980)의 방법에 따라 결정하였다.

#### 병원성 검정

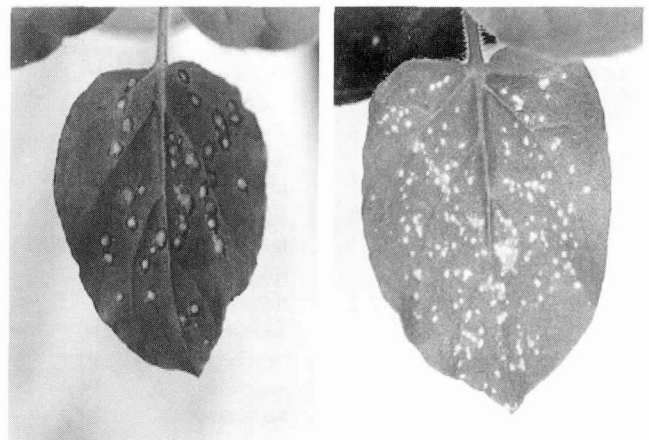
병원형이 결정된 각각의 바이러스를 *N. clevelandii*에 증식한 다음 병원형 결정 시와 동일하게 접종원을 준비하였다. Tobamovirus의 종자전염을 최소화하기 위해 시판 고추종자를 10% 제3인산 소다(Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)로 20분간 소독한 후 흐르는 물에 1시간 동안 세척한 다음 멸균 토양에 파종하였다. 공시한 고추의 본엽이 4-7매 정도 전개되었을 때 4번째와 5번째 잎에 접종하였으며, 접종된 식물은 유리온실에서 재배하면서 접종 후 60일 동안 병징 발현을 관찰하였다. 고추의 抵抗力 檢定은 접종엽에 피사국부병반이 형성되거나 낙엽이 발생하면 저항성, 상엽에 모자이크 혹은 mild mottle 병징이 생기면 감수성으로 판독하였다. 그리고 육안으로 병징의 판독이

곤란할 경우 고비중라텍스응집반응법(La 등, 1998)과 *Nicotiana glutinosa*를 이용하여 감염여부를 확인하였다.

## 결과 및 고찰

#### 바이러스 분리

공시한 고추의 Tobamovirus 저항성 검정에 필요한 분리주를 얻고자 *N. glutinosa*를 이용하여 단병반 분리를 실시하였다. 접종 4-5일 후 接種엽에 형성된 피사국부병반은 지름의 크기에 따라 소형(pin-point type local lesion, 직경 1-2mm)과 대형(typical local lesion, 직경 3-5mm)으로 구분할 수 있었다(Fig. 1). 대형 병반(病斑)은 TMV 또는 ToMV에 의해 형성되는 병반과 유사하였고, 소형 병반은 Wetter 등(1984)이 보고한 Pepper mild mottle virus (PMMoV)의 병반과 유사하였다. 또한 같은 종자에서 두 가지 유형의 病斑이 함께 나타나는 경우도 있었으나 발생 빈도가 높은 病斑을 취하여 총 30품종의 고추 종자에서 23개의 分離株를 얻었으



**Fig. 1.** Two types of local lesions in *Nicotiana glutinosa* induced by sap inoculation of Tobamovirus isolates from pepper seeds. A: typical local lesions with center blight spot and peripheral blackish necrosis (3-5 mm in diameter) on the leaf inoculated with T-19. B: pin-point type local lesions with no or little peripheral necrosis (1-2 mm in diameter) on the leaf inoculated with T-6.

며 이들을 Tobamovirus-1(T1)에서 Tobamovirus-23(T-23)으로 명명하였다.

### 병원형 결정

고추 종자에서 분리한 23개 Tobamovirus 분리주의 병원형을 결정하고자 각각의 분리주를 유전형별로 3개체씩 병원형 판별품종에 접종하였다. T-1, T-2, T-4, T-15, T-19로 명명한 5개 분리주는 Tobamovirus에 대한 抵抗性 유전자가 없는 'Early Calwonder' 고추에만 全身感染하였다. 그러나 抵抗性 유전자가 있는 다른 고추 품종에는 접종엽에 괴사국부병반과 낙엽을 유발하고 전신감염하지 못하여 병원형 P0로 동정되었다. 그리고 나머지 18개 분리주는 'Early Calwonder', 'Tisana', *C. baccatum* P. I. 260549에 全身感染을 일으켰고, *C. chinense* P. I. 159236과 *C. chacoense* P. I. 260429에는 괴사국부병반을 유발하여 병원형 P1.2로 동정되었으며, 병원형 P1과 P1.2.3은 이번 연구에서 발견되지 않았다. 또한 Tobamovirus가 분리된 상용 고추품종의 채종지와 Tobamovirus 병원형과의 연관성을 조사한 결과 부안에서는 P0형이 그리고 청양, 이천, 서천 지역에서는 P0형과 P1.2형의 두 가지 병원형이 발생하였고, 나머지 채종지에서는 P1.2형이 발생하였다(Table 2).

비록 국내의 모든 고추 채종지를 조사한 것은 아니지만 위의 결

과로부터 병원형 P1.2형이 국내 채종지에서 주로 발생한다는 사실을 알 수 있으며, 국내의 고추포장에서 중국(Sakata 등, 1997)의 경우와 마찬가지로 P1.2형이 다른 병원형보다 우점을 차지할 것으로 판단된다.

### 병원형 비교

본 실험에서 분리한 두 가지 병원형(T-6과 T-19)과 외국에서 보고된 ToMV-ob, TMV-U1, TMV-P8 계통에 대한 病原型判別 고추品種의 寄主反應을 비교하였다. 각각의 Tobamovirus를 품종당 3주의 병원형판별고추품종에 접종한 결과 'Early Calwonder'와 'Westlandia' 고추에서 병원형이 P0인 T-19와 TMV-U1은 심한 모자이크 증상을 유발하였고, P1인 ToMV-ob는 접종 상엽에 심한 황색 모자이크 증상을 일으켜 P0 병원형과는 쉽게 구별되었다. 또한 이들 바이러스는 Rast 등(1988)이 보고한 바와 같이 初期接種源의 농도가 높거나 接種된 식물을 고온에서 재배할 경우 接種된 개체의 줄기에 심한 壞死病徵을 일으켜 T-6과 TMV-P8과는 쉽게 구별할 수 있었다. 그러나 T-19와 TMV-U1는 병원형판별고추의 반응만으로는 쉽게 구별할 수 없었으며 T-19의 외피단백질 염기서열을 조사한 결과 T-19(등록 No. AF103776)는 ToMV에 속하는 것으로 판명되었다(자료 미제출).

반면에 병원형이 P1.2인 T-6은 'Early Calwonder'와 'Westlandia' 고추의 接種 상엽에 약한 모자이크 증상을 일으켜 PMMoV의 한 분리주인 TMV-P8(Wetter, 1984)과 유사한 반응을 보였으며 나머지 병원형과는 쉽게 구별되었다. 또한 T-6의 외피단백질 염기서열을 분석한 결과 T-6(등록 No. AF103778)은 PMMoV와 유사하였다(자료 미제출).

'Tisana' 고추에서는 T-6, TMV-P8, ToMV-ob는 接種 10일에서 15일 이후부터 접종 상엽에 모자이크 증상을 일으켰고 T-19와 TMV-U1은 接種 5일 후 접종엽에 괴사국부병반을 유발하였으나 ToMV-ob는 'Early Calwonder'와 'Westlandia' 고추와 유사한 병징을 일으켜 다른 병원형과 쉽게 구별할 수 있었다.

*C. frutescens* 'Tabasco'와 *C. baccatum* P. I. 260549의 경우 T-6과 TMV-P8은 接種 5-10일 후 접종 상엽에 mottle과 모자이크 증상을 일으켰으며, *C. baccatum* P. I. 260549은 모자이크 병징과 함께 감염된 잎 뒷면의 주맥과 엽병에 괴사증상을 보여 'Tabasco'의 병징과 쉽게 구별되었다. 그리고 T-19, TMV-U1, ToMV-ob는 접종 5-14일 후 접종엽에 괴사국부병반을 일으켰으며 전신감염하지 않았다.

*C. chinense* P. I. 159236과 *C. chacoense* P. I. 260429의 경우, 공시한 바이러스는 모두 접종엽에 괴사국부병반을 일으켰으며 특히 T-6과 TMV-P8은 *C. chinense* P. I. 159236에서 다른 바이러스보다 훨씬 작은 괴사국부병반을 일으켰다(Table 3).

### Tobamovirus 병원형에 대한 시판 고추의 저항성

市販고추의 Tobamovirus 병원형에 대한 저항성을 조사하고자

**Table 2.** Identification of pathotypes of Tobamovirus isolates from commercial pepper seeds.

Isolate	Cultivar <sup>z</sup>	Seed production area	Pathotype <sup>y</sup>
T-1	Seoulshilkkwari	Buan	P0
T-2	Mannyang	Chungyang	P0
T-3	Nokkwang	Chungyang	P1.2
T-4	Kumjige	Dangjin	P0
T-5	Hansemkkwari	Dongwon	P1.2
T-6	Joyang	Hadong	P1.2
T-7	Kalagimjang	Hadong	P1.2
T-8	Kwangbok	Hadong	P1.2
T-9	Nongwookkwari	Hadong	P1.2
T-10	Sinbaram	Hadong	P1.2
T-11	Daehonggun	Haenam	P1.2
T-12	Dongbang	Icheon	P1.2
T-13	Keosung	Icheon	P1.2
T-14	Kumbong	Icheon	P1.2
T-15	Kumjang-samho	Icheon	P0
T-16	Oryun	Icheon	P1.2
T-17	Daemyeong	Kongju	P1.2
T-18	Cheongok	Seocheon	P1.2
T-19	Daewang	Seocheon	P0
T-20	Jangwon	Seocheon	P1.2
T-21	Jeoncheonhoo	Seocheon	P1.2
T-22	Johong	Seocheon	P1.2
T-23	Taeyanggun	Seocheon	P1.2

<sup>z</sup>Seed samples were obtained from the following five seed companies: Joongang, Seed, Co. Ltd., Hannong, Seed, Co. Ltd., Hungnong, Seed, Co. Ltd., Nongwoo, Seed, Co. Ltd., and Seoul, Seed, Co. Ltd.

<sup>y</sup>Pathotypes were identified on the basis of symptomatic reactions of Capsicum differentials.

**Table 3.** Symptomatic reactions induced by T-6, T-19, and three known Tobamovirus isolates on *Capsicum* differentials.

<i>Capsicum</i> differentials	Isolates of Tobamovirus <sup>z</sup>				
	T-6	T-19	U1	ob	P8
<i>C. annuum</i> 'Early Calwonder'	M <sup>y</sup>	SM	SM	yM	M
<i>C. annuum</i> 'Westlandia'	M	SM	SM	yM	M
<i>C. annuum</i> 'Tisana'	M	L	L	M	M
<i>C. frutescens</i> 'Tabasco'	M	L	L	L(mM) <sup>x</sup>	M
<i>C. baccatum</i> P.I. 260549	M	L	L	L	M
<i>C. chinense</i> P.I. 159236	sL	L	L	L	sL
<i>C. chacoense</i> P.I. 260429	L	L	L	L	L

<sup>z</sup>T-6 and T-19 isolated from commercial pepper seeds in this study were identified to be pathotype P1.2 and P0, respectively. U1: TMV common isolate from American Type Culture Collection, USA. ob: Tomato mosaic virus isolate from Vegetable Research Institute. P8: TMV pepper isolate from Rijk Zwaan Seed Co., the Netherlands.

<sup>y</sup>M: mosaic, mM: mild mosaic, SM: severe mosaic, yM: yellow mosaic, L: local lesions, sL: small local lesions on inoculated leaves.

<sup>x</sup>Characters in parentheses indicate occasional occurrence.

P0 병원형으로는 TMV-U1과 T-19, P1 병원형은 ToMV-ob, P1.2 병원형은 TMV-P8과 T-6을 사용하였다. 각각의 바이러스를 품종 당 20개체의 고추에 접종한 결과, P0 병원형에 대해 한가지 고추 품종을 제외한 모든 공시품종은 접종 3-7일 이내에 접종엽에 괴사국부병반을 형성하였고 병반 출현 후 5일 이내에 낙엽이 발생하여 저항성을 나타내었다. 또한 P1 병원형에 대해서도 P0 병원형의 경우와 마찬가지로 한가지 고추품종을 제외한 모든 공시품종이 저항성을 보였다. 그러나 P1.2 병원형에 대해서는 모든 품종이 무병징 혹은 접종 상엽에 mild mottle 증상을 보이며 전심감염되었다 (Table 4).

실험에 사용한 시판 고추품종이 P1.2 병원형에 감수성을 보이는 것은 23개 고추품종에서 분리된 Tobamovirus의 병원형이 주로 P1.2라는 사실과 밀접한 연관성이 있는 것으로 판단된다. 즉, 공시한 고추품종의 모계와 부계는 L<sup>+</sup>/L<sup>+</sup>, L<sup>+</sup>/L<sup>1</sup>, L<sup>1</sup>/L<sup>1</sup>, L<sup>+</sup>/L<sup>2</sup>, L<sup>1</sup>/L<sup>2</sup>, L<sup>2</sup>/L<sup>2</sup> 가운데 한 가지 유전형은 가짐으로써 P1.2 병원형에 감수성을 보여 본 실험에서는 주로 P1.2 병원형이 분리되었다고 판단된다. 또한 위 세 가지 병원형에 모두 감수성을 보인 고추품종의 Tobamovirus 병원형에 대한 저항성 유전형은 L<sup>+</sup>/L<sup>+</sup> 형으로, 나머지 품종 대부분 L<sup>+</sup>/L<sup>2</sup>, L<sup>1</sup>/L<sup>2</sup>, L<sup>2</sup>/L<sup>2</sup> 가운데 한 가지일 것으로 판단된다.

### 초 록

*Nicotiana glutinosa*를 이용한 단병반 분리를 통하여 30품종의 시판 고추종자로부터 모두 23개의 Tobamovirus分離株를 얻었다. 病原型 判別고추를 사용하여 조사한 이들分離株의病原型은 P0 또는 P1,2형으로 나타났으며 P1과 P1,2,3형은 관찰되지 않았다. 시판고추 중 한 종류를 제외한 모든 품종이 P0와 P1 병원형에 대해서는 저항성을 보였고 P1,2형에는 모두 감수성이었다. Tobamovirus病原型에 관한 연구결과는 앞으로 우리나라 고추의 Tobamovirus抵抗性育種과 Tobamovirus無感染 고추종자의 생산에 널리 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

**Table 4.** Resistance of pepper cultivars to Tobamovirus pathotypes.

Cultivar <sup>z</sup>	Virus isolate/pathotype <sup>y</sup>		
	U1 and T-19/P0	ob/P1	T-6 and P8/P1.2
Cheonghong	- <sup>x</sup>	-	+
Cheongok	-	-	+
Dabok	-	-	+
Daehonggun	-	-	+
Daejanggyeong	-	-	+
Daemyeong	-	-	+
Daewang	-	-	+
Dongbang	-	-	+
Hansekkwari	-	-	+
Hyangchon	-	-	+
Jangwon	-	-	+
Jeoncheonhoo	-	-	+
Johong	-	-	+
Jonggajib	-	-	+
Jorimkkwari	-	-	+
Joyang	-	-	+
Kalakimjang	-	-	+
Keosung	-	-	+
Kumbong	-	-	+
Kumjang-samho	-	-	+
Kumjige	-	-	+
Kwangbok	-	-	+
Mannyang	-	-	+
Nokkwang	-	-	+
Nongwookwari	+	+	+
Oryun	-	-	+
Seoulshilkkwari	-	-	+
Sinbaram	-	-	+
Sinjokwang	-	-	+
Taeyanggun	-	-	+

<sup>z</sup>Twenty plants per cultivar were inoculated with each tobamovirus pathotypes.

<sup>y</sup>T-6 and T-19 isolated from commercial pepper seeds in this study were identified to be pathotype P1.2 and P0, respectively. U1: TMV common isolate from American Type Culture Collection, USA. ob: Tomato mosaic virus isolate from Vegetable Research Institute. P8: TMV pepper isolate from Rijk Zwaan Seed Co., the Netherlands.

<sup>x</sup>+ = Systemic mosaic: susceptible.

- = Local lesions on inoculated leaves, no systemic mosaic: resistant.

추가 주요어 : *Capsicum annuum*, 저항성, 담배모자이크바이러스 (TMV)

## 인용문헌

- Boukema, I. W. 1977. Resistance in *Capsicum* to a pepper strain of TMV [tobacco mosaic virus]. *Capsicum* 77:85-88.
- Boukema, I. W. 1980. Allelism of gene controlling resistance to TMV in *Capsicum* L. *Euphytica* 29:433-439.
- Boukema, I. W., K. Jansen, and K. Hofman. 1980. Strains of TMV and genes for resistance in *Capsicum*, *Eucarpia Capsicum* Working Group, Synopses of the IVth Meeting, Wageningen, 14-16 October 1980. P.44-48.
- Demski, J. W. 1981. Tobacco mosaic virus is seedborne in Pimiento pepper. *Plant Dis.* 65:723-724.
- Garcia, L. I., M. T. Serra, E. Alonso, M. L. Wicke, and R. J. R. Diaz. 1990. The role of non-vectored soil transmission as a primary source of infection by pepper mild mottle and cucumber mosaic viruses in glasshouse-grown capsicum in Australia. *Journal of Phytopathology* 126:353-360.
- Holmes, F. O. 1937. Inheritance of resistance to tobacco mosaic virus disease in the pepper. *Phytopathology* 27:637-642.
- Kim, J. S., S. H. Lee, and M. W. Lee. 1989. Transmission of TMV by infested soils in red pepper (*Capsicum annuum* L.) Res. Rept. RDA (C.P) 31(1):10-13.
- La, Y. J., J. H. Han, and C. H. Lee. 1998. Simple and rapid detection of tobacco mosaic virus in pepper seed and plants by high-density latex particle agglutination test. *Suppl. J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 67:204.
- Lee, M. H. and J. Y. Yoon. 1994. Characteristics of Korean green pepper varieties and techniques for improvement of their qualities. *J. Kor. Capsicum Res. Coop.* 3:29-41.
- Lim, K. H., B. K. Chung, J. Y. Yoon, and S. K. Green. 1991. A survey on viruses infecting peppers (*Capsicum annuum*) in Korea by microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Korean J. Plant Pathol.* 7:251-256.
- McKinney, H. H. 1952. Two strains of tobacco mosaic virus, one of which is seed borne in an etch-immune pungent pepper. *Plant Disease Reporter* 36:184-187.
- Pares, R. D. and L. V. Gunn. 1989. The role of non-vectored soil transmission as a primary source of infection by pepper mild mottle and cucumber mosaic viruses in glasshouse-grown capsicum in Australia. *Journal of Phytopathology* 126:353-360.
- Rast, A. Th. B. 1988. Pepper Tobamoviruses and pathotypes used in resistance breeding. *Capsicum Newsletter* 7:20-23.
- Sakata, Y., C. Youyuan, C. Hairong, Z. Jianhua, and X. Qixin. 1997. Identification of strains of tobacco mosaic virus (TMV) isolated from *Capsicums* in southcentral China. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 66:99-104.
- Rast, A. Th. B. 1988. Pepper Tobamoviruses and pathotypes used in resistance breeding. *Capsicum Newsletter* 7:20-23.
- Wetter, C., M. Conti, D. Altschuh, R. Tabillion, and M. H. V. van Regenmortel. 1984. Pepper mild mottle virus, a tobamovirus infecting pepper cultivars in Sicily. *Phytopathology* 74:405-410.