

## 성주지역 참외 바이러스병의 발생실태와 전염생태

박석진<sup>1,4</sup> · 이중환<sup>2</sup> · 남문<sup>1</sup> · 박충열<sup>1</sup> · 김정선<sup>1</sup> · 이주희<sup>1</sup> · 전은숙<sup>1</sup> · 이준성<sup>1</sup> · 최홍수<sup>1</sup> ·  
김정수<sup>1</sup> · 문제선<sup>3</sup> · 김흥기<sup>4\*</sup> · 이수현<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>국립농업과학원 작물보호과, <sup>2</sup>경상북도농업기술원 농업환경연구과,  
<sup>3</sup>한국생명공학연구원 식물시스템공학연구센터, <sup>4</sup>충남대학교 응용생물학과

## Virus Disease Incidences and Transmission Ecology of Oriental Melons in Seongju Area

Seok Jin Park<sup>1,4</sup>, Joong-Hwan Lee<sup>2</sup>, Moon Nam<sup>1</sup>, Chung Youl Park<sup>1</sup>, Jeong-Seon Kim<sup>1</sup>, Joo-Hee Lee<sup>2</sup>,  
Eun-Suk Jun<sup>1</sup>, Jun-Seong Lee<sup>1</sup>, Hong-Soo Choi<sup>1</sup>, Jeong-Soo Kim<sup>1</sup>, Jae-Sun Moon<sup>3</sup>,  
Hong Gi Kim<sup>4\*</sup> and Su-Heon Lee<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

<sup>2</sup>Department of Agricultural Environment, Gyeongbuk Agricultural Technology Administration, Daegu 702-708, Korea

<sup>3</sup>Plant Systems Engineering Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology,  
Daejeon 305-333, Korea

<sup>4</sup>Department of Applied Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

(Received on September 5, 2011; Revised on October 6, 2011; Accepted on October 7, 2011)

Throughout the years 2008 to 2010, we analyzed approximately two thousand oriental melon samples collected from Seongju, using electron microscopy and testing by RT-PCR using primers specific for eight cucurbit-infecting viruses. Data from RT-PCR indicated that *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV), *Watermelon mosaic virus 2* (WMV2) and *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) were present and the other viruses were not detected. Among them, CGMMV and WMV2 were the most prevalent pathogens. CGMMV was thought to infect oriental melon from the early growing season, and reached nearly 100% in the later of growing period. Otherwise, WMV2 emerged from June, several months later compared to CGMMV. CGMMV was detected from all aerial parts of the oriental melon including seeds, but not from the roots of the grafted pumpkin rootstock. Seed of two out of five commercial varieties were shown to be CGMMV positive. Nine varieties of pumpkins used as rootstocks were not infected with CGMMV. When the seedlings of grafted oriental melon were transplanted into pots mixed with the oriental melon debris infected with CGMMV, they were not infected by CGMMV. Cutting of pruning shear and the contact of tendrils contributed 48% and 30% to the transmission of the virus, respectively.

**Keywords :** Incidence, Oriental melon, Transmission ecology, Virus disease

## 서론

참외(*Cucumis melo*. L)는 1년생 식물로서 국내 재배면

적은 6,472 ha이며, 연간 약 4,600억 원의 생산액을 지닌 경제적으로 중요한 채소작물이다. 참외는 우리나라에서 성주지역을 중심으로 연중 시설재배 되고 있으며, 계속적인 연작으로 여러 가지 생리적 장애 및 바이러스와 선충을 포함한 병해충 등으로 고품질 과실의 안정적 생산이 위협받고 있다. 우리나라에서 박과 작물에서는 *Cucumber mosaic virus*(CMV), *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV), *Kyuri mottle mosaic virus*(KGMV), *Melon necrotic spot virus*(MNSV), *Papaya ringspot virus*(PRSV),

\*Corresponding author

(Phone) +82-42-821-5768, (Fax) +82-42-823-8679

(Email) hgkim@cnu.ac.kr

\*\*Corresponding author

(Phone) +82-31-290-0432, (Fax) +82-31-290-0406

(Email) suheon@korea.kr

*Squash mosaic virus*(SqMV), *Watermelon mosaic virus 2* (WMV2), 그리고 *Zucchini yellow mosaic virus*(ZYMV) 8종이 보고되어 있다(Choi 등, 2003; Cho 등, 2005; Jin 등, 2003; KSPP, 2009; Lee 등, 1990; Lee 등, 2000; Lee와 Lee, 1981; 1992). 참외에서는 CGMMV의 발생보고(Kim 등, 2008)와 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)을 통하여 WMV가 총매전염 된다는 연구결과(Lee와 Lee, 1981) 등의 단편적인 보고만 있으며, 아직까지 참외에서 어떠한 바이러스가 얼마나 발생하며, 어떠한 전염생태 가지고 있는지 파악하지 못하고 있다. 또한 1998년 수박에서 CGMMV의 대발생 이후 종자관련 민원이 계속되고 있으며, 특히 2007년 참외에서 CGMMV의 대발생으로 인하여 농민과 종묘회사의 소송이 아직도 진행 중에 있다. 본 연구에서는 참외의 생산량 감소 및 고품질 생산의 제한요인이 되는 바이러스 병에 대한 근본적인 방제대책을 수립하기 위하여 참외 주산지인 경북 성주 지역으로부터 시료를 채집분석하여 바이러스를 동정하고 발생양상 및 전염생태 등을 구명하였다.

## 재료 및 방법

**바이러스 시료 수집.** 참외에 발생하는 바이러스의 종류, 발생정도, 전염생태 등을 조사하기 위하여 참외 최대

생산지인 성주지역에서 생육시기별로 과실 및 식물체를 채집 또는 구매하였다. 생육초기에는 바이러스 증상이 의심되는 참외의 잎 조직과 과일을 주로 채집하였으며, 본격적인 과실 수확이 이루어지는 생육중기 이후에는 경매장에서 지역별로 과실을 무작위로 구매하여 바이러스 발생양상을 분석하였다. 본 연구에서는 2008년에 511점, 2009년에 660점, 2010년에 806점의 참외 시료를 채집하여 분석에 사용하였다.

**전자현미경 검정.** 채집한 시료는 direct negative staining 방법으로 바이러스 입자를 관찰하였다. Formvar 막을 씌운 200 mesh 그리드(grid)에 2% phosphotungstic acid(pH 7.2)를 한 방울 떨어뜨리고, 식물조직의 절단면을 침지해 1분간 놓아둔 후 여액을 여과지로 제거한 후 투과전자현미경(Carl Zeiss LEO912AB, Germany)으로 바이러스 입자를 관찰하였다.

**전체 RNA 분리 및 RT-PCR 검정.** RT-PCR 주형(template)으로 사용하기 위하여 식물체 50 mg으로부터 전체 RNA를 분리하였다. 전체 RNA는 easy-spin RNA extraction kit(Intron, Korea)을 이용하여 공급자 매뉴얼에 따라 30~50  $\mu$ l의 전체 RNA를 추출하였다. RT-PCR은 Fast RT-PCR kit(Plutos, Korea)를 이용하여 one step으로 수행하였으며, 매뉴얼에 따라 분리한 전체 RNA 1  $\mu$ l, 25 pmole 업스트림(upstream)과 다운스트림(downstream) 프라이머

**Table 1.** Primers used for the detection of viruses in this study<sup>a</sup>

Virus	Primer <sup>b</sup>	Sequence (5'-3')	Product size (bp)
CMV	CMR3-C30(-)	CCACACGGTAGAATCAAAT	850
	CMR3-N40(+)	GCTCGCCTGTTGAAGTCGCA	
CGMMV	CGMM-C60(-)	AATTAAGTAAAAGTCCTGACG	609
	CGMM-N30(+)	ATGGAACGTACCGGAATC	
KGMMV	KGMM-C20(-)	CTTACGCCAGCATGTCGTCACA	376
	KGMM-N60(+)	AGTCGCGCATTGCTGCTTTGAT	
MNSV	MNS-C60(-)	GAGGCAACATTTTCGTACTGAGG	229
	MNS-N40(+)	AAAGCGTTATTACTAGGATTGAC	
PRSV	PRS-C60(-)	AGACTCAGAGAACTCGAAT	693
	PRS-N40(+)	CAATTTGAGAAGTGGTATGAG	
SqMV	SqM-C60(-)	CCAGCCACTTCAAAGTCTTCCATA	480
	SqM-N40(+)	GATGGTTCGTACGCCCTTAGA	
WMV2	WM2-C20(-)	CTTATAACGACCCGAAATGCTA	321
	WM2-N50(+)	AGTCCGTATATGCCTAGAT	
ZYMV	ZYM-C10(-)	AGGCTTGCAAACGGAGTCTAAT	510
	ZYM-N50(+)	TATATAGAGATGAGAAATGCAGA	

<sup>a</sup>The primers were selected after the alignment of the nucleotide sequence from the known isolates of each of virus.

<sup>b</sup>(-), downstream primer; (+), upstream primer.

각각 1  $\mu$ l, 증류수 7  $\mu$ l를 역전사효소, DNA 중합효소 그리고 dNTP mix가 포함된 2 $\times$  premixture에 첨가하였다. 역전사(reverse transcription) 반응은 42°C에서 30분간, 95°C에서 5분간 변성시켰으며, PCR 반응은 94°C 45초, 55°C 60초, 72°C 90초로 40회 증폭시켰으며, 마지막에는 72°C에서 5분간 처리하였다. RT-PCR 진단에 사용된 프라이머는 Table 1과 같다. RT-PCR 산물은 0.5 $\times$  TBE 버퍼를 이용하여 1% 아가로스 겔에서 전기영동하여 ethidium bromide로 염색하여 확인하였다.

**바이러스 존재부위 및 대목용 호박의 병원성 조사.** 참외 조직별 CGMMV 감염 여부를 알아보기 위하여 대목용 호박을 접목한 참외 20주에 CGMMV를 잎에 접종한 후 각각 잎, 줄기, 과실, 뿌리 조직을 채취하여 RT-PCR 진단을 실시하였다. 종자는 CGMMV에 감염된 과실로부터 종자 150점을 채종하여 배와 배를 제외한 부분으로 나누어서 CGMMV 존재 여부를 RT-PCR로 진단하였다. 대목용 호박의 병원성 조사를 위하여 현재 시판되고 있는 참외 대목용 호박 9품종과 대조구인 참외에 CGMMV를 접종한 후 진단하였다. CGMMV 접종은 감염된 잎 조직을 0.01 M phosphate buffer, pH 7.0(1:10, w/v)과 silicon carbide (400 mesh, ALDRICH)을 이용하여 접종하였다.

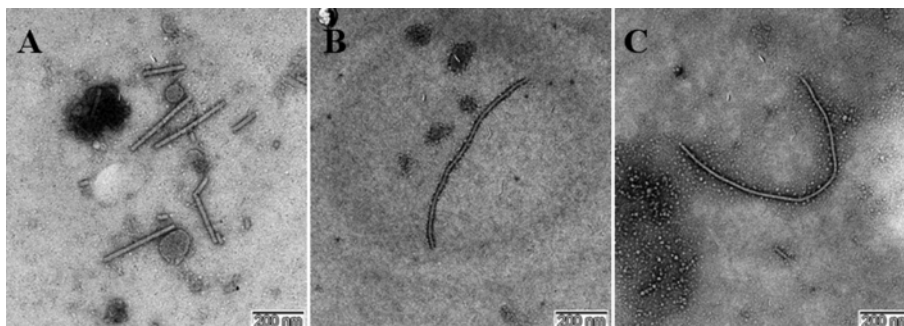
**시판 참외 종자와 유묘의 CGMMV 감염 여부 조사.** 2009년에 3곳의 종묘회사로부터 판매되는 5개의 참외 품종을 구입하였다. 구입한 시판종자는 각 품종마다 30립을 무작위로 선발하여 10립씩 전체 RNA를 추출하였다. 2010년 5월에 성주지역 두 참외 육묘장에서 각각 105주와 89주를 구입하여 참외 유묘의 CGMMV 감염 여부를 조사하였다. 이러한 시료들로부터 CGMMV 감염 여부는 전체 RNA를 추출하여 RT-PCR 방법으로 진단하였다.

**바이러스 전염 경로 조사.** 참외에서 CGMMV의 토양 전염 여부를 조사하기 위하여 CGMMV에 감염된 참외 식물체를 건조한 후 잘게 분쇄하여 상토와 1:20(w/w) 비율로 혼합한 다음 15 $\times$ 20 cm(W $\times$ H) 포트를 사용하여 대

목용 호박이 접목된 참외 유묘 50주를 정식하였다. CGMMV 감염 여부는 정식 20일 후 상엽을 채취하여 RT-PCR 진단으로 판정하였다. 전지가위를 통한 즙액 전염 여부를 조사하기 위하여 수확 및 적심 작업에 사용되는 농작업용 전지가위로 CGMMV에 감염된 식물체를 3번 절단하여 즙액을 묻힌 후 건전한 참외묘 50주의 잎자루를 절단하는 작업을 하였으며 처리 10일 후 감염 여부를 확인하였다. 또한 식물체간의 접촉 전염을 확인하기 위하여 건전한 참외 유묘 10주와 CGMMV에 감염된 참외 유묘 10주를 각각 30 cm 간격으로 이격시켜 정식한 다음 참외의 덩굴손이 접촉하게 유도하였다. 처리 20일 후 상엽을 수확하여 전염 여부를 확인하였다.

## 결 과

**참외에 발생하는 바이러스.** 수집한 참외 시료를 direct negative staining method에 의해 전자현미경으로 검경한 결과, 대부분의 시료에서 막대형 입자(Fig. 1A)와 사상형 입자(Fig. 1B, C)를 관찰할 수 있었다. 한편 다른 형태의 바이러스 입자는 direct negative staining method에 의해서는 관찰되지 않았다. 이를 보아 참외에 주로 발생하는 바이러스는 이 두 가지 형태의 바이러스일 것으로 판단되었다. 채집한 시료 1,977점을 박과에 발생하는 8종 바이러스(CGMMV, CMV, KGMMV, MNSV, PRSV, SqMV, WMV2, ZYMV)의 종 특이 프라이머를 이용하여 RT-PCR 진단을 수행하였다(Table 2). 진단결과, CGMMV가 1,580점(79.9%), WMV2가 358점(18.1%), 그리고 ZYMV가 6점(0.3%)의 시료에서 검출되었다. 또한 294점(14.9%)의 시료는 CGMMV, WMV2, ZYMV에 복합 감염되어 있었으며, 바이러스가 검출되지 않은 시료는 313점(15.8%)에 불과하였다. 본 RT-PCR 진단에서는 CGMMV, WMV2, ZYMV를 제외한 CMV, KGMMV, MNSV, PRSV, SqMV는 검출되지 않았다. 전자현미경과 RT-PCR 진단 결과를



**Fig. 1.** Virus particles in oriental melons by EM (Samples have been negatively stained with phosphotungstic acid. Bar equals 200 nm). A, Rod-shaped virus; B and C, Filamentous virus.

**Table 2.** Results of RT-PCR detection for the oriental melon samples collected in Seongju

Year	Month collected	No. of samples	(% of infected)	Results of RT-PCR <sup>a</sup>									
				CG	W2	C	K	M	P	S	Z	Co-infection	Nd
2008	April	100	(95.0)	95	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	May	205	(47.3)	97	0	0	0	0	0	0	0	0	108
	July	160	(97.5)	128	118	0	0	0	0	0	0	105	4
	September	40	(50.0)	0	20	0	0	0	0	0	0	0	20
	October	6	(100.0)	6	6	0	0	0	0	0	0	6	0
2009	February	5	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	March	4	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	April	155	(81.3)	126	0	0	0	0	0	0	0	0	29
	May	220	(90.5)	199	0	0	0	0	0	0	0	0	21
	June	200	(99.5)	168	190	0	0	0	0	0	0	160	1
	July	70	(100.0)	70	9	0	0	0	0	0	0	9	0
2010	September	6	(100.0)	2	6	0	0	0	0	0	6	6	0
	April	444	(100.0)	443	2	0	0	0	0	0	0	1	0
	May	299	(61.2)	183	0	0	0	0	0	0	0	0	116
Total (%)	July	63	(100.0)	63	7	0	0	0	0	0	0	7	0
		1,977	(84.2)	1,580 (79.9)	358 (18.1)	0	0	0	0	0	6 (0.3)	294 (14.9)	313 (15.8)

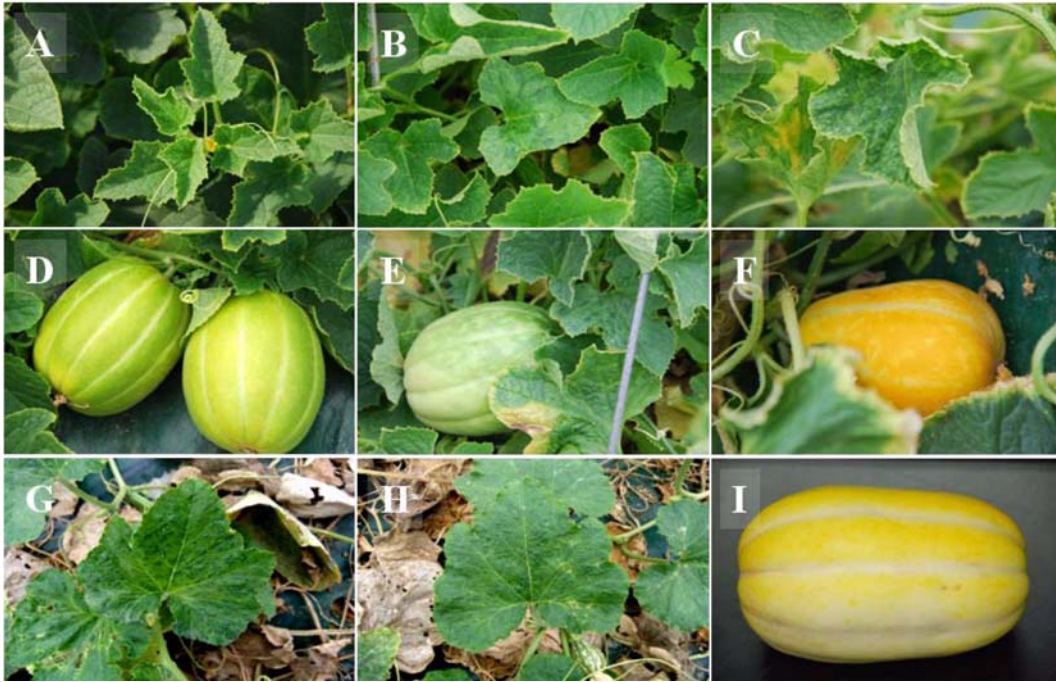
<sup>a</sup>CG, *Cucumber green mottle mosaic virus*; W2, *Watermelon mosaic virus 2*; C, *Cucumber mosaic virus*; K, *Kyuri green mottle mosaic virus*; M, *Melon necrotic spot virus*; P, *Papaya ringspot virus*; S, *Squash mosaic virus*; Z, *Zucchini yellow mosaic virus*; Nd, Not detected. The predominant viral diseases of the oriental melon are both CGMMV and WMV2. These results suggested that mechanical contacts of an avoidable farming process and aphid vectors from primary inocula such as infected seedlings and weeds may be important means of the high incidence of viral diseases.

종합해 볼 때, 막대형 입자는 모두 CGMMV로, 사상형 입자는 WMV2와 ZYMV로 확인되었다. 또한 CGMMV와 WMV2가 각각 79.9%, 18.1%로 대부분을 차지하는 것으로 보아 참외 주산지인 성주에서 발생하는 주요 바이러스는 CGMMV와 WMV2인 것으로 확인되었다.

**바이러스 발생시기.** 참외에 널리 발생하고 있는 두 바이러스, CGMMV와 WMV2의 발생 시기는 뚜렷한 차이를 보여 준다(Table 2). CGMMV는 4월경 수집한 시료에서부터 높은 감염률을 나타내었으며, 수확말기까지 대부분의 시료에서 검출되었다. WMV2의 경우는 6월경 수집한 시료에서부터 높은 검출률을 나타내었으며, 포장에 따라 발생정도는 많은 차이를 나타내었다. 즙액전염성이 강하고 종자전염이 가능한 CGMMV는 4월에 채집한 시료부터 매우 높은 감염률을 보이는 것으로 미루어 볼 때 종자전염으로 인한 소수의 감염주 또는 접목과 육묘과정에서 감염된 유묘로부터 3월에서 4월경에 수행되는 본격적인 농작업 과정에서 급격한 확산이 일어나는 것으로 판단된다. 이후 생육말기까지 계속되는 과실 수확작업과 식물체 접촉 등에 의하여 대부분의 참외가 CGMMV에 감

염되는 것으로 보인다. WMV2는 6월에서 7월 채집된 시료에서부터 검출되는 것으로 보아 본격적인 감염시기는 CGMMV 보다 2달 정도 늦은 5월경일 것으로 판단된다. 자연상태에서 WMV2는 진딧물에 의하여 전염되는 바이러스로 종자전염은 이루어지지 않는 것으로 알려져 있다 (Purcifull, 1984). WMV2의 확산시기는 진딧물의 활동시기와 밀접한 관련이 있으며, 일단 소수의 참외가 WMV2에 감염되면 CGMMV와 함께 농작업 과정에서 급격한 확산이 일어나는 것으로 보여 진다.

**바이러스 병징.** 건전한 참외의 경우 잎과 과실의 표면이 깨끗하지만 바이러스에 감염된 참외는 잎과 과실 등에 여러 가지 병징을 나타낸다(Fig. 2). CGMMV의 경우는 잎에 일반적으로 연한 얼룩증상(Fig. 2B)을 보이며 일부는 뚜렷한 얼룩(Fig. 2C)을 나타낸다. CGMMV에 감염된 미성숙 과실의 경우는 불규칙한 흰색 반점이 뚜렷이 나타나며(Fig. 2E) 노랗게 성숙이 되어도 많은 경우 얼룩무늬를 가지고 있다(Fig. 2F). 이러한 얼룩증상을 가지고 있는 과실을 농민들은 ‘예비군’이라 부르며, 최고품질의 과실에 비해 80% 가량 낮은 가격으로 유통되어 큰 피해



**Fig. 2.** Symptoms on oriental melon infected with *Cucurbit green mottle mosaic virus* (CGMMV), *Watermelon mosaic virus 2* (WMV2) and *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV). **A**, healthy leaf; **B** and **C**, leaf symptoms by CGMMV; **D**, healthy fruits; **E**, immature fruits infected with CGMMV; **F**, CGMMV infected fruit for the harvest season; **G** and **H**, WMV2 infected leaf; **I**, ZYMV infected fruit.

를 주고 있다. CGMMV에 감염된 참외의 경우 일반적으로 미성숙 과실에서 가장 뚜렷한 병징을 보인다. 그러나 미성숙 과실에 뚜렷한 병징을 보이더라도 잎에서는 병징이 보이지 않는 경우도 흔히 관찰된다. 또한 잎과 과실 모두에서 병징이 보이지 않았지만 CGMMV에 감염된 참외도 흔히 존재하고 있다. WMV2에 감염이 된 참외는 CGMMV와 비교할 때 잎에 더욱 뚜렷한 모자이크 증상이 보이며, 심한 경우 잎 표면에 굴곡증상을 나타낸다(Fig. 2G, H). 6월 이후 포장에서 많은 경우 CGMMV와 WMV2는 복합감염되어 있는데, 이 경우 단독감염보다 생육저하와 바이러스 병징은 심하게 나타난다. ZYMV에 감염된 과실의 경우는 CGMMV와 WMV2의 병징과는 구별되는 짙은 노란색 반점이 과실표면에 나타나는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 2I).

**생산지별 참외 과실의 바이러스 감염실태.** 참외 주산지 생산지별 바이러스 감염률을 조사하기 위하여 경매장에 출하된 과실의 지역에 따라 1,534점을 임의적으로 수집하여 RT-PCR로 진단하였다(Table 3). 과실 수집은 참외의 본격적인 수확이 이루어지는 4월에서 9월까지 이루어졌다. 진단결과, 전체 시료 중 89.3%가 바이러스에 감염되어 있었으며, 세부적으로는 CGMMV가 84.5%, WMV2가 22.2%, ZYMV가 0.4%의 시료에서 검출되었다. 그리

고 17.7%의 과실은 복합감염되어 있었으며, 복합감염의 형태는 CGMMV와 WMV2가 대부분을 차지하였다. 이러한 결과로 볼 때, 4월 이후 유통되는 대부분의 참외는 바이러스에 감염되어 있는 것으로 판단된다. 과실표면에 얼룩증상을 보이는 참외는 모두 바이러스 감염과실이었으며, 표면에 증상이 없음에도 불구하고 많은 경우 바이러스에 감염이 되어 있음을 확인하였다. 한편 CGMMV 감염으로 인하여 과실에서 얼룩증상을 제외한 다른 형태적 특징은 관찰되지 않았다. 지역별 바이러스 발생양상을 보면, CGMMV는 대부분 높은 발생률을 나타내었고 지역간 발생정도의 차이는 크지 않았다. 반면, WMV2는 CGMMV에 4분에 1정도의 발생률을 보였으며, 지역간 발생률은 0-100%로 매우 다르게 나타났다.

**참외 조직별 바이러스 존재양상 및 대목용 호박의 CGMMV에 대한 병원성.** 호박을 대목으로 사용한 참외 접목묘 상엽에 CGMMV를 접종하고 조직별로 RT-PCR 진단을 실시하였다(Table 4). 그 결과 잎, 줄기, 과실에서는 CGMMV가 100% 검출되었으나, 뿌리 조직에서는 검출되지 않았다. 이것은 지상부 식물체는 참외로서 CGMMV의 이동과 증식이 원활이 이루어지기 때문이며, 뿌리 조직은 호박으로 CGMMV가 증식할 수 있는 기주가 아니기 때문에 나타난 결과로 판단된다. 감염된 과실에서 채

**Table 3.** Virus infection rate of oriental melon fruits randomly collected at an auction market in Seongju

Year	Area	No. of samples	Infection rate (%)	Results of RT-PCR						
				CG <sup>a</sup> (%)	W2 <sup>b</sup> (%)	Z <sup>c</sup> (%)	CG+W2 (%)	W2+Z (%)	C+W2+Z (%)	Nd <sup>d</sup> (%)
2008 <sup>e</sup>	Byeokjin	40	36 (90.0)	25 (62.5)	27 (67.5)	0	16 (40.0)	0	0	4 (10.0)
	Chojeon	211	113 (53.5)	113 (53.5)	10 (4.7)	0	10 (4.7)	0	0	98 (46.5)
	Daega	40	40 (100.0)	39 (97.5)	40 (100.0)	0	39 (97.5)	0	0	0
	Seongju	175	141 (80.6)	112 (64.0)	46 (26.3)	0	17 (9.7)	0	0	34 (19.4)
	Yongam	20	19 (95.0)	19 (95.0)	10 (50.0)	0	10 (50.0)	0	0	1 (5.0)
	Subtotal	486	349 (71.8)	308 (63.3)	133 (27.4)	0	92 (18.9)	0	0	137 (28.2)
2009 <sup>f</sup>	Daega	204	196 (96.0)	196 (96.0)	26 (12.7)	0	26 (12.7)	0	0	8 (4.0)
	Byeokjin	40	40 (97.5)	29 (72.5)	39 (97.5)	0	28 (70.0)	0	0	0
	Baekjeon-ri	200	199 (99.5)	199 (99.5)	0	0	0	0	0	1 (0.5)
	Seongsan-ri	40	40 (100.0)	39 (97.5)	40 (100.0)	0	39 (97.5)	0	0	0
	Yesan-ri	20	20 (100.0)	14 (70.0)	20 (100.0)	0	14 (70.0)	0	0	0
	Daehwang-ri	6	6 (100.0)	2 (33.3)	6 (100.0)	6 (100.0)	0	6 (100.0)	2 (33.3)	0
	Wolhyang	20	20 (100.0)	20 (100.0)	16 (80.0)	0	16 (80.0)	0	0	0
	Yongam	60	56 (93.3)	46 (76.7)	56 (93.3)	0	46 (76.7)	0	0	4 (6.7)
Subtotal	590	577 (97.8)	545 (92.4)	203 (34.4)	6 (1.0)	169 (28.6)	6 (1.0)	2 (0.3)	13 (2.2)	
2010 <sup>g</sup>	Chojeon	458	444 (96.9)	443 (96.7)	4 (0.9)	0	3 (0.7)	0	0	14 (3.1)
Total (%)		1,534	1,370 (89.3)	1,296 (84.5)	340 (22.2)	6 (0.4)	264 (17.2)	6 (0.4)	2 (0.1)	164 (10.7)

<sup>a</sup>CG, *Cucumber green mottle mosaic virus*; <sup>b</sup>W2, *Watermelon mosaic virus 2*; <sup>c</sup>Z, *Zucchini yellow mosaic virus*; <sup>d</sup>Nd, Not detected. Sampling time : <sup>e</sup>2008, April–September; <sup>f</sup>2009, April–July; <sup>g</sup>2010, April–July.

**Table 4.** RT-PCR detection by tissue of the grafted oriental melons infected with CGMMV

Tissues	No. of samples	No. of detected (%)
Leaf	20	20 (100)
Stem	20	20 (100)
Fruit	20	20 (100)
Root <sup>a</sup>	20	0 (0)
Seed <sup>b</sup>	Testa	150 (100)
	Embryo	150 (2.7) <sup>c</sup>

<sup>a</sup>The tissues were originated from the root of pumpkins. Presently, pumpkins were generally used as a rootstock in the commercial cultivation of oriental melons.

<sup>b</sup>The seeds of oriental melon infected with CGMMV were dissected to testa and embryo.

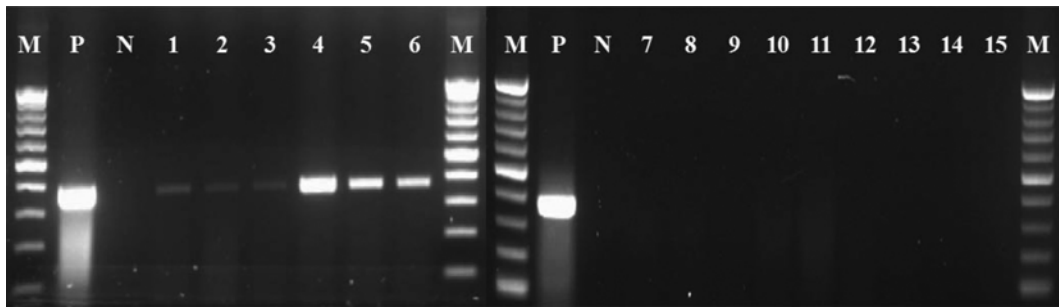
<sup>c</sup>It might be estimated to be detected by mechanical contamination in the process of dissection.

중한 종자를 해부하여 배와 배를 제외한 조직으로 구분하여 진단한 결과, 배를 제외한 조직에서는 CGMMV가 100% 검출되었으며, 배 조직에서는 150개의 시료 중에서 4개에서 CGMMV가 검출되었다. 이러한 배 조직에서의 CGMMV 양성반응은 종자를 해부하는 과정에서 기계적



**Fig. 3.** RT-PCR detection of the pathogenicity of CGMMV for nine rootstock varieties of pumpkins. M, size marker; lane 1, positive control (oriental melon); lane 2–10, pumpkin cultivars (lane 2, Kkotojwa; lane 3, Tuksimtojwa; lane 4, Sintojwa; lane 5, Sintohongto; lane 6, Elite-hobak; lane 7, Jeoktojwa; lane 8, Chingutojwa; lane 9, Tongtojwa-gold; lane 10, Teuktojwa).

오염으로 추측된다. 대목으로 이용되는 호박의 CGMMV에 대한 병원성을 조사하기 위하여 시판되고 있는 9품종의 대목용 호박에 CGMMV를 접종한 후 진단한 결과, 참외에서는 CGMMV가 검출된 반면, 9종의 대목용 호박에서는 CGMMV의 감염이 이루어지지 않았다(Fig. 3). 이를 보아 참외 대목용 호박은 CGMMV의 기주가 아닌 것으



**Fig. 4.** RT-PCR detection for the contamination of CGMMV of five varieties of commercial oriental melon seed. M, size marker; P, positive control; N, negative control; lane 1–3, 'A' variety of 'A' company; lane 4–6, 'A' variety of 'B' company; lane 7–9, a variety of 'C' company; lane 10–12, 'B' variety of 'A' company; lane 13–15, 'C' variety of 'A' company.

**Table 5.** RT-PCR detection of the seedlings of oriental melon purchased from two nurseries in Seongju in 2010<sup>a</sup>

Nursery	No. of seedling	Result of RT-PCR		Infection rate (%)
		CGMMV	WMV2	
A	105	91	0	86.7
B	89	44	0	49.4
Total	194	135	0	69.6

<sup>a</sup>Purchasing times : A, May 12th; B, May 26th.

로 확인되었다. 또한 대목용 호박이 접목된 참외의 뿌리에서 CGMMV가 검출되지 않았다는 Table 4의 결과와 일치한다. 이러한 결과들로 볼 때, 호박을 대목으로 사용한 참외의 경우 뿌리를 통한 CGMMV의 감염은 이루어지지 않기 때문에 토양으로의 전염은 불가능한 것으로 판단된다.

**시판 참외 종자와 유묘의 바이러스 감염양상.** 3개 회사에서 판매되는 참외 종자 5품종을 2009년 구입하여 CGMMV 오염여부를 RT-PCR로 진단한 결과, 2개 회사의 각각 1품종에서 CGMMV가 검출되었다(Fig. 4). 또한 2010년 5월경 성주에 소재하는 육묘장 2곳에서 각각 구입한 참외 유묘 194점을 RT-PCR 진단하였다. 그 결과, 86.7%와 49.4%의 유묘가 각각 CGMMV에 감염되어 있는 것으로 확인되었다(Table 5). CGMMV의 종자전염률은 오이에서는 최대 8%까지 수박에서는 5%까지 이르는 것으로 보고되어 있으나(Adams와 Antoniow, 2006), 참외에서 CGMMV의 종자전염율은 알려져 있지 않다. 본 조사에서 육묘장에서 구입한 유묘의 감염률이 이렇게 높게 나타난 것은 일부의 종자전염된 초기감염주로부터 접목과 육묘과정에서 급격한 확산이 일어나는 것으로 판단되며, 또한 참외에서의 종자전염이 다른 박과 작물보다 용이한 것으로 생각된다. 이러한 결과들은 현재 CGMMV의 대발생의 근본 원인과 건전종자의 중요성을 보여주는 결과로 생각된다.

**Table 6.** Tests of CGMMV transmission through soil, pruning shear and contact

Transmission methods	No. of samples	No. of infected (%)
Soil <sup>a</sup>	50	0 (0)
Pruning shear <sup>b</sup>	50	24 (48)
Contact <sup>c</sup>	10	3 (30)

<sup>a</sup>Soil was mixed with grinding oriental melon plants infected with CGMMV.

<sup>b</sup>Pruning shear was used for inoculation after cutting infected oriental melon plant three times.

<sup>c</sup>Contact transmission by the tendrils of infected plant.

#### 참외에서 CGMMV의 토양전염 및 접촉전염 조사.

CGMMV에 감염된 식물체를 분쇄하여 혼합한 토양에 호박을 접목한 참외 유묘를 정식하여 토양전염 여부를 조사한 결과, CGMMV의 토양전염은 전혀 이루어지지 않았다. 하지만 CGMMV에 감염된 참외 조직을 자른 전지가위를 통하여 48%의 감염이 이루어졌으며, CGMMV에 감염된 참외의 덩굴손을 통한 식물체간의 접촉으로 30%의 전염이 이루어졌다(Table 6). 이러한 결과로 볼 때, 전지가위와 같은 농기구를 통한 감염성 즙액의 접촉과 덩굴손 등의 식물체간의 자연스러운 접촉은 재배과정에서 늘 일어나는 것으로 참외에서 바이러스가 포장 전체로 확산되는 주요수단인 것으로 판단된다.

## 고 찰

본 연구는 2008년부터 현재까지 참외에 발생하는 바이러스의 종류, 발생 정도, 피해, 그리고 전염생태 등을 분석하여 종합적인 참외 바이러스병의 관리대책을 수립하고자 수행되었다. 참외 주산지에서 약 2,000점의 시료를 채집하여 분석한 결과 CGMMV, WMV2, ZYMV의 발생을 확인하였고, 국내 다른 박과 작물에 보고되어 있는(The

Korean Society of Plant Pathology, 2009) CMV, KGMMV, MNSV, PRSV, SqMV 등의 발생은 아직 없는 것으로 조사되었다. 현재 참외에서 가장 문제되는 바이러스는 CGMMV와 WMV2로 확인되었는데(Table 2), 이러한 양상은 박과 작물에서 수박의 바이러스 발생양상과 유사한 점을 보여준다. 최근 수박에는 MNSV의 발생이 보고되고 있는데(Kim 등, 2008), 종자전염과 토양전염되는 MNSV가 참외 주산지로 유입될 경우 연작으로 인한 치명적 피해가 예상됨으로 참외 종자의 위생관리와 멜론, 수박 등의 재배 농가로부터 MNSV의 확산에 유의하여야겠다.

참외 과실을 무작위로 구입하여 분석한 본 조사에서 바이러스병의 감염률은 예상과 다르게 약 90%에 달하였으며(Table 3), 참외 포장 대부분에서 바이러스병이 만연하고 있었다. 그러나 지금까지 여러 가지 이유로 참외의 바이러스 발병률은 낮게 인식되어져 왔다. 이러한 이유는 참외는 2층의 비닐하우스 내에서 동계기간부터 재배되므로 생육초기 정밀한 조사가 어려우며, 바이러스에 감염되었다 하더라도 잎의 경우 병징을 나타내지 않은 경우가 대부분이다. 실제로 CGMMV에 감염된 참외의 일부 미성숙 과실에서는 뚜렷한 병징을 나타내지만 잎과 성숙한 과실에서는 확실한 병징을 보이지 않는 경우가 일반적이다. 농업인 또한 뚜렷한 얼룩증상을 보이는 과실만 바이러스에 감염된 것으로 생각하기 때문에 바이러스병이 만연하고 있어도 인식하지 못하는 경우가 많아 바이러스로 인한 생육저하와 여러 가지 장애를 다른 요인으로 오인하여 부적절한 처방을 하고 있는 실정이다.

참외에서 바이러스병의 대발생 원인을 본 연구에서의 결과들로 볼 때 오염된 종자와 접목과 육묘과정 등에서 일부 유묘의 감염으로 시작되는 것으로 판단된다. 일반적으로 정식초기에는 매우 극소수의 감염주만 존재하며, 육안으로 이를 관찰하기는 힘들다. 이 시기는 감염성 즙액의 기계적 접촉이 거의 없으므로 바이러스의 확산도 거의 일어나지 않는다. 수박에서의 연구결과와 마찬가지로(Choi, 2001) 참외의 생육이 본격화되면 감염주로부터 순지르기 등의 농작업 방향으로 CGMMV의 확산이 일어나며, 덩굴손, 줄기, 잎 등의 접촉으로 인하여 CGMMV는 더욱 확산된다. 시기별 발생양상을 보면(Table 2), 4월부터 CGMMV의 감염률이 급격히 높아지는데, 이것은 앞에서 언급한 전염수단과 과실의 수확 등으로 소수의 감염주로부터 포장 전체로 급속히 확산된 결과로 생각된다. CGMMV는 생육초기부터 발생이 시작되지만 WMV2는 일반적으로 6월 이후에 주로 검출된다(Table 2). WMV2는 복숭아혹진딧물을 포함한 약 29종의 진딧물이 매개하는 바이러스로 알려져 있다(Brunt 등, 1996). 본 연구에서

6월 이후부터 채집한 시료에서 주로 검출된 WMV2는 전염 매개체인 진딧물이 5월 상순순에 겨울기주에서 여름기주로 이동한다는 보고(Shim 등, 1977), 진딧물의 발생이 6월에 급증한다는 보고(Vuong 등, 2001)와 발생양상이 일치하고 있다. 무작위로 수집한 참외 과실의 지역별 바이러스 감염양상을 보면(Table 3), CGMMV는 대부분 높은 감염률을 보이며 지역간 변차는 적다. 그러나 WMV2는 전체적으로 CGMMV 보다 낮은 감염률을 보이지만 지역간의 상당한 감염률의 차이를 보인다. 이것은 CGMMV는 종자전염과 육묘과정에서의 감염이 주원인으로 농가별로 매우 비슷한 발병 환경을 가지고 있고, WMV2는 농가별로 다양한 생태적 지리적 환경과 보독 진딧물의 전염환경을 가지고 있는 결과로 판단할 수 있다.

CGMMV는 1989년 수박에서 처음 발견되었으며(Lee 등, 1990), 1998년 중국에서 CGMMV에 오염된 대목용 박 종자의 유입으로 수박에 대발생하여 엄청난 피해를 입었다. 이후 수박에서 CGMMV의 종자전염과 토양전염으로 인하여 계속적인 발생과 여러 가지 민원으로 사회적으로 문제되었다(Choi 등, 2004). 참외에서도 2007년 성주 지역에 대발생하여 큰 피해를 끼쳤으며(Kim 등, 2008), 지금까지도 계속적인 발생과 민원을 야기하고 있다. 그러나 CGMMV의 근본적인 발생원인을 해석할 수 있는 전염상태에 관한 자료의 부족으로 적절한 대책을 수립하지 못하였다. 본 연구에서는 참외에서 대발생 원인을 해석하기 위하여 CGMMV의 토양전염 가능성과 시판종자의 바이러스 오염 여부를 조사하였다. 대목용 호박을 접목한 참외 유묘의 뿌리에서는 CGMMV가 검출되지 않는 점(Table 4)과 대목용 호박이 CGMMV에 감염되지 않는 점(Choi 등, 2009, Fig. 3), 시판 참외 종자의 일부가 CGMMV에 오염되어 있는 점(Fig. 4), 육묘장에서 구입한 참외 유묘의 높은 CGMMV 감염률(Table 5), 실제적인 토양전염과 접촉전염 조사(Table 6) 등을 종합적으로 고려할 때 참외에서 CGMMV 대발생의 근본원인은 토양전염이 아니라 CGMMV의 종자전염으로 초기전염원이 발생하고 육묘과정과 농작업과정의 접촉전염으로 전면적으로 확산되기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 결과에 따라 참외의 무병종자와 유묘 생산을 위한 기술적, 정책적 지원이 뒷받침되어야 할 것이며, 실용성 있는 접촉전염 차단 기술, 그리고 얼룩 과실 방지제 개발 등과 같은 기술개발이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## 요 약

참외 주산지인 성주에서 2008년부터 2010까지 약 2,000



점의 시료를 수집하였으며, 참외에 발생하는 바이러스를 동정하고 병 발생상태를 구명하기 위하여 전자현미경 검정과 박과 작물에 발생하는 8종의 바이러스, CGMMV, CMV, KGMMV, MNSV, PRSV, SqMV, WMV2, ZYMV의 종 특이적인 프라이머를 이용한 RT-PCR 방법으로 바이러스 감염 여부를 분석하였다. 그 결과 CGMMV, WMV2, ZYMV의 발병을 확인하였으며, 이외 5종의 바이러스는 발생하지 않는 것으로 조사되었다. 본 조사에서 성주 참외에서 발생하는 주요 바이러스는 CGMMV와 WMV2임이 확인되었다. CGMMV는 생육초기부터 발생하며 생육 후기에는 거의 대부분의 참외가 감염이 이루어졌다. 반면에 WMV2는 참외보다 몇 달 늦은 6월쯤에 발생이 이루어졌다. 이들 바이러스들은 최초 감염이 이루어지고 나면 생육하면서 급격히 확산되어 매우 높은 감염율을 나타내었다. CGMMV는 지상부 식물체 모든 조직에서 검출되었으나, 호박을 대목으로 사용한 뿌리 조직에서는 검출되지 않았다. 시판종자 5품종을 진단한 결과 3품종에서 CGMMV가 검출되었다. 참외의 대목으로 사용하고 있는 시판용 호박에 CGMMV를 접종한 결과, 바이러스에 감염되지 않았다. CGMMV에 감염된 참외 식물체를 분쇄하여 혼합한 토양을 통한 CGMMV의 전염은 확인할 수 없었으며, 덩굴손과 줄기와의 접촉, 전지가위를 통해서 각각 48%, 30%의 전염률을 나타냈다.

## Acknowledgements

This work was supported by the research grant (No. PJ0065192011) from National Academy of Agricultural Science (NAAS), Rural Development Administration and by 2011 Post Doctoral Course Program of National Academy of Agricultural Science (NAAS), Rural Development Administration, Republic of Korea.

## References

- Adams, M. J. and Antoniw, J. F. 2006. DPVweb: a comprehensive database of plant and fungal virus genes and genomes. *Nucleic Acids Research* 34, Database issue, D382–D385.
- Brunt, A. A., Crabtree, K., Dallwitz, M. J., Gibbs, A. J., Watson, L. and Zurcher, E. J. (eds.) (1996 onwards). *Plant Viruses Online: Descriptions and Lists from the VIDE Database*. Version: 20th August 1996. URL <http://biology.anu.edu.au/Groups/MES/vide/>.
- Cho, J. D., Kim, J. S. and Kim, J. H. 2005. *Papaya ring spot virus* inducing vein banding on melon in Korea. *Plant Pathology J.* 21: 426. (abstract)
- Choi, G. S. 2001. Occurrence of two tobamovirus diseases in cucurbits and control measures in Korea. *Plant Pathology J.* 17: 243–248.
- Choi, G. S., Kim, J. H. and Kim, J. S. 2003. Characterization of *Melon necrotic spot virus* Isolated from Muskmelon. *Plant Pathology J.* 19: 123–127.
- Choi, G. S., Kim, J. H. and Kim, J. S. 2004. Soil transmission of *Cucumber green mottle mosaic virus* and its control measures in watermelon. *Res. Plant Dis.* 10: 44–47. (In Korean)
- Choi, G. S., Lee, J. A., Cho, J. D., Chung, B. N. and Cho, I. S. 2009. *Cucumber green mottle mosaic virus* moved into the non-host figleaf gourd passing through cucumber in grafting system. *Res. Plant Dis.* 15: 68–71. (In Korean)
- Jin, T. S., Lee, S. H., Park, J. W., Choi, H. S., Kim, S. M., Shin, D. B., Cheon, J. U. and Cha, B. J. 2003. Identification of *Papaya ringspot potyvirus* type W infecting squash in Korea. *Plant Pathology J.* 19: 339. (Abstract)
- Kim, J. S., Lee, S. H., Choi, H. S., Choi, G. S., Cho, J. D. and Chung, B. N. 2008. Survey of viral diseases occurrence on major crops in 2007. *Res. Plant Dis.* 14: 1–9. (In Korean)
- Lee, K. W. and Lee, B. C. 1992. Detection of the isolates of *Watermelon mosaic virus* and seed transmission by pollen. *Korean J. Plant Pathol.* 8: 131–137. (In Korean)
- Lee, K. W., Lee, B. C., Park, H. C. and Lee, Y. S. 1990. Occurrence of *Cucumber green mottle mosaic virus* disease of watermelon in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 6: 250–255. (In Korean)
- Lee, S. H. and Lee, K. W. 1981. Incidence of *Watermelon mosaic virus* in cucurbits. *Korean J. Plant Prot.* 20: 191–195. (In Korean)
- Lee, S. H., Lee, Y. G., Park, J. W., Choi, H. S., Kim, Y. T., Cheon, J. U. and Lee, K. W. 2000. Nucleotide sequence of coat protein gene of *Kyuri green mottle mosaic virus* isolated from zucchini. *Plant Pathology J.* 16: 118–124.
- Purcifull, D. E., Hiebert, E. and Edwardson, J. R. 1984. *Watermelon mosaic virus 2*. CMI/AAB Descriptions of plant viruses. No. 293.
- Shim, J. Y., Park, J. S., Paik, W. H. and Lee, Y. B. 1977. Studies on the life history of green peach aphid, *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera). *Korean J. Plant Prot.* 16: 139–144. (In Korean)
- The Korean Society of Plant Pathology. 2009. *List of Plant Diseases in Korea*, Fifth Edition, 853 pp. (In Korean)
- Vuong, P. T., Kim, J. H. and Song, Y. H. 2001. The seasonal occurrence of the two aphid species, *Myzus persicae* and *Aphis gossypii*, and their natural enemies on vegetable crops in Chinju, Korea. *J. Asia-Pacific Entomol.* 4: 41–44.