

## 우리나라에서 발생하는 딸기 바이러스병 (2007-2008)

최국선\* · 이진아 · 조점덕 · 정봉남 · 조인숙 · 김정수<sup>1</sup>

농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농업미생물과

### Strawberry Virus Diseases Occurring in Korea, 2007-2008

Gug-Seoun Choi\*, Jin-A Lee, Jeom-Deog Cho, Bong-Nam Chung,  
In-Sook Cho and Jeong-Soo Kim<sup>1</sup>

Horticulture & Herbal Environmental Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science,  
RDA, Suwon 441-440, Korea

<sup>1</sup>Agricultural Microbiology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea  
(Received on March 1, 2009)

Virus disease surveys of strawberries cultivated and preserved as germplasm resources in Korea was conducted during 2007-2008. Virus detection was conducted by RT-PCR using total RNAs extracted from strawberry samples. We detected the infection with *Strawberry mild yellow edge virus* (SMYEV), *Strawberry mottle virus* (SMoV), *Strawberry vein banding virus* (SVBV) and *Strawberry pallidosis associated virus* (SPaV) while no infection with *Strawberry crinkle virus* (SCV), *Strawberry necrotic shock virus* (SNSV), *Strawberry latent ring spot virus* (SLRSV) and *Arabidopsis mosaic virus* (ArMV) was observed. The infection rate of virus disease on 4 cultivars including Seolhyang, Maehyang, Gumhyang, and Dahong, bred in Korea, was 0.1, 1.9, 0, and 0%, respectively. Surprisingly, however, cultivar Red Peal introduced from Japan in 1997 revealed 48.3% virus infection rate. SMYEV, SMoV and SPaV were also identified in strawberries growing in the farm fields of Korea. In the field, however, SMYEV was the most predominant virus (97.4%) among those 3 identified viruses. SVBV was detected only in strawberry kept as a germplasm.

**Keywords :** RT-PCR, SMYEV, SMoV, SPaV, SVBV, Strawberry, Virus

딸기(*Fragaria*×*ananassa* Duch.)는 우리나라에서 6,665 ha 재배되고 있으며 연간 203,227톤이 생산되고 있는 주요 작물이다(2008 농림수산식품통계연보). 한국식물병목록(2004)에는 딸기에서 발생하는 병은 잿빛곰팡이병 등 36종이 보고되었으며, 이들 중 바이러스병은 *Alfalfa mosaic virus*(AIMV), *Strawberry crinkle virus*(SCV), *Strawberry mild yellow edge virus*(SMYEV) 및 *Strawberry mottle virus*(SMoV) 4종이 기록되어 있다. 세계적으로 딸기에 발생하는 바이러스는 이들 4종의 바이러스를 포함하여 *Strawberry vein banding virus*(SVBV) 등 30여 종이 보고되었다(Franova, 2001). 딸기 재배품종의 퇴화 및 생육저하 현상 등 생육장애는 여러 가지 원인이 있지만, 바이러

스 감염이 주요 원인으로 작용한다고 밝혀졌다(Freeman과 Mellor, 1962; Martin과 Converse, 1977). 딸기는 영양 번식을 하는 작물로 일단 바이러스가 감염되면 자손대대로 감염되어 수량 감소는 물론 품질 저하의 요인으로 작용하고 있다. 딸기 재배품종에 바이러스가 감염되면 병징이 잘 나타나지 않는다. 따라서 바이러스의 감염여부 확인은 주로 접목에 의한 지표식물 검정방법에 의존하였다(Franova, 2001). 최근 우리나라에서는 설향, 매향, 금향, 다홍 등 새로운 품종이 육성되어 열처리와 성장점 배양으로 무독묘의 보급체계가 확립 과정에 있다.

본 연구에서는 2007년부터 2008년까지 우리나라 딸기 주산단지인 충남 논산과 경남 고령을 중심으로 최근 딸기 재배 품종과 딸기 유전자원에 발생하는 바이러스의 종류와 발생 빈도를 조사하였다. 또한 국내에서 육성한 딸기 품종과 1997년 일본에서 도입하여 국내에서 널리 재배하고 있는 '육보'(Red Peal) 품종을 대상으로 바이러스

\*Corresponding author  
Phone) +82-31-290-6234, Fax) +82-31-290-6259  
E-mail) choigs@rda.go.kr

발병율을 비교하여 딸기 무독묘 보급 및 딸기 신품종 육성에 기초 자료를 제공하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

**조사지역 및 시료 채집.** 우리나라 딸기 주산단지인 충청남도 논산과 경상북도 고령지역에서 재배 농가별로 10~20점을 무작위로 채집하여 -80°C에 보존하면서 바이러스 검정에 사용하였다. 딸기 품종별 채집시료 수는 설향 109점, 매향 108점, 금향 53점, 다홍 51점, 육보 153점이었으며, 전체 재배품종 474점을 채집하였다. 또한 딸기 유전자원은 딸기 품종 육성기관인 충청남도농업기술원 논산딸기시험장과 국립원예특작과학원 시설원예시험장 딸기 유전자원 보존 포장에서 잎 뒤틀림 및 엽맥 황화 등 바이러스병 유사증상으로 판단되는 22종을 채집하여 온실에서 보존하면서 바이러스를 검정하였다.

**바이러스 진단.** 세계적으로 딸기에 문제되는 8종의 바이러스를 대상으로 GeneBank database를 이용하여 각각의 바이러스에 대하여 특이적 프라이머를 제작하였다(Table 1). 진단 대상 바이러스는 딸기얼룩무늬바이러스(*Strawberry mottle virus*, SMoV), 딸기누른오갈바이러스(*Strawberry mild yellow edge virus*, SMYEV), 딸기엽맥황화바이러스(*Strawberry vein banding virus*, SVBV), 아라비스모자이크바이러스(*Arabis mosaic virus*, ArMV), 딸기괴사반점바

이러스(*Strawberry necrotic spot virus*, SNSV), 딸기주름바이러스(*Strawberry crinkle virus*, SCV), 딸기잠재윤무늬반점바이러스(*Strawberry latent ringspot virus*, SLRSV) 및 딸기붉은위축바이러스(*Strawberry pallidosis associated virus*, SPaV)였다. -80°C에 보존되었던 시료 또는 생체 시료에 대한 전체 RNA 추출은 액체질소를 이용하여 마쇄한 후, lysis buffer(Biomexieux Co. 네덜란드)에 2% polyvinylpyrrolidone이 첨가된 용액으로 시료를 20분 동안 실온에서 진탕하였다. 이어서 Nuclisens Extractor (Biomerieux Co. 미국)로 전체 RNA를 추출하였다. 추출한 RNA는 RT-PCR을 실시한 후 1.2% agarose gel에서 전기영동으로 바이러스를 검정하였다. 이들 바이러스에 대한 유전자 진단 조건은 48°C 60분; 94°C 2분; [94°C 1분; 51°C 30초; 72°C 2분]35회; 72°C 10분이었다.

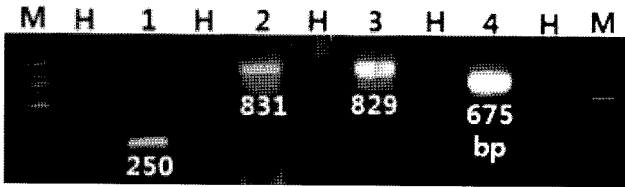
## 결과 및 고찰

**바이러스 진단.** 국내 딸기 재배품종 및 유전자원을 대상으로 바이러스의 감염을 확인하고자 8종의 프라이머를 제작하여 RT-PCR로 진단하였다. SMYEV, SCV, SMoV, SVBV, SLRSV, ArMV 및 Crinivirus의 프라이머 작성은 GeneBank Database를 활용하였다(Table 1). 농가재배 포장 및 딸기 유전자원에 감염된 바이러스에 대한 RT-PCR의 결과는 Fig. 1과 같다. 각각의 프라이머로 증폭된 DNA

**Table 1.** Primers designed for detection of strawberry viruses in the experiment

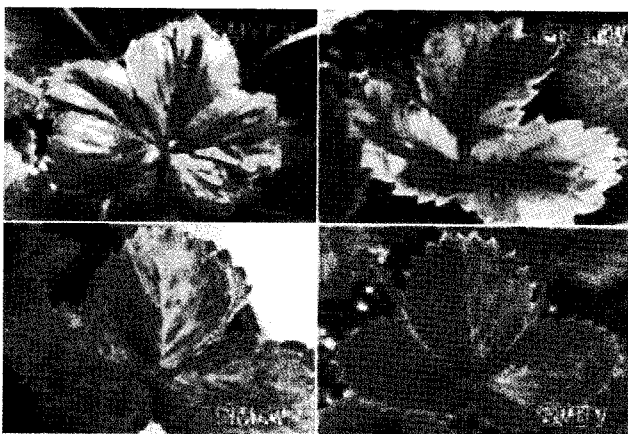
Viruses <sup>a</sup>	Primers	Base sequences(5'-3')	DNA(bp) products
SMoV	SMoV-UTF	GCTACCATCCGTGATAACA	250
	SMoV-UTR	CCTACATAGAGAACTGTGC	
SCV	SCV-POF	CCACAGATAACAATGACAGA	408
	SCV-POR	CCTCTAAAGCGCATACTGT	
SMYEV	SMYEV-FPF	ACAATCGCYCTGGTCAGTAA	829
	SMYEV-FPR	GCTGGGTAGAAGAAGAAFTGAGA	
SVBV	SVBV-CPF	GATGATTGACTACAGCAGC	831
	SVBV-CPR	CCATATTGTGTTTCCGGTG	
ArMV	ArMV-CPF	GTATTACGTGGGTTATGAG	288
	ArMV-CPR	CTGCCTCAAACCTCAGCATA	
SNSV	SNSV-CPF	CCCAACTGTTTTGACAAGT	502
	SNSV-CPR	GCACCACACAATTGCTTTAT	
SpaV Crinivirus	Crini-HSF	ATGTTTCATGAAATCAGTTTGTG	675
	Crini-HSR	AACGGATGAGAATTACAGTC	
SLRSV	SLRSV-CPF	AAGTTACACCTTCATGCGC	918
	SLRSV-CPR	AAAGAGGTGGTTGGTTGTAT	

<sup>a</sup>*Strawberry mottle virus* (SMoV), *Strawberry mild yellow edge virus* (SMYEV), *Strawberry vein banding virus* (SVBV), *Arabis mosaic virus* (ArMV), *Strawberry necrotic spot virus* (SNSV), *Strawberry pallidosis associated virus* (SPaV), *Strawberry latent ringspot virus* (SLRSV).



**Fig. 1.** Detection of strawberry viruses by RT-PCR. Total RNAs extracted with Nuclisence Extractor from each sample were subjected to RT-PCR using specific primers designed for each virus detection (Table 1). Lanes : M, marker/100 bp ladder; H, healthy; 1, SMoV; 2, SVBV; 3, SMYEV; 4, SPaV.

산물의 예상 크기는 SMoV 250 bp, SMYEV 829 bp, SVBV 831 bp 및 SPaV 675 bp였다(Fig. 1). 합성된 이들 4종의 바이러스에 대하여 특이적으로 증폭된 유전자의 일부 염기서열을 비교 분석한 결과, 기존에 보고된 바이러스와 95% 이상의 상동성을 나타냈다(자료 생략). 따라서 이 연구에서 채집한 딸기 유전자원 22종과 품종 474점 시료에서는 4종의 바이러스인 SMoV, SMYEV, SVBV 및 SPaV가 단독 또는 복합 감염이 확인되었다. 그러나 SCV, SNSV, SLRSV 및 ArMV는 RT-PCR 뿐만 아니라 이들 각각의 바이러스에 대한 ELISA 키트(Agria Co. 미국)에서도 검출되지 않았다. SVBV(Hanzlikova 등, 2006)는 이중 가닥 환형 DNA 계통으로 구성되어 있지만, RT-PCR에서 검출된 특이적 DNA 산물은 이 바이러스의 유전자가 전사과정에서 형성된 RNA가 전체 RNA 추출물에 존재하여 증폭된 것으로 판단된다. SMYEV가 주로 검출되는 딸기 잎은 가장자리가 주름 또는 황화, SMoV는 잎 전체에 불규칙한 황화반점, SVBV는 주맥을 중심으로 연한 엽맥 황화증상을 보였으나(Fig. 2), 무증상에도 바이러스의 감



**Fig. 2.** Various symptoms on strawberry naturally infected with Strawberry mild yellow edge virus (SMYEV), Strawberry mottle virus (SMoV) and Strawberry vein banding virus (SVBV), respectively.

**Table 2.** Infection rate of virus disease on strawberry cultivars growing in the fields of Korea, 2007-2008

Cultivars <sup>a</sup>	No. of plants tested <sup>b</sup>	No. of plants infected	% of plants infected
Seolhyang	109	1	0.1
Maehyang	108	2	1.9
Gumhyang	53	0	0.0
Dahong	51	0	0.0
Red Peel	153	74	48.3
Total	474	77	16.2

<sup>a</sup>The four cultivars, Seolhyang, Maehyang, Gumhyang and Dahong, were bred recently in Korea and cv. Red Peel was introduced to Korea from Japan in 1997.

<sup>b</sup>Total RNAs were extracted using Nuclisence Extractor from each sample and were subjected to RT-PCR for virus detection.

염이 확인되어 검출된 바이러스 종류와 병징과 연관성은 적은 것으로 생각된다.

**바이러스 발병율.** 딸기 주산단지인 충청남도 논산 및 경상북도 고령 지역에서 무작위로 채집한 474점에 대한 바이러스를 8종의 딸기 바이러스에 대한 RT-PCR로 진단을 한 결과는 Table 2와 같다. 검점 시료 중 77점이 바이러스가 검출되어 16.2%의 이병율을 나타냈다. 최근 국내에서 육성한 딸기 품종인 매향 1.9%, 설향 0.1% 발병율을 보였지만, 금향과 다홍에서는 바이러스가 검출되지 않았다. 그러나 1997년 일본에서 도입하여 국내에서 널리 재배하고 있는 육보(Red Peel) 품종에서는 48.3%의 높은 이병율을 나타냈다. 육보 품종보다 설향 등 국내에서 육성한 품종이 바이러스 발병율이 낮은 원인은 최근에 농가로 보급되어 바이러스에 감염될 기회가 적을 뿐만 아니라, 열처리 및 생장점 배양에 의한 무독묘의 생산과 체계적인 보급체제로 기인한 것으로 판단된다. 일본은 1974년부터 조직배양한 무독묘를 생산하여 농가에 보급하기 시작하였으며, 강(1995)은 딸기 고품질 안정생산을 위하여 딸기 무병묘의 생산보급체계의 확립이 시급하다고 제시한 바가 있다.

**바이러스 종류별 발생빈도.** 국내 딸기 주요 재배지역인 논산과 고령에서 채집한 474점의 시료를 대상으로 SMYEV 등 8종의 바이러스에 대한 RT-PCR로 바이러스 종류별 발생빈도를 조사하였다(Table 3). 국내 재배 품종에서 검출된 바이러스는 SMYEV, SMoV 및 SPaV 3종이었다. 이들 중 SMYEV가 97.4%의 가장 높은 발생빈도를 나타냈고, SMoV와 SPaV가 각각 1.3% 발생빈도를 보였다. 국내 재배품종에서는 SVBV, SCV, SNSV, SLRSV, ArMV 등은 검출이 되지 않았다. SMYEV는 즙액 전염이 용이한 Potexvirus 속(Lamprecht와 Jelkmann, 1997; Tompson

**Table 3.** Isolation frequency of the viruses detected from strawberry cultivars growing in Korea, 2007-2008

Cultivars	Isolation no. (%) of the viruses <sup>a</sup>							
	SMYEV	SMoV	SVBV	SCV	SNSV	SLRSV	ArMV	SPaV
Seolhyang <sup>b</sup>	0	1	0	0	0	0	0	1
Machyang	3	0	0	0	0	0	0	0
Gumhyang	0	0	0	0	0	0	0	0
Dahong	0	0	0	0	0	0	0	0
Red Peal	74	0	0	0	0	0	0	0
Total (100)	77 (97.4)	1 (1.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.3)

<sup>a</sup>*Strawberry mottle virus* (SMoV), *Strawberry mild yellow edge virus* (SMYEV), *Strawberry vein banding virus* (SVBV), *Arabidopsis mosaic virus* (ArMV), *Strawberry necrotic spot virus* (SNSV) and *Strawberry latent ringspot virus* (SLRSV).

<sup>b</sup>SMoV and SPaV were co-infected in strawberry cv. Seolhyang.

등, 2003)에 포함되지만 진딧물 전염이 가능하며, 바이러스 분류 특성상 특이한 바이러스로서 딸기 포장에 SMYEV의 전염원이 존재하면 작업과정에서 이병즙액과 매개충으로 전염이 가능하기 때문에 일단 발생한 딸기 재배 하우스에서는 확산 속도가 빠를 것으로 예견된다. 또한 SMoV는 국내에서 극히 낮은 빈도로 검출되지만 진딧물로 매개되기 때문에 점차적으로 발생빈도가 높아 질 것으로 예상된다. 바이러스 분류학상 잠정적으로 명명된 SPaV는 *Closteroviridae*과 *Crinivirus*속에 포함되어 있으며 온실가루이가 매개하는 바이러스이다(Tzanaetakis 등, 2006). 이 매개충은 우리나라 대부분 경작지역에서 서식하고 있기 때문에 SPaV의 확산이 또한 우려되는 바이러스이다. 세계적으로 딸기에 발생하는 바이러스는 30여종이 보고되어 있지만 가장 피해를 주는 바이러스는 SCV, SMoV 및 SMYEV로 단독 감염시 과실 생산량의 30%, 복합감염시 80%의 피해가 있는 것으로 보고되었다(Horn과 Carver, 1962; Bolton, 1974). 국내에서 발생하고 있는 딸기 바이러스의 종류에 따른 딸기 품종별 피해해석이 이루어져야 될 것으로 생각된다.

**딸기 유전자원 바이러스 검정.** 딸기 유전자원 22종류에 대하여 SMoV 등 8종의 바이러스에 대하여 RT-PCR로 바이러스를 진단한 결과, Daehak 1st 등 8종류의 딸기 유전자원에서 바이러스가 단독 또는 복합감염이 확인되었다(Table 4). 검출된 이들 바이러스의 종류는 SMoV, SMYEV, SVBV 및 SPaV 등 4종이었으며, SMoV는 Komet를 제외한 7종류의 유전자원에 감염이 확인되었다. 딸기 유전자원 Suko1에서는 3종의 바이러스인 SMoV, SMYEV 및 SVBV가 복합 감염되어 있었다. SVBV는 *Cauliflower mosaic virus*(CaMV)와 동일한 *Caulimovirus* 속에 위치한 7.8kbp dsDNA 게놈으로 구성되어 있다(Petrzik 등, 1998). Suko1에서 검출된 SVBV에 대한 분자생물학적 분석 등

**Table 4.** Kinds of the viruses detected in strawberry germplasm resources

Strawberry germplasms	Viruses <sup>a</sup>
Daehak 1st	SMoV, SPaV
Askaweiv	SMoV
Suko1	SMoV, SMYEV, SVBV
Suko2	SMYEV
NS001506	SMoV
Premier 1	SMoV
Komet	SPaV
Chunhaung	SMoV, SPaV

<sup>a</sup>Detection of the viruses in the germplasms were conducted with RT-PCR. Eight sorts of the germplasms were found to be singly or mixed infected with the viruses.

을 통하여 이 바이러스의 특성이 구명되어야 할 것이다. 딸기 유전자원 22종류 중 8종류가 바이러스의 감염이 확인되어, 이들 유전자원을 이용한 딸기 신품종 육종시 생장점 조직배양 등으로 무병주 확보가 우선되어 유전자원의 고유 특성이 이루어진 후, 교배 모본을 선정하여 품종 육종이 이루어져야 될 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- Bolton, A. T. 1974. Effects of three virus diseases and their combination on fruit yield of strawberries. *Can. J. Plant Sci.* 54: 271-275.
- Freeman, J. A. and Mellor, F. C. 1962. Influences of latent viruses on vigour, yield and quality of British Sovereign strawberries. *Can. J. Plant Sci.* 42: 602-610.
- Franova, J. 2001. Occurrence of graft-transmissible virus diseases of the strawberry in Czech Republic. *Acta Virologica* 45: 151-157.

- 한국식물병리학회. 2004. 한국식물병목록. pp. 183.
- Hanzlikova Vaskova, D., Spak, J. and Petrzik, K. 2006. Variability in sequence of Strawberry vein banding virus. *Biologia Plantarum* 50: 660-666.
- Horn, N. L. and Carver, R. G. 1962. Effect of three viruses on plant production and yields of strawberries. *Plant Dis. Rep.* 46: 762-765.
- 강광윤. 1995. 딸기 바이러스병의 발생과 방제대책. *식물병과 농업* 1: 1-8.
- Lamprecht, S. and Jelkmann, W. 1997. Infectious clone used to identify Strawberry mild yellow edge-associated potexvirus as causal agent of the disease. *J. Gen. Virol.* 78: 2347-2353.
- Martin, L. W. and Converse, R. H. 1977. Influence of recent and chronic virus infections on strawberry growth and yield. *Phytopathology* 67: 573-575.
- Petrzik, K., Benes, V., Mraz, I., Honetslegrova-franova, H., Ansorge, W. and Spak, J. 1998. Strawberry vein banding virus-definitive member of the genus Caulimovirus. 1998. *Virus Genes* 16: 303-305.
- Thompson, J. R., Wetzel, S., Klerks, M. M., Vasjkova', D., Schoen, C. D., Sipak, J. and Jelkmann, W. 2003. Multiplex RT-PCR detection of four aphid-borne strawberry viruses in *Fragaria* spp. in combination with a plant mRNA specific internal control. *J. Virol. Methods* 111: 85-93.
- Tzanaetakis, I. E., Wintermantal, W. M., Cortez, A. A., Barnes, J. E., Barrett, S. M., Bolda, M. P. and Martin, R. R. 2006. Epidemiology of strawberry pallidosis-associated virus and occurrence of pallidosis Disease in North America. *Plant Dis.* 90: 1343-1346.