

우리나라 고추 바이러스 종류, 병징 및 발생 형태

조점덕 · 김정수* · 이신호 · 최국선 · 정봉남
원예연구소 원예환경과

Viruses and Symptoms on Peppers, and Their Infection Types in Korea

Jeom Deog Cho, Jeong Soo Kim*, Sin Ho Lee, Gug Seon Choi and Bong Nam Chung

Horticultural Environment Division, National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea
(Received on May 26, 2007)

The incidence of virus disease on peppers was investigated at the 52 areas in the whole country in 2002, 2004 to 2006. Among the six viruses, *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Pepper mottle virus* (PepMoV), *Pepper mild mottle virus* (PMMoV), *Broad bean wilt virus 2* (BBWV2), *Tobacco mild green mosaic virus* (TMGMV) and *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), infecting peppers in Korea, the incidence of CMV, PepMoV, PMMoV and BBWV2 was 29.4%, 13.6%, 14.3%, 25.6%, orderly. TMGMV and TSWV had the same low infection rate of 1.0%. The infection rate of CMV was higher as 53.3% and 34.2% in 2002 and 2004, but it was decreased to 18.2% and 11.9% in 2005 and 2006, respectively. The infection rate of BBWV2 was lower as 1.3% in 2002 and 1.8% in 2004, but it was increased abruptly to 41.3% in 2005 and 58.2% in 2006. For the types of mixed infections of pepper viruses, the incidence of CMV+PepMoV was 62.6% in 2002 and 50.0% in 2004, and that of CMV+BBWV2 was increased suddenly from 33.3% in 2005 to 83.2% in 2006. The triplex infection of CMV+BBWV2+PepMoV was 6.4% in average. CMV caused severe mosaic and BBWV2 induced ring spots, and the two mixed virions caused chlorosis on the leaves of red peppers. TSWV induced the typical symptoms of multiple ring spots on the leaves and fruits of red peppers.

Keywords : Pepper, Virus disease, Yearly occurrence

고추는 우리나라에서 생산액이 연간 1조에서 1조 5천 억원 정도로 가장 중요한 원예작물이며, 풋고추는 신선 채소로서 이용하고 붉은 고추는 고추 가루의 형태로 김치의 양념과 고추장에 이용하므로 식품으로서 중요성은 매우 크다. 고추에 발생하는 바이러스는 전 세계적으로 66종에 달하며 이중에서 전세계적으로 발생하여 피해를 주는 바이러스는 29종으로 알려져 있고 나머지 바이러스 들은 지역적으로 발생하여 피해를 주고 있다. 우리나라에서는 고추 작물에서 약 10종의 바이러스 발생이 보고되어 있다(강 등, 1973; Kim 등, 1990). 1980년 후반기에 우리나라 고추에 발생하는 바이러스는 Tobamovirus가 90% 정도로 대부분을 차지하였으며, *Cucumber mosaic virus* (CMV)가 10% 내외 발생하여 가장 중요한 바이러스는 Tobamovirus이었다. 이와 같이 Tobamovirus가 주로 발생

하였던 원인은 전염특성으로 볼 때 종자전염이 2-3%로 1차 전염원 역할을 하며 본포에 정식하기 전에 2-3차례 가식을 하게 되는데 이때 접촉전염과 토양전염 특성 때문에 정식할 때에는 이미 바이러스가 만연되는 재배양식을 갖고 있었다(Kim 등, 1990).

최근에는 고추 재배가 자가 육묘할 경우에도 플러그 육묘를 하며, 육묘장에서 구입할 경우에도 모두 플러그 육묘를 하여 묘 생산을 하므로 가식에 의한 접촉전염 기회가 거의 없어 tobamovirus의 발생은 매우 적은 것으로 생각되며, 2002년 우리나라 고추 바이러스 발생 양상 보고(이 등, 2005)에 의하면 tobamovirus(PMMoV, TMV)는 현저히 낮아진 반면에 진딧물 전염성 바이러스인 CMV와 *Broad bean wilt virus 2*(BBWV2)는 발생률이 증가한 것을 알 수 있다(조 등, 2006). 이와 같이 고추에 발생하는 바이러스 종류가 재배양식의 변천 등에 따라서 변화하고 있어 지속적인 고추 바이러스 발생 모니터링이 매우 중요하다. 또한 내병성 품종 육성을 위해서는 바이러스 저

*Corresponding author
Phone) +82-31-290-6234, Fax) +82-31-290-0406
E-mail) kimjsoo@rda.go.kr

항성 유전자원 소재 확보가 기본이며 이를 위해서는 국내 고추에 발생하는 바이러스의 종류와 병징을 조사하고 병원성 발현이 정확한 주요 바이러스 분리주를 확보하여 야 효과적인 저항성 검정이 가능하다. 2002년과 2004년에 조사된 결과는 이미 보고하였으나(Choi 등, 2005), 2005년과 2006년에 조사된 4년간의 결과를 종합하여, 연차 별로 전국적인 고추 바이러스 발생률, 바이러스 종류 및 감염형태에 대하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

조사지역. 고추에 발생하는 바이러스의 종류와 병징을 조사하기 위하여 전국 52개 지역에서 바이러스 병징을 나타내는 시료를 채집하였다. 조사지역은 경기도 안양, 화성, 수원, 강화, 파주, 연천; 강원도 춘천, 양양, 평창, 정선, 영월; 충청남도 청양, 부여, 당진, 서산, 천안, 대전; 충청북도 괴산, 보은, 제천, 청주, 충주; 전라남도 신안, 화순, 무안, 해남, 장흥; 전라북도 군산, 부안, 영광, 익산, 고창, 순창, 임실, 무주; 경상남도 진주, 하동, 창녕, 밀양, 창원, 거제, 함양, 합천; 경상북도 영주, 안동, 영양, 의성, 영천, 상주, 대구이었다.

시료 채집. 고추 잎에 나타난 바이러스 병징을 육안조사하고 포장 별로 약 10-15점씩 채집하였으며 한 지역에서 3-5개 포장에서 채집하였다. 바이러스 감염 양상조사를 위하여 진단한 시료 수는 2002년에는 경기, 강원, 충청남북, 전라남북, 경상남북 17개 지역에서 523점, 2004

년에는 전라남북, 경상남북 14개 지역에서 533점, 2005년에는 경기, 전라남북 9개 지역에서 291점, 2006년에는 충청남북, 경상남북, 제주 12개 지역에서 340점이었으며, 4년간 총 1,687점이었다.

전자현미경 검정. 포장에서 채집한 고추 이병시료와 인공 접종한 지표식물에 대하여 병징 형태별로 투과 전자현미경 검정을 하였다. 전자현미경 검정은 딥(Quick-DIP) 방법과 미세조직 검정을 하였다. 딥 방법은 염색액(2% PTA) 한 방울에 이병엽 시료 조각을 몇 번 살짝 담그고 난 후 염색액을 제거한 후 건조시켜 검정을 하였다. 세포 미세구조 검정을 위해서는 이병엽을 고정액(Karnovsky's fixative)에 60분 처리한 후 OsO₄로 후 고정하고 세척한 후 알코올(Ethanol)을 이용하여 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%, 6단계로 차례로 30분씩 탈수시킨 후 LR White를 이용하여 포매하여 굳힌 후 초박절편기(RMC ultramicrotome)를 이용하여 60-80 nm 두께로 초미세절편을 만들어 이중 염색(Uranyl acetate, Lead citrate)한 후 전자현미경 검정을 하였다.

지표식물 검정. 고추에 발생한 병징 중에서 일반적으로 조사되지 않았던 병징을 나타낸 시료에 대하여 지표식물 검정을 하였다. 바이러스의 생물적 특성인 병원성 조사를 위하여 명아주(*Chenopodium amaranticolor*), 담배(*Nicotiana glutinosa*) 등 20여종의 지표식물을 이용하였으며, 생육시키는 본 엽 2-3매의 유묘를 이용하였다. 바이러스 인공접종은 이병시료를 무게의 4배 0.01 M 인산완충액(pH 7.0)에 유발을 이용하여 마쇄 하였으며, 지표식

Table 1. Primer sequences of six pepper infecting viruses for RT-PCR

Virus ^a		Primer sequence	Product size (bp)
CMV	CTPALL-5	5'-YASYTTTDRGGTTC AATTCC-3'	960
	CTPALL-3	5'-GACTGACCATTTTAGCCG-3'	
BBWV2	BBCP2-S(3)5'	5'-AATGAAGTGGTGTCTCAACTACACA-3'	654
	BBCP2-R(4)3'	5'-TTTTGGAGCATTCAACCATTGGGA-3'	
TSWV	TSWV-NCP-S	5'-ATGTCTAAGGTTAAGCTCAC-3'	777
	TSWV-NCP-R	5'-TCAAGCAAGTCTGCGAGTT-3'	
PMMoV	PM317F	5'-ACAGTTTCCAGTGCCAATCA-3'	310
	PM317R	5'-AAGCGTCTCGGCAGTTG-3'	
TMGMV	CPTMG-S	5'-TCGAGTACGTTTTAATCAAT-3'	524
	CPTMG-R	5'-ATTTTAGGAAATCTCACAAC-3'	
PepMoV	PepCP-S	5'-AAGATCAGACACATGGA-3'	310
	PepCP-R	5'-CAAGCAAGGGTATGCATGT-3'	
PepMoV	PeMV-F	5'-GATGCGTATGCCAAAACAAAAGA-3'	594
	PeMV-R	5'-TGGTGTGGCGCTCTGTGTTT-3'	

^aCMV, Cucumber mosaic virus; BBWV2, Broad bean wilt virus; TSWV, Tomato spotted wilt virus; PMMoV, Pepper mild mottle virus; TMGMV, Tobacco mild mottle virus; PepMoV, Pepper mottle virus.

물에 카보렌덤을 뿌리고 즙액을 인공접종 하였고 접종 후 즉시 수돗물로 씻어 내었다. 병징조사는 병징이 나타난 후 2-3주 후까지 조사하였다.

유전자 진단. 채취한 시료로부터 total RNA를 분리하여 진단에 이용하였다. 세계적으로 고추에 발생하여 피해를 주는 주요 바이러스인 오이모자이크바이러스(*Cucumber mosaic virus*, CMV), 잠두위조바이러스(*Broad bean wilt virus 2*, BBWV2), 고추모틀바이러스(*Pepper mottle virus*, PepMoV), 고추연한모틀바이러스(*Pepper mild mottle virus*, PMMoV), 담배연한모자이크바이러스(*Tobacco mild green mottle mosaic virus*, TMGMV), 토마토반점위조바이러스(*Tomato spotted wilt virus*, TSWV) 등에 대하여 특이 프라이머를 제작하여 RT-PCR을 하였다. 유전자 진단에 사용한 프라이머는 Table 1에서 보는 바와 같다. PepMoV 진단에 사용한 프라이머는 2002년과 2004년 시료는 증폭산물이 310 bp인 프라이머를 사용하였으며, 2005년과 2006년 시료에 대하여는 증폭산물이 594 bp인 프라이머를 사용하였다. RT-PCR을 위한 바이러스 조합은 CMV+BBWV2 복합진단, PMMoV+TMGMV 복합진단을 하였으며, TSWV와 PepMoV는 단독으로 RT-PCR을 하였다.

유전자 진단을 위한 핵산증폭은 48°C, 45분; 94°C, 2분; <94°C, 30초; 50°C, 30초; 72°C, 1분> 35 cycles; 72°C, 7분 처리하였다. 고추 이병시료에서 전체 핵산 분리는 시판되고 있는 RNeasy Plant Mini Kit(Qiagen®)를 이용하였다.

결과 및 고찰

단독감염과 복합감염 발생률. 고추에 감염하는 바이러스 6종의 단독 및 복합감염 형태별 발생률을 보면(Table 2) 단독감염은 2002년 72.4%이었으나 감소하여 2005년과 2006년에는 약 37%이었다. 그러나 복합감염은 2002년에 25.1%에서 2005년과 2006년에 각각 51%와 54%로 고추 바이러스 발생형태의 절반 정도가 복합감염이어서 고추 바이러스 피해 발생의 중요한 원인으로 생각된다. 4년간 평균 발생률을 보면 단독감염이 54%, 복합감염이 39.3%

Table 2. Occurrence of virus diseases by single and mixed infection

Infection type	Infection rate (%) in				
	2002	2004	2005	2006	Average
Single infection	72.4	69.6	36.8	37.1	54.0
Mixed infection	25.1	27.2	50.8	54.1	39.3
Unidentified virus infection	2.5	3.2	12.4	8.8	6.7

이었다.

2002년 이 등(2005)에 따르면 고추 바이러스 전국 조사의 경우 단독감염이 38.8%이었으며 복합감염이 61.2%로 본 조사결과와 비교할 때 많은 차이가 발생하였으나, 김 등(1990)에 따르면 1980년대 조사 결과 고추에 발생하는 바이러스의 종류가 CMV와 PMMoV 두 종류만이 발생하였고, 단독감염이 64.7%이었으며 복합감염이 25.0%로 조사 년도에 따라 단독감염과 복합감염 발생률이 달랐다. 이와 같은 결과의 차이로 시료 채집 시기와 장소가 매우 중요함을 알 수 있고 따라서 고추 바이러스의 발생조사는 지속적이며 광범위한 지역에서 이루어지는 것이 매우 중요한 것으로 생각된다

단독감염 및 발생률. 2002년과 2004년부터 2006년까지 4년간 전국 52개 지역 고추 재배지역에서 바이러스 병징을 나타내는 이병물을 채집하여 전자현미경 검경 및 RT-PCR 진단을 하였으며, 특이한 병징을 나타내었던 시료와 유전자 진단과 일치하지 않는 시료는 생물검정을 통하여 분류동정하였다. 고추에 발생하는 주요 바이러스 6종에 대한 단독감염 조사결과는 Fig. 1과 Table 3에서 보

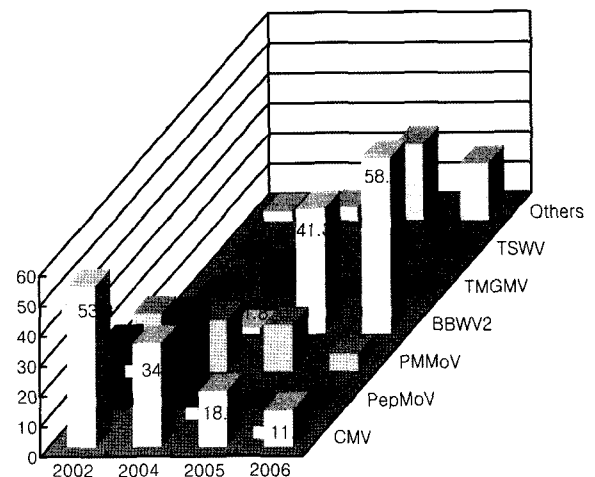


Fig. 1. Occurrence of viruses infected singly on peppers.

Table 3. Occurrence of pepper infecting viruses in the single infection

Virus	Infection rate (%) in				
	2002	2004	2005	2006	Average
CMV	53.3	34.2	18.2	11.9	29.4
PepMoV	22.2	31.4	0.0	0.6	13.6
PMMoV	19.1	17.0	15.4	5.6	14.3
BBWV2	1.3	1.8	41.3	58.1	25.6
TMGMV	0.8	9.5	0.0	0.0	2.6
TSWV	0.0	1.3	0.0	2.5	1.0
Unidentified	3.3	4.4	25.2	18.8	12.9

는 바와 같다.

CMV의 발생률은 2002년에 53.3%, 2004년에 34.2%로 가장 많이 발생한 중요한 바이러스이었으나, 2005년에 18.2%, 2006년에 11.9%로 현저히 감소하였다. 그러나 BBWV2 발생률은 2002년 1.3%, 2004년 1.8%로 매우 낮았으나, 2005년 41.3%, 2006년 58.1%로 급격히 증가하여 고추 바이러스 중 CMV와 함께 중요한 바이러스로 대두되었다. 한편 2002년과 2004년에 CMV 다음으로 중요하였던 PepMoV는 2005년과 2006년에 급격히 감소하여 BBWV2의 발생 증가와 연관성이 있을 것인지에 대한 검토가 필요할 것으로 생각된다. 2002년과 2004년 조사지역과 2005년과 2006년의 조사지역은 전국적으로 균일하지 않아 고추 진단시료의 지역적 편차가 발생할 수 있을 것으로 생각되나 이 등(2005)이 2002년 채집시료에 감염된 바이러스의 종류와 비교하면 단독감염의 경우 BBWV2와 CMV가 비닐하우스 재배 고추의 경우 각각 4.4%와 4.9%로 비슷하였으며 노지 재배 고추의 경우도 BBWV2가 23.5%, CMV가 24.0%로서 두 바이러스가 비슷하게 발생하였다고 보고하여 BBWV2의 발생 증가를 위한 전염원 능력은 존재하고 있었던 것으로 생각된다. 한편 PepMoV는 노지 고추에서 이 등(2005)의 보고와 같이 11% 정도로 CMV와 BBWV2 보다 낮게 발생하였으며 2006년에는 5.6%까지 적게 발생하여 전염원 능력이 적어지는 것으로 판단된다. Table 2에서 보면 단독감염 전체적인 평균 발생률은 CMV가 29.4%, BBWV2가 25.6%로 우리나라 고추 바이러스 단독 발생의 55%를 차지하였다. CMV와 BBWV2는 모두 진딧물에 의하여 전염하는 바이러스이며, 이 바이러스들의 1차 전염원은 포장 주위의 잡초 등으로 볼 수 있는데 이에 따른 발생 생태학적 연구가 심도 있게 이루어져야 할 것으로 생각된다. 본 연구에서 특히 BBWV2가 CMV 보다 급격히 발생이 증가한 원인에 대한 연구가 필요한 것으로 생각된다.

TMGMV는 경남 밀양지역에서 (Choi 등, 2005) 진주와 함안지역에서(이 등, 2005) 발생이 보고되어 있고, 토마토 반점위조바이러스(TSWV)는 서산 등 한정된 지역에서만 발생되어 우리나라 고추 전체 재배에 미치는 영향은 적다고 할 수 있겠다. 그러나 TMGMV는 병원성이 강하고 종자 및 토양전염하는 바이러스이므로 지속적인 모니터링이 필요하다. TSWV는 기주범위가 900여종의 식물에 달하는 병원성이 매우 강한 바이러스이며 총채벌레에 의하여 전염되는 국제적인 관리대상 바이러스이므로(Goldbach와 Peters, 1994) 이들 바이러스에 대하여도 금후 지속적인 모니터링이 필요할 것이다. TSWV는 우리나라에 2003년에 최초로 보고된 이후에(Kim 등, 2004) 2004년과 2005

년에는 안양지역에 대 발생하였고(조 등, 2005) 2006년 현재 전국 10개 지역 20종의 식물에 감염하여 피해를 일으키고 있다(미발표 자료). 또한 TSWV가 고추에 강한 병원성을 나타내며 매개충인 꽃노랑 총채벌레가 아주 잘 서식하므로 이에 대한 방제 대책이 필요하다. 한편 1980년대 우리나라 고추에 발생하는 바이러스 중 가장 중요한 Tobamovirus인 TMV가 비닐하우스 재배나 노지재배의 경우나 모두 75~95% 높게 발생하였으나 2002년에는 PMMoV(고추에 발생하는 TMV로 재명명됨)가 노지 재배 경우 10.4%, 비닐하우스 재배 경우 38.1% 발생하여 비닐하우스 재배의 경우에는 지역 또는 농가에 따라서 중요한 바이러스로 생각되었다. 그러나 전체적으로는 종자의 건전화 및 플러그 육묘에 의한 접촉전염 회피 등의 요인에 따라서 현저히 피해가 감소하는 것으로 생각된다.

본 시험에서 조사되지 않았으나 우리나라 고추에 발생하는 바이러스에 대한 모니터링을 유전자 진단을 통하여 조사한 결과, PVY, ToMV가 매우 적지만 발생하고 있었다고 하여(이 등, 2005), 우리나라 고추에 발생하는 바이러스는 8종류로 생각된다. 한편 본 시험에서 분류동정되지 않은 7.1%의 미동정 바이러스는 전형적인 바이러스 병징을 나타내었지만, 전자현미경상에서 바이러스 입자 관찰이 되지 않았고, 유전자 진단에서도 검출되지 않았을 뿐만 아니라 일반 지표식물의 생물검정에서도 검출되지 않았다. 이와 같은 미동정 바이러스들에 대한 연구는 병징학적 연구와 함께 이 등(2005)이 보고한 미동정 11.5%와 같이 금후 이들 바이러스에 대하여 바이러스의 종류와 병원성에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

복합감염 및 발생률. 우리나라 고추에 발생하는 6종 바이러스의 복합감염 형태별 발생률은 Fig. 2와 Table 4에서 보는 바와 같다. 2002년에는 CMV+PepMoV 복합감염이 62.6%, CMV+PMMoV가 23.7%로 복합감염 형태 중

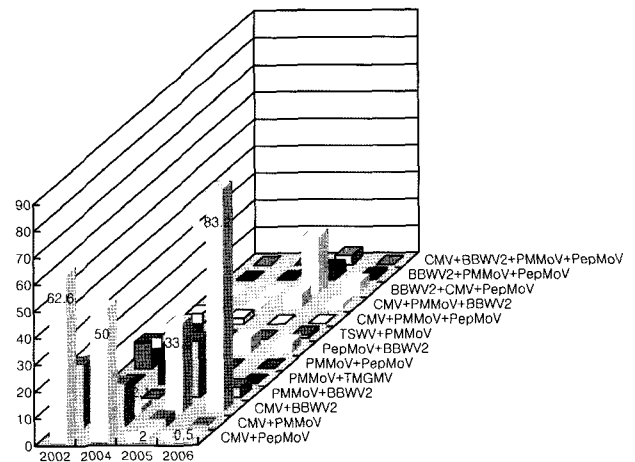


Fig. 2. Occurrence of viruses infected multiply on peppers.

Table 4. Occurrence of pepper infecting viruses by the types of mixed infection

Type of mixed infection	Infection rate (%) in				
	2002	2004	2005	2006	Average
CMV+PepMoV	62.6	50.0	2.0	0.5	28.8
CMV+PMMoV	23.7	16.2	3.4	0.5	11.0
CMV+BBWV2	0.0	2.1	33.3	83.2	29.7
PMMoV+BBWV2	0.0	0.0	21.1	3.8	6.2
PMMoV+TMGMV	0.0	13.4	0.0	0.0	3.4
PMMoV+PepMoV	9.9	12.7	0.0	0.0	5.7
PepMoV+BBWV2	0.0	4.9	6.1	3.8	3.7
TSWV+PMMoV	0.0	0.0	0.0	1.1	0.3
CMV+PMMoV+PepMoV	3.8	2.1	0.0	0.0	1.5
CMV+PMMoV+BBWV2	0.0	0.7	5.4	1.6	1.9
BBWV2+CMV+PepMoV	0.0	0.0	21.1	4.4	6.4
BBWV2+PMMoV+PepMoV	0.0	0.0	4.1	1.1	1.3
CMV+BBWV2+PMMoV+PepMoV	0.0	0.0	3.4	0.0	0.9

에서 가장 많이 발생하였으나 2005년부터는 CMV+BBWV2가 33.3%로 증가하였고 2006년에 83.2%로 급격히 증가하였다. 이와 같이 CMV와 BBWV2는 단독감염에서 뿐만 아니라 복합감염에서도 고추에 가장 많이 발생하여 피해를 주는 바이러스이었다. 4년간 발생한 복합감염 형태에 대한 평균으로 보면 CMV+PepMoV가 28.8%, CMV+BBWV2가 29.7%로 고추 바이러스 피해 발생의 중요한 원인의 하나로 생각된다.

바이러스 복합감염 중에서 2중 복합감염 이외에 3중 및 4종의 바이러스가 함께 복합감염되어 발생하고 있었으나 발생률은 0.3%에서 2.2%로 매우 낮아 이 등(2005)의 보고와 거의 같았다. 우리나라 고추에 발생하는 바이러스

복합감염 형태 중에서 3중 바이러스의 경우는 총 11.1% 발생하였으나 4중 모두의 복합감염은 2005년에만 3.4% 발생하였다.

우리나라 고추에 발생하는 바이러스 종류는 혈청학적 진단법을 통하여 조사한 결과 라 등(1972)은 CMV 등 5종, 임 등(1991)은 CMV 등 10종의 바이러스가 발생한다고 하였다. 그러나 김 등(1990)은 전자현미경, 혈청학적 검정, 생물검정 등을 통하여 조사한 결과 CMV와 TMV 및 미동정 바이러스가 발생한다고 하였다.

바이러스가 일으키는 병징 특성 또는 바이러스 입자의 형태로 볼 때 TSWV는 고추에서 다중 원형반점의 매우 특이한 병징을 유발하여 쉽게 발생 확인이 가능하며, AMV 또는 PVX 등은 바이러스 형태가 쉽게 구분이 가능하므로 이와 같은 바이러스 종류별 특성을 참고한다면 우리나라 고추에 발생하는 바이러스는 CMV, BBWV2, PepMoV, PMMoV, TSWV, TMGMV 6종이며, PVY, PVX 및 TEV 등은 생물학적 및 조직학적 검정 등 보다 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

CMV와 BBWV2에 의한 병징. 노지 고추에 발생한 CMV는 대부분 약한 모자이크 병징을 일으켰으며 생육 중 후기가 되면 심한 모자이크 및 기형 병징으로 변화되었다. BBWV2는 고추 잎에 퇴록반점을 일으키거나 퇴록 줄무늬병징을 일으키거나 병징이 진전되면 심한 단 원형 반점을 일으켰다(Fig. 3).

2중 이상의 바이러스가 복합감염 되면 단독감염 보다 대부분 병징 상승작용이 발생하는데 노지 재배 고추에서 CMV와 BBWV2가 복합감염된 경우에는 잎 전체가 퇴록되는 심한 병징을 보였다(Fig. 3). 이와 같은 황화증상은 여러 지역에서 조사되어 전국적으로 발생하는 CMV와



Fig. 3. Symptoms of severe mosaic and malformation were induced by *Cucumber mosaic virus* (CMV) (left) and the chlorotic spots and single ring spots were occurred by *Broad bean wilt virus 2* (BBWV2) (center), and the mixed virions of CMV and BBWV2 caused leaf chlorosis with ring spots (right).

BBWV2 복합감염의 결과로 나타난 병징상승작용으로 생각된다. 고추에 감염하는 Potyvirus와 Tobamovirus를 고추 유묘에 단독 및 복합으로 인공접종 한 결과 괴저병징 또는 심한 위축의 병징상승 작용이 나타나 피해가 커지게 되는데(Kim 등, 2005) 이와 같이 고추 포장에서 발생하는 복합감염 형태별 피해발생 정도에 대한 복합감염 형태별 병징상승 작용 발생기작 연구가 필요한 것으로 생각되며 포장에서 25~60% 정도가 복합감염 형태로 감염되므로(Kim 등, 1990; 이 등, 2005) 병징학적인 연구와 함께 품종육성의 경우에도 내병성 육종에 참고하여야 할 것이다.

고추 과일에서의 병징을 보면 BBWV2에 감염된 파프리카는 불규칙한 큰 괴저 원형반점을 나타냈으며, 노지 붉은 고추의 경우에 큰 퇴색원형반점을 나타냈다(Fig. 4).

고추 잎과 과일에 나타나는 전형적인 원형반점 병징은 TSWV에 의하여 발생하는데 BBWV2 병징과 다른점은 매우 규칙적이며 단형 또는 복합형 원형반점이 명확하게

나타난다. 또한 원형반점 병징은 잎맥의 한계를 넘어서 원형반점을 형성하는 것이 대부분이다. 그러나 매우 희귀하게 잎맥 안에 한정되어 부정형 원형반점이 나타나기도 하며 괴저 원형반점이 나타나기도 하였다. 잎 뿐만 아니라 과일에서도 큰 괴저 원형반점을 나타냈었다(Fig. 5).

요 약

전국 52개 지역에서 2002년, 2004년에서 2006년, 4년간 고추 바이러스 이병물을 채집하여 바이러스 감염양상을 조사하였다. 감염된 바이러스 종류는 *Cucumber mosaic virus*(CMV), *Pepper mottle virus*(PepMoV), *Pepper mild mottle virus*(PMMoV), *Broad bean wilt virus 2*(BBWV2), *Tobacco mild green mosaic virus*(TMGMV), *Tomato spotted wilt virus*(TSWV) 6종이었다. CMV, PepMoV, PMMoV와 BBWV2의 발생률은 각각 29.4%, 13.6%, 14.3%, 25.6%이었다. TMGMV와 TSWV의 발생률은 1.0%로 매우 낮

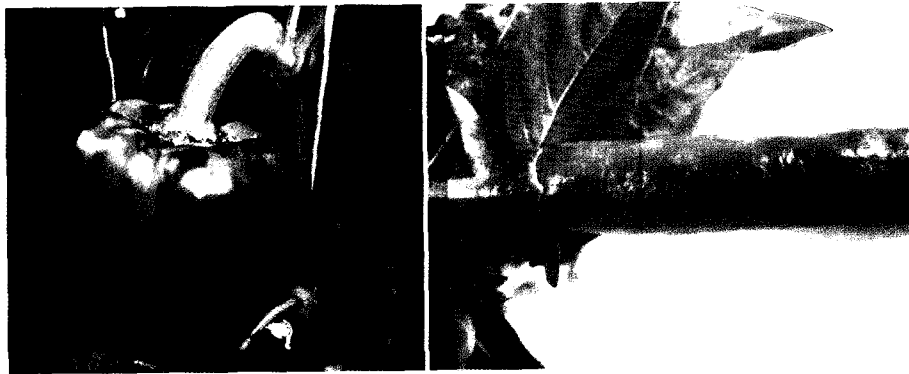


Fig. 4. Symptoms of irregular necrotic ring spot on 'Paprika' pepper (left) and chlorotic large ring spots on the fruits of red pepper (right) were induced by *Broad bean wilt virus 2* (BBWV2).

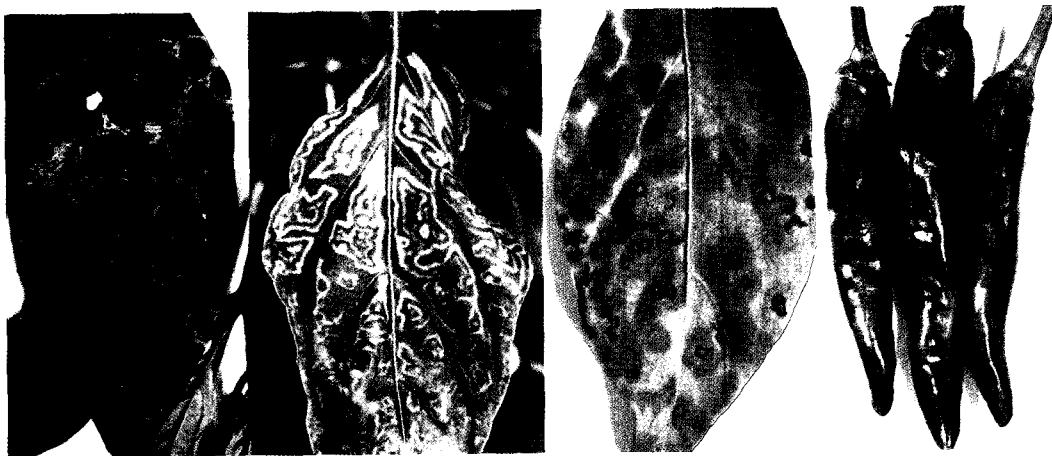


Fig. 5. *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) induced the typical multiple ring spots over all leaf vein (far left), the irregular multiple ring spots confined main leaf veins (center left), the necrotic ring spot (center right) and the large necrotic ring spots on fruits (far right).

았다. 2002년과 2004년의 CMV 발생률은 53.3%와 34.2%로 가장 높았으나 2005년과 2006년에는 18.2%와 11.9%로 감소하였다. BBWV2의 발생률은 2002년에 1.3%, 2004년에 1.8%로 낮았으나, 2005년에 41.3%, 2006년에 58.2%로 크게 증가하였다. CMV+BBWV2의 발생률은 2002년에 0.0%, 2004년에 2.1%이었으나 2005년과 2006년에 각각 33.3%와 83.2% 증가하여 BBWV2의 단독감염과 함께 복합감염에서도 급격히 증가하였고 CMV+BBWV2+PepMoV의 삼중 복합감염률은 평균 6.4%이었다. CMV는 고추 잎에 심한 모자이크병징, BBWV2는 원형반점 병징을 일으키며, CMV와 BBWV2의 복합감염 경우에는 퇴록병징을 일으켰다. TSWV는 고추 잎과 과일에 전형적인 다중 원형반점을 일으켰다.

감사의 글

이 논문은 농촌진흥청 바이오그린 21 과제로 수행하였으며 이에 감사를 표합니다.

참고문헌

Choi, G. S., Kim, J. H., Lee, D. H., Kim, J. S. and Ryu, K. H. 2005. Occurrence and distribution of viruses infecting pepper in Korea. *Plant Pathol. J.* 21(3): 258-261.
Goldbach, R. and Peters, D. 1994. Possible causes of emergence

of tospovirus disease. *Seminars of Virology* 5: 113-120.
조점덕, 김정수, 김진영, 김재현, 이신호, 최국선, 김현란, 정봉남. 2005. 채소류의 토마토반점위조바이러스 발생과 병징(1). *식물병연구* 11(2): 213-216.
조점덕, 이신호, 김정수, 최국선, 김현란, 정봉남, 류기현. 2006. 고추에 엽맥퇴록을 일으키는 오이모자이크바이러스(CMV-VCH)의 특징. *식물병연구* 12(3): 226-230.
Kim, D. H., Cho, J. D., Kim, J. H., Kim, J. S. and Cho, E. K. 2005. Ultrastructural characteristics of necrosis and stunt disease in red pepper by the mixed infections of *Tobacco mosaic virus-U1* and *Pepper mild mottle virus* and *Pepper mottle virus*. *Plant Pathol. J.* 21(3): 252-257.
Kim, J. H., Choi, G. S., Kim, J. S. and Choi, J. K. 2004. Characterization of *Tomato spotted wilt virus* from paprika in Korea. *Plant Pathol. J.* 20(4): 297-301.
Kim, J. S., Kim, S. K., Choi, G. S. and Lee, M. W. 1990. Virus disease incidence and symptom appearance in red pepper. *Korean J. Plant Pathol.* 6(1): 125-132.
강광윤, 최정일, 라용준. 1973. 우리나라에 발생하는 고추의 바이러스 분리동정. *한국원예학회지* 13: 35-43.
라용준, 최정일, 강광윤. 1972. 혈청학적 방법에 의한 고추의 바이러스병 감염상 조사. *식물학회지* 15: 23-27.
이수현, 이재봉, 김상목, 최홍수, 박진우, 이준성, 이기운, 문제선. 2005. 시설 및 노재 재배 고추의 바이러스병 발생 분포. *식물병연구* 10(4): 231-240.
임경환, 정봉구, 윤진영, Sylvia K. Green. 1991. ELISA test를 이용한 우리나라 고추 바이러스의 종류와 분포에 관한 조사. *한국식물병리학회지* 7(4): 251-256.