

## 인삼에서 발생하는 수박모자이크바이러스의 감염 특성

# Characteristics of *Watermelon Mosaic Virus* Transmission Occurring in Korean Ginseng

최승국<sup>1</sup> · 조인숙<sup>1</sup> · 정봉남<sup>1</sup> · 김미경<sup>2</sup> · 정원권<sup>3</sup> · 최국선<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과, <sup>3</sup>경상북도농업기술원 풍기인삼시험장

Seung-Kook Choi<sup>1</sup>, In-Sook Cho<sup>1</sup>, Bong-Nam Chung<sup>1</sup>, Mi-Kyeong Kim<sup>2</sup>,  
Won-Kwon Jung<sup>3</sup> and Gug-Seoun Choi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Horticulture & Herbal Environmental Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Suwon 441-440, Korea

<sup>2</sup>Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

<sup>3</sup>Punggi Ginseng Experiment Station, Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services, Yeongju 750-871, Korea

**\*Corresponding author**

Tel : +82-31-290-6234

Fax: +82-31-290-6259

E-mail: choigs@korea.kr

Korean ginseng (*Panax ginseng*) is the most popular herb for medical purpose in Korea. Recently, viral diseases from Korean ginseng showing various degrees of severe mottling, variegation and mosaic symptoms have caused quantity losses of Korean ginseng in a large number of farms. *Watermelon mosaic virus* (named WMV-gin) was identified as a causal agent for the disease of Korean ginseng. Interestingly, WMV-gin failed to infect both Korean ginseng plant and susceptible host species including cucurbitaceous plants by mechanical inoculation. However, WMV-gin could successfully infect Korean ginseng by transmission of two aphid species (*Myzus persicae* and *Aphis gossypii*). It is likely that transmission of WMV-gin was done by both the aphid species during feeding behavior of the two aphid species on Korean ginseng, though the aphids dislike feeding in Korea ginseng. Similarly, a strain of WMV (WMV-wm) isolated from watermelon was transmitted successfully to Korean ginseng plant by the two aphid species, but not by mechanical inoculations. Transmission assays using *M. persicae* and *A. gossypii* clearly showed both WMV-gin and WMV-wm were not transmitted from infected Korean ginseng plant to cucurbit species that are good host species for WMV. These results suggest WMV disease occurring in Korean ginseng plant can be controlled by ecological approaches.

**Keywords:** Aphid, Korean ginseng, Transmission, *Watermelon mosaic virus*

Received February 4, 2014

Revised July 16, 2014

Accepted July 22, 2014

## 서론

우리나라에서 인삼(*Panax ginseng*)은 전통적으로 한약 재료의 주요 원료로 소비되고 있으며, 특히 동아시아 및 세계 각국에서 고려인삼은 기능성 식품으로서 탁월한 효능을 인정받아

소비가 증가하고 있으며, 고려 인삼에 대한 약효 평가 및 치료제로서 인삼의 활용 등에 관심이 높다. 2013년도 농림축산식품부 주요 통계 자료에서 의하면 국내 인삼재배 면적은 16,174 ha이며 26,057톤의 인삼을 생산하고 있으며 현재 많은 농가의 주요 소득원이다. 하지만 많은 병해충과 생리장해로 인삼의 안정적인 생산은 위협받고 있는 실정이다.

인삼은 한 장소에서 오래 재배되기 때문에 많은 병해충의 피해를 받는다. 인삼에서 바이러스병으로는 사상형 바이러스인 *Closterovirus*가 보고되었으며(Mishchenko 등, 2009), 삼철

삼(*Panax notoginseng*)에서 새로운 *Potyvirus* 한 종이 중국에서 보고되었으며(Tao 등, 2008), 2010년에 마이크로어레이 기술을 이용하여 *Potyvirus*에 속하는 새로운 종인 *Panax notoginseng virus*가 보고된 바 있다(Zhang 등, 2010). 우리나라의 경우 1982년에 사상형 바이러스의 존재가 보고되었으나 분리 동정은 이루어지지 않았으며(Lee 등, 1982), 최근에서야 우리나라 인삼재배 포장에서 모자이크 증상을 나타내는 인삼 잎으로부터 바이러스병이 알려졌으며 원인 바이러스는 수박모자이크 바이러스(*Watermelon mosaic virus*, WMV, 종전 WMV2로 명명)가 분리 동정되었다(Jung 등, 2013). WMV의 크기는 약 750 nm이며, 전형적인 *Potyviridae* 과(科) *Potyvirus* 속(屬)의 일원이다(Fauquet 등, 2005). 이 바이러스는 오이 등 박과작물을 포함한 27 과 170여 종(種)의 식물체를 감염시킬 수 있으며, 이로 인해 기주 작물에 경제적으로 심한 피해를 주고 있다(Shukla 등, 1994). 우리나라에서는 박, 수박, 참외, 멜론, 오이, 호박, 수세미 등의 박과류 작물들 및 참깨에서 WMV의 발생이 보고되어 있다(The Korean society of plant pathology, 2009). 이 바이러스의 전염 양식은 인위적인 기계적 전염(즙액전염) 및 진딧물에 의해 비영속전반(noncirculative non-persistent transmission)하여 기주 식물체를 감염하는 것으로 알려져있다(Fauquet 등, 2005). WMV의 주요 매개충으로 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*), 목화진딧물(*Aphis gossypii*), 검은콩진딧물(*A. fabae*) 등이 보고되어 있다(AI-Musa와 Mansour, 1982).

우리나라에서 새로운 기주식물로 처음 밝혀진 인삼에 발생하는 WMV의 전염 특성과 생태는 아직 밝혀진 바 없다. 따라서 본 연구에서는 인삼에서 이 바이러스병의 진딧물 전염과 즙액 전염의 특성을 밝힘으로써 예방대책을 수립하는 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

**바이러스 전염원.** 2010년 풍기인삼시험장 시험포장의 인삼 잎에 엽맥 녹대 증상이 나타난 식물체를 표기한 후, 다음해인 2011년에 인삼 잎이 출현하기 직전에 3년근 인삼 뿌리 5 개체들을 캐어 포트에 옮겨 심었으며, 이들을 바이러스 전염원으로 사용하였다. 이식한 인삼의 생육조건은 외부로부터 진딧물의 유입을 차단한 23 메쉬(mesh) 망실에 빛 투과율이 80% 인 차광망을 설치하였다. WMV의 분리주명은 이 바이러스를 처음 동정된 기주에 따라 구분하여 인삼에 감염된 바이러스를 WMV-gin이라 명명하였으며, 농촌진흥청 국립원예특작과학원에서 보존하고 있는 수박에서 분리한 WMV-wm를 대조 바이러스로 사용하였다.

**바이러스 진단.** 인삼 잎과 보독 진딧물은 2% phosphotungstic acid로 염색하여 투과전자현미경(Carl Zeiss EM LEO 906E, Germany)를 이용하여 바이러스의 감염 및 보독 유무를

결정하였다. WMV의 특이적 프라이머를 이용한 RT-PCR 검정에 사용된 검정 식물체와 진딧물의 전체 RNA는 식물체와 진딧물을 막자사발 내에서 액체질소로 마쇄한 후, RNeasy Plant Mini Kit(Qiagen, USA)를 사용하여 제조회사의 추천된 방법에 의해서 추출되었다. RT-PCR의 primer는 WMV의 특이적 유전자 부위인 613 bp를 합성할 수 있도록 설계되었으며 RT-PCR 진단에 사용된 프라이머들은 WMV2-N40(5'-GTTTAACACTCGAGCAA-3')와 WMV2-C20(5'-CTTATAACGACCCGAAATGCTA)이었다. RT-PCR 조건은 42°C 1시간 역전사 반응 및 94°C 5분 동안 변성 후, 94°C 30초, 55°C 30초, 72°C 60초 과정을 35회 반복하였고 최종 72°C 10분 동안 반응을 시켰다. 합성된 RT-PCR 산물은 0.5X TBE 완충액을 이용하여 1.2% 아가로스 겔에서 전기 영동하여 자외선조사장치에서 확인하였다.

**즙액 전염.** WMV-gin에 감염된 인삼 잎과 WMV-wm에 감염된 추키니 잎을 10 mM 인산완충액(pH7.2)을 넣은 후 마쇄(1/10, w/v)하여 인삼, 호박, 오이, 수박 등의 검정식물에 600 mesh Carborundum®을 뿌린 후 즙액 접촉하였다. 접촉한 식물체는 격리 온실에 보존하면서 65일 동안 병징 발현 및 바이러스 감염 여부를 조사하였다.

**진딧물 전염.** 진딧물은 국립원예특작과학원에서 사육하고 있는 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)과 목화진딧물(*Aphis gossypii*)을 WMV-gin 및 WMV-wm의 매개충으로 이용하였다. 복숭아혹진딧물은 건전 배추, 목화진딧물은 건전 추키니 식물체에서 각각 증식하였다. 이들 진딧물을 2-3시간 동안 절식시킨 후, WMV-gin 감염 인삼 및 WMV-wm 감염 추키니의 잎에서 10-15분 동안 흡즙을 하도록 하였다. 감염 식물에서 흡즙한 진딧물을 포트에서 생육하고 있는 건전 인삼 및 박과작물에 각각 검정 식물체 1주당 5마리를 옮긴 후, 다음 날 아세타미프라드 수화제를 살포하여 진딧물을 사멸시켰다. 무시 진딧물로 접촉한 인삼은 차광막이 설치한 망실, 박과작물은 격리 온실에 보존하면서 병징의 발현여부 및 감염여부를 조사하였다. 또한 3년근 인삼이 생육하는 시험 포장 내에서 유시 복숭아혹진딧물의 전염을 조사하였다. 유시 진딧물의 유기는 파프리카에서 높은 밀도로 증식한 무시 진딧물이 유시충으로 자연적으로 전환되게 하였다. 진딧물이 증식한 1개 파프리카 포트와 WMV-wm에 감염된 추키니 3개의 포트를 인삼 생육 포장에 배치하여 3년근 인삼으로 이 바이러스의 전염 확산을 조사하였다. 또한 다른 인삼 포장 시험구에는 WMV-gin에 감염된 1주의 인삼 식물체에서 30 cm 떨어진 곳에 복숭아혹진딧물이 다량 증식한 파프리카 식물체 1주를 배치 후, 바이러스의 확산 여부를 조사하였다. 한편 WMV-wm의 감염이 100% 확인된 인삼 포장의 가장자리에 추키니 25주를 정식하여 복숭아혹진딧물이 감염 인삼에서 건전 추키니로 이 바이러스의 전이 여부를 조사하였다. 이들 각각 인삼 시험구의 면적은 60 m<sup>2</sup>이고 외부로부터 진딧물의 유입 방

지와 인삼의 생육을 위하여 차광망과 방충망을 설치하였다.

## 결 과

**즙액 전염.** 인삼에 감염된 WMV-gin과 수박에 감염된 WMV-wm을 각각 1-3년생 인삼, 3종의 박과작물, 2종의 담배에 즙액 접종한 결과는 Table 1과 같다. WMV-gin으로 즙액 접종한 식물체 전부가 바이러스 증상을 발현하지 않았다. 한편 WMV-wm은 오이, 호박, 수박, *Nicotiana benthamiana*의 상엽에 모자이크 증상이 발현되었으나, 인삼과 *N. rustica*에서는 병징이 나타나지 않았다. 접종 30일 후 병징 발현이 나타나지 않은 식물체는 RT-PCR과 전자현미경 검경에서도 이 바이러스의 유전자의 검출 및 사상형의 바이러스 입자가 모두 관찰되지 않았다.

**무시 진딧물 전염.** 절식한 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 각각 WMV-gin에 감염된 인삼 및 WMV-wm에 감염된 추키니의 잎에서 흡즙을 시킨 후 2년생 건전 인삼 및 추키니 호박 본엽에 각각 하나의 식물체당 진딧물 5마리를 인위적으로 접종

**Table 1.** Infectivity of *Watermelon mosaic virus* (WMV)-gin and WMV-wm isolates in host plant species. The plants were mechanically inoculated with WMV-gin and WMV-wm, respectively

Plants	Virus source	
	WMV-gin from ginseng	WMV-wm from zucchini
<i>Panax ginseng</i> (1 year old)	0/10 <sup>a</sup>	0/8
<i>P. ginseng</i> (2 years old)	0/10	0/8
<i>P. ginseng</i> (3 years old)	0/10	0/7
<i>Cucumis sativus</i>	0/10	5/5
<i>Cucurbita pepo</i>	0/10	5/5
<i>Citrullus vulgaris</i>	0/10	5/5
<i>Nicotiana benthamiana</i>	0/5	4/5
<i>N. rustica</i>	0/5	0/5

<sup>a</sup>Number of plants infected by WMV isolate/number of plants inoculated mechanically. WMV isolates were detected using both RT-PCR analysis and electron microscopy.

**Table 2.** Rate of transmission of both *Watermelon mosaic virus*-gin and -wm isolates to host plants by aphid species

Aphid species	Virus inocula <sup>a</sup>	No of infected/No. of tested plants	
		Ginseng	Zucchini
<i>Myzus persicae</i>	WMV-gin	4/10 <sup>b</sup>	0/10
	WMV-wm	7/10	9/10
<i>Aphis gossypii</i>	WMV-gin	2/10	0/10
	WMV-wm	4/10	5/10

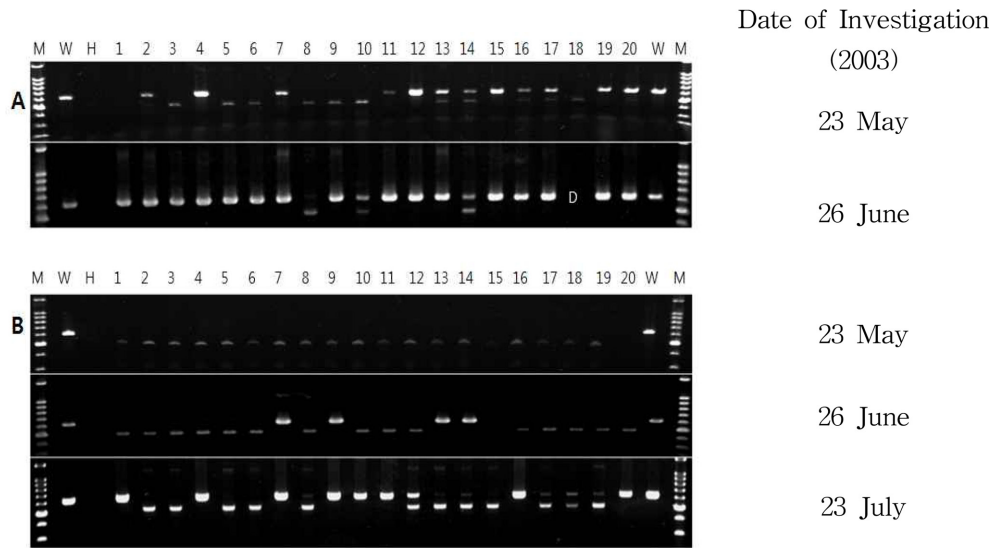
<sup>a</sup>WMV-gin and -wm isolates infected in ginseng and zucchini plants, respectively. The plants were inoculated with 5 aphids per a test plant.

<sup>b</sup>WMV isolates were detected using RT-PCR and electron microscopy.

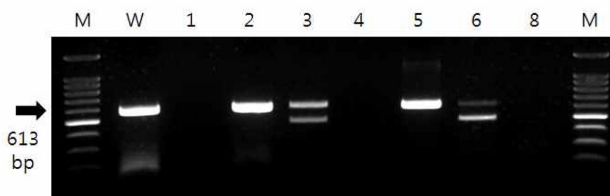
하였다. 접종한 식물체에서 바이러스의 감염률은 접종 30일 후, RT-PCR과 전자현미경으로 바이러스의 감염여부를 분석하였다 (Table 2). WMV-gin 및 WMV-wm을 흡즙한 2종의 진딧물들은 건전 인삼 식물체에 20-70%, WMV-wm을 흡즙한 이들 진딧물은 추키니 식물체에 50-90%의 WMV 전염률을 보였다. 그러나 WMV-gin이 감염된 인삼에서 흡즙한 복숭아혹진딧물 및 목화진딧물은 건전한 추키니 식물체에 WMV-gin 계통을 전혀 매개하지 못하였다. 또한 WMV-wm이 매개하여 감염된 인삼 식물체에서 복숭아혹진딧물 및 목화진딧물은 추키니 식물체로 WMV-wm을 매개시키지 못하는 동일한 결과를 보였다. 흥미롭게도, 기주 식물에서의 WMV의 감염률을 조사한 결과 WMV 매개는 복숭아혹진딧물이 인삼에서 20-30%, 추키니 호박에서 40% 감염률이 목화진딧물보다 더 높았다.

**유시 진딧물 전염.** 진딧물 외부 유입 방지와 인삼의 생육 조건을 맞추기 위하여 차광망과 방충망이 설치한 60 m<sup>2</sup> 면적의 셀로 구획하였다. 각각의 셀에서 생육하고 있는 3년근 인삼을 대상으로 건전 인삼 식물체로 유시 복숭아혹진딧물이 WMV를 매개하는지 연구를 수행하였으며, WMV 감염 여부는 RT-PCR법으로 검정하였다(Fig. 1). 처리구 A 셀에서는 복숭아혹진딧물이 다량 증식한 파프리카 식물체의 주변에 WMV-wm이 감염된 추키니 식물체를 배치하였다. 배치 1개월 후인 5월 23일에 검정한 인삼 20주 중 12주(60%)이 WMV에 의해서 감염되었으며, 배치 2개월 후인 6월 26일에는 뿌리썩음병으로 고사한 1주를 제외하고 인삼이 100% 이병율을 보였다(Fig. 1A). 한편 처리구 B 셀은 WMV-gin이 감염된 인삼 식물체 주변에 A 셀과 동일한 조건의 파프리카 식물체를 배치한 후, WMV-gin의 전염을 검정하였다. 배치 1개월 후인 5월 23일에는 감염된 식물체가 없었으며, 배치 2개월 후인 6월 26일에는 4주(20%), 7월 23일에는 15주(75%) 인삼이 감염되었다(Fig. 1B). 진딧물 전염의 확산 속도는 추키니를 전염원으로 하는 A 처리구가 B 처리구보다 빠른 것으로 나타났다. 또한 WMV-wm의 100% 발병률을 나타낸 인삼 포장의 가장자리에 어린 추키니 묘 25주를 정식하여 62일 후에 검정하였으나, 모든 정식 식물체에서 바이러스는 검출되지 않았다.

**인삼재배 포장에서 바이러스 검출.** WMV의 기주작물로 수박을 재배하는 인근 포장에서 인삼 식물체에 이 바이러스의 발병여부를 조사하였다. 전북 고창군에서 WMV 발생이 확인된 수박재배 포장의 인접 인삼 포장을 2013년 8월 20일에 선정하였다. 이 시기는 인삼 잎에 바이러스 병징이 은폐되고 일부분의 잎이 황색으로 변색하는 생육 단계였다. 무작위로 인삼 8주를 채집하여 RT-PCR 검정 결과, 4주에서 이 바이러스의 감염이 확인되었다(Fig. 2). 또한 이 인삼포장에 황색수반 트랩을 설치하여 포집한 유시 진딧물 20개체 중 3개체에서 WMV의 유전자가 검출되어 인삼 포장에서 유시 진딧물에 의한 인삼으로의 WMV



**Fig. 1.** Spread of *Watermelon mosaic virus* in ginseng plants by winged *Myzus persicae* during the crop-growing season. *M. persicae* vector acquired WMV from infected zucchini (A) and ginseng plants (B) and the aphid vector transmitted the virus to healthy ginseng plants. The aphids were grown in paprika plants and the plants were placed in the ginseng growing plots designed to investigate whether or not Korean ginseng was infected by aphid transmission of WMV isolates. The virus was detected using RT-PCR analysis and electron microscopy. M; 1kb DNA ladder, W; the ginseng leaf infected with WMV, H; healthy ginseng leaf, 1-20; no. of the plants detected, D: Death plant by the casual agent.



**Fig. 2.** Detection of *Watermelon mosaic virus* using RT-PCR from ginseng plants that were growing in a few farms. The ginseng plants were collected in the vicinity of the watermelon growing field identified as WMV infection in Jeonbuk on August 20, 2013. M; 1kb DNA ladder, W; the watermelon leaf infected with WMV, 1-8; no. of the ginseng plants tested.

매개가 이루어지고 있음을 확인하였다.

### 고 찰

WMV는 오이, 호박, 수박 등 박과작물에 발생하여 기형 및 변색과로 상품성을 손실하게 하여 우리나라뿐만 아니라 여러 국가에서 경제적으로 피해를 초래하고 있다(Castle 등, 1992; Kim과 Park, 2011; Walters, 2003; Zitter 등, 1996). 이 바이러스는 *Potyvirus* 속 중에 기주범위가 비교적 넓고 주로 즙액과 진딧물 전염하는 바이러스로 알려져 있다(Purcifull 등, 1984). 수박에서 분리하여 추키니 식물체에서 증식한 WMV-wm은 수박 등 박과작물과 이 바이러스의 기주식물인 *N. benthamiana*에 즙액접종으로 감염이 잘되었지만, 인삼에서 발생하는 WMV-gin은 이들 기주식물에 즙액접종이 되지 않았다(Table 1). 또한 추키니에 감염되어 있는 WMV-wm을 진딧물로 매개하여 인삼에서 증식

한 이 바이러스 분리주도 즙액접종이 되지 않은 동일한 결과를 얻었다. WMV에 감염된 추키니 잎과 건전 인삼 잎을 1:1(W/W)로 혼합하여 건전 추키니와 *N. benthamiana*에 즙액접종에서도 감염이 되지 않은 결과(자료 생략)를 미루어 볼 때, 인삼 식물체에 함유하고 있는 억제물질이 즙액 전염을 저해하는 것으로 추론되었다.

오이 등 박과작물 재배지역에서 WMV의 확산은 이 바이러스의 매개충인 진딧물에 의하여 전파되고 38종의 진딧물이 매개한다고 보고하였다(Purcifull 등, 1984). 이들 진딧물 중 복숭아혹진딧물, 목화진딧물, 완두콩진딧물(*Acyrtosiphon pisum*)이 WMV의 매개능력이 높다고 보고되었다(Castle 등, 1992). 우리나라 인삼재배포장에서 인삼 식물체에 군락을 이루며 서식하는 진딧물은 3년간의 포장 관찰에서 찾아 볼 수가 없었고 진딧물을 인위적으로 인삼 잎에 접종하여도 인삼에서 흡즙 등의 먹이를 기피하는 현상을 보였다. 하지만 인삼재배 포장에서는 WMV의 발생과 확산이 확인되어 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 대상으로 WMV 감염 식물체에서 인위적으로 이들 무시진딧물을 보독시켜 전염능력을 조사한 결과, 복숭아혹진딧물이 목화진딧물보다 WMV의 매개능력이 인삼 식물체에서 다소 높은 것으로 나타났다(Table 2). 인삼에서 증식한 WMV-gin은 인삼 식물체로 진딧물 전염이 되었으나, 추키니에는 전염이 되지 않았다. 추키니에서 증식한 WMV-wm은 인삼과 추키니에 모두 진딧물들에 의해 매개되어 기주 식물체를 감염시켰다. 한편 추키니에서 진딧물 매개하여 인삼으로 전염된 WMV-wm은 다시 추키니에 진딧물에 의해서 감염이 되지 않았다. 이런 연구 결과들과 유사하게 유시진딧물을 이용한 포장실험에서도 추키니

에 감염되지 않았다(Fig. 1). 인삼 식물체에서 증식한 WMV가 박과 식물로 진딧물 전염이 되지 않은 이유는 본 연구에서 구멍을 하지 못하였다. 이를 위하여 인삼 식물체에서 WMV를 보독한 진딧물이 쭈키니 식물체의 먹이 탐색과정에서 흡즙한 인삼즙액이 보독 바이러스를 불활성화로 이루어지는 지 등 매개충의 생리생태적 경로 추정이 구명되어야 할 것이다. 진딧물이 비영속성 바이러스의 전염은 먹이를 탐색하는 과정에서 바이러스를 감염시킨다는 보고(Radcliffe와 Ragsdale, 2002)와 인삼 인삼재배 포장에서 이 바이러스의 전염은 동일한 경로로 전파되는 것으로 추정하고 있다.

최근 인삼재배는 연작장애로 인하여 산간지역에서 일반 경작지로 이동되고 있다. 특히 WMV의 기주식물인 박과작물이 재배되는 인근 인삼재배 포장에서는 보독 유시충의 비산으로 이 바이러스병의 전염 조건은 더욱 양호해질 것이고 확산될 전망이다. 실제로 2013년 8월 전북 고창군 WMV가 발생한 수박 포장의 인근 생육 인삼 식물체에서 이 바이러스병의 발생과 유시진딧물에서도 보독이 확인되었다(Fig. 2). 따라서 이 연구에서 수행한 인삼에 발생하는 WMV의 전염특성을 기반으로 인삼의 안정생산을 위하여 이 바이러스병의 생태적 예방대책에 대한 체계적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 요 약

인삼은 우리나라에서 가장 대중화된 한약 재료로 사용되고 있다. 최근 인삼 잎에 얼룩덜룩하거나 모자이크 증상이 나타나는 바이러스병으로 인삼을 재배하는 많은 농가들에서 수량 손실을 초래하고 있다. 수박모자이크바이러스(WMV-gin로 명명)가 인삼 바이러스병의 원인으로 동정되었다. 흥미롭게도 인공적 즙액 접종에 의해서, 인삼에서 분리한 WMV-gin은 건전 인삼 식물체와 박과작물을 포함한 알려진 WMV 기주 식물 종들을 감염시킬 수 없었다. 그러나 WMV-gin은 2종의 진딧물들(복숭아혹진딧물과 목화진딧물)의 전염에 의해서 인삼을 성공적으로 감염시킬 수 있었다. 비록 2종의 진딧물들이 인삼에서 먹이를 얻는 것을 기피하지만, 이것은 진딧물들이 먹이 탐색 과정동안 인삼에 WMV-gin을 매개하는 것으로 사료된다. 유사하게 수박에서 분리한 WMV-wm 계통은 2종의 진딧물들에 의하여 인삼으로 매개되지만 인위적 즙액 접종으로 인삼을 감염시키지 못하였다. 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 이용한 전반 실험들에 의해서 WMV-gin과 WMV-wm 계통들 모두 인삼에서 WMV의 증식 기주 식물들인 박과 식물들로 전반되지 못함이 밝혀졌다. 이런 결과들은 인삼에서 발생하는 WMV병이 생태학적 접근법에 의해서 방제될 수 있음을 제시해 준다.

## Acknowledgment

This work was supported by a grant of "Cooperative Research

Program for Agricultural Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ007755)" Rural Development Administration, Korea.

## References

- Al-Musa, A. and Mansour, A. 1982. Some properties of a watermelon mosaic virus in Jordan. *Plant Dis.* 66: 330–331.
- Castle, S. J., Perring, T. M., Garrar, C. A. and Kishaba, A. N. 1992. Field and laboratory transmission of watermelon mosaic virus 2 and zucchini yellow mosaic virus by various aphid species. *Phytopathology* 82: 235–240.
- Fauquet, C. M., Mayo, M. A., Maniloff, J., Desselberger, U. and Ball, L. A. (eds.) 2005. *Virus Taxonomy*, Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Elsevier Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Jung, W. K., Kim, M. K., Lee, J. H., Park, C. Y., Kim, B. H., Park, E. H., Lee, M. A., Kim, M. K., Choi, H. S., Lee, J. S., Kim, J. S., Choi, J. K., Kwon, T. R., Lee, K. W. and Lee, S. H. 2013. Novel pathogenic strain of Watermelon mosaic virus occurred on Insam (*Panax ginseng*). *Res. Plant Dis.* 19: 331–337. (In Korean)
- Lee, J. T. 1982. Studies on virus diseases of medicinal plants in Korea. *Res. Rev. Kyungpook Univ.* 34: 505–515.
- Mishchenko, L. T., Koreneva, A. A., Molchanets, O. V. and Boyko, A. L. 2009. Detection of infection agents in medicinal plant in conditions of Ukraine. *Mikrobiol. Z.* 71: 55–61.
- Kim, H. G. and Park, S. J. 2011. Virus disease incidences and transmission ecology of oriental melons in Seongju Area. *Res. Plant Dis.* 17: 342–350. (In Korean)
- Purcifull, D., Heibert, E. and Edwarson, J. 1984. *Watermelon mosaic virus 2*. No. 293. CMI/AAB Description, England.
- Radcliffe, E. B. and Ragsdale, D. W. 2002. Aphid-transmitted potato viruses: The importance of understanding vector biology. *American J. Potato Res.* 79: 353–386.
- Shukla, D. D., Ward, C. W. and Brunt, A. A. 1994. *The Potyviridae*. CAB International, Wallingford, UK.
- Tao, Z., Yan, Z., Song, L., Li, H. and Fan, Z. 2008. Molecular identification of viruses that infect *Panax notoginseng* in China. *Phytopathology* 98: S155.
- The Korean Society of Plant Pathology. 2009. List of plant diseases in Korea, 5th ed. (In Korean)
- Walters, S. A. 2003. Suppression of watermelon mosaic virus in summer squash with plastic mulches and rowcovers. *HortiTechnology* 13: 352–357.
- Zhang, Y. J., Yin, J., Li, G. F., Li, M. F., Huang, X., Chen, H. J., Zhao, W. J. and Zhus, S. F. 2010. Oligonucleotide microarray with a minimal number of probes for the detection and identification of thirteen genera of plant viruses. *J. Virol. Methods.* 167: 53–60.
- Zitter, T. A., Hopkins, D. L. and Thomas, C. E. 1996. *Compendium of cucurbit diseases*. APS Press, St. Paul, USA.