식물병연구
Research Article | Open Access
Res. Plant Dis. 23(4): 355-362 (2017)
https://doi.org/10.5423/RPD.2017.23.4.355

국내 유통 주요 사과나무 묘목의 바이러스 감염 실태

Survey on Virus Infection for Commercial Nursery Trees of Major Apple Cultivars in Korea

이성희[1] · 권의석[1] · 신현만[1] · 남상영[1] · 홍의연[1] · 김병관[2] · 김대일[2] · 차병진[2] · 차재순[2]*

[1]충청북도농업기술원 연구개발국, [2]충북대학교 농업생명환경대학

Sung-Hee Lee[1], Yeuseok Kwon[1], Hyunman Shin[1], Sang-Yeong Nam[1], Eui Yon Hong[1], Byeongkwan Kim[2], Daeil Kim[2], Byeongjin Cha[2], and Jae-Soon Cha[2]*

[1]*Bureau of Research & Development, Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea*
[2]*College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea*

***Corresponding author**
Tel: +82-43-261-2554
Fax: +82-43-271-4414
E-mail: jscha@cbnu.ac.kr

The 4 viruses, the *Apple chlorotic leaf spot virus* (ACLSV), *Apple stem pitting virus* (ASPV), *Apple stem grooving virus* (ASGV), and *Apple mosaic virus* (ApMV) and 1 viroid, *Apple scar skin viroid* (ASSVd) are known major viral pathogens of apple trees in Korea. Infection degree of the 5 viral pathogens in the commercial nursery trees of major apple cultivars, 'Hongro', 'Fuji' and bud mutation of 'Fuji' was investigated. Infection ratio of the ACLSV, ASPV and ASGV for scion of an apple cultivar 'Hongro' were 100%, 81.3% and 100%, respectively. On the other hand, no infection for either ApMV and ASSVd detected. For the root stock of the cultivar, infection ratio of ACLSV, ASPV and ASGV showed 87.5%, 81.3% and 100% as well as ApMV and ASSVd were 12.5% and 6.3%, respectively. From the scion of apple cultivars 'Fuji' and bud mutation of 'Fuji', infection ratio of ACLSV, ASPV and ASGV showed 86.7%, 86.7% and 100%, respectively. Whereas, no infection for either ApMV or ASSVd detected. From the root stock of the cultivars, infection ratio of ACLSV, ASPV and ASGV showed 86.7%, 93.3% and 93.3% as well as ApMV and ASSVd were 12.5% and 6.3%, respectively. Result of our study indicates that most of commercial nursery apple trees were supplied with multiple infections by apple viruses causing potential losses for apple growers and, henceforth, agricultural policy for supply of the virus-free trees should be employed as soon as possible.

Keywords: ACLSV, ApMV, ASPV, ASGV, ASSVd

Received September 5, 2017
Revised October 10, 2017
Accepted October 10, 2017

서 론

일반적으로 과수에 있어 바이러스는 접목 감염을 통해 과실 품질 저하 및 수량 감소 등 생산성 저하를 야기한다(Smith와 Challen, 1972; Wood, 1979). 우리나라에서 사과에 문제가 되는 주요 바이러스에는 퇴록반점 바이러스(ACLSV, *Apple chlorotic leaf spot virus*), 모자이크 바이러스(ApMV, *Apple mosaic virus*), 줄기곰보 바이러스(ASPV, *Apple stem pitting virus*), 잎검은점 바이러스(ASGV, *Apple stem grooving virus*) 등이 있고 바이로이드에는 위축 바이로이드(ASSVd, *Apple scar skin viroid*) 1종이 보고되고 있다(The Korean Society of Plant Pathology, 2009).

Research in Plant Disease
pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191
www.online-rpd.org

ⓒ The Korean Society of Plant Pathology
ⓒ This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

특히, 퇴록반점 바이러스(ACLSV)는 배나무에도 병을 일으키고 잎검은점 바이러스(ASGV)는 복숭아나무에도 피해를 준다(The Korean Society of Plant Pathology, 2009). 이들 바이러스와 바이로이드는 대부분 복합 감염하여 수세를 천천히 떨어뜨리고, 과실을 작게 하는 등 만성적인 피해를 주는데, 국내 사과에서 20–40%의 생산량 감소를 가져오고, 당도 및 상품성 저하를 초래하는 것으로 보고되었다(Kim 등, 2011; Kinard 등, 1996; Liu 등, 2013; Menzel 등, 2002).

ACLSV의 병징은 '홍로' 품종에서 과실크기가 작아지면서 육질이 치밀하고 딱딱해지며, 숙기가 늦어지는 등 소과증상으로 나타나고(Kim 등, 2004), '화홍' 품종에서는 잎의 전분 대사가 원활하지 못하여 당으로의 전환율이 낮아 과실의 당도저하를 초래하였다(Kim 등, 2009). 그러나, 배 '신고' 품종에서는 이상증상을 보여주지 않았다(Cho 등, 2010).

ApMV에 감염된 사과는 연한 노란색의 반점을 형성하고, 잎 주위가 갈변되며, 생장 피해 및 수량 감소를 야기한다(Lee 등, 2013). 또한, 이 바이러스에 감염된 사과 '후지' 품종에서는 수고와 주간직경 생장에 부의 상관관계를 보였다(Kim 등, 2009).

ASPV에 감염되면 줄기가 깊이 파이면서 괴저(necrosis)되거나 마르면서 고사(pitting) 증상을 보이지만, M.26과 같은 왜성대목은 이 바이러스에 저항성이 강하여 발병률이 낮다(Oh 등, 1973). 한편 고접병으로도 알려진 ASPV 감염은 접목부의 이상증상 혹은 줄기에 pitting 증상이 나타나지만 과실의 크기도 작아지면서 비대가 억제되어 'flute fruit'과 같은 기형과를 유발하기도 한다(Kim 등, 2004).

ASGV는 배 '신고' 품종에서 발생이 심한데 잎에 부정형의 검은 점을 유도하고(Cho 등, 2010), 이 바이러스의 이병엽이 80% 이상이면 수량이 50% 정도 감소되었다(Hong 등, 1985; Nam과 Kim, 1994). 사과 '화홍' 품종에서는 생장량 지수에 미치는 영향이 가장 높았고, 과실 경도에 매우 높은 부의 상관성을 보였다(Kim 등, 2009).

ASSVd는 1935년 중국 만주에서 세계 최초로 발견되었고(Ohtsuka, 1938), 일본, 미국, 유럽, 인도 등에서도 병이 발생한다(Cambell과 Sparks, 1976; Millikan과 Martin, 1956). 우리나라에서는 1998년 의성에서 일본 도입 품종인 '미끼라이프' 품종에서 최초로 보고된 이후, 2000년도에 군위, 영주, 상주, 안동, 문경 지역 7개 농가에서 1,098주의 감염이 확인되었고, 농가 별 감염률은 8–100%이었다(Kim 등, 2011; Kwon 등, 2002). 2009–2010년의 사과 바이로이드 감염 실태 조사에서도 경기도 등에서 3.6%가 감염된 것으로 나타났다(Kim 등, 2010). ASSVd에 감염된 사과의 병징은 잎이나 줄기에서 나타나지 않고 주로 과피에 나타나며, 노란색 반점들이 생긴 후 전체적으로 과일의 착색이 불균일하게 된다(Kim 등, 2010). 또한, fruit dappling, scarring, cracking을 야기하는데, dapple apple 병징은 황화(chlorosis)와 비슷하고 과일 크기와 숙기에 따라 크기와 착색이 다르게 나타난다(Kwon 등, 2002). 그러므로 건전한 접수와 대목을 포함한 바이로이드 무병묘 공급이 중요하다(Kwon 등, 2002). 사과 바이러스의 전염 방법은 주로 접목에 의하거나 뿌리간의 접촉에 의해서도 감염이 될 수 있으며, ASSVd와 같은 바이로이드의 경우는 전정가위와 같은 물리적인 접촉에 의해서도 감염된다(Arai 등, 1990; Kim 등, 2004, 2005, 2010).

본 연구는 국내에서 유통되고 있는 사과묘목 중 '홍로' 및 '후지'와 이들 아조변이 품종들에 대해 접수와 대목을 구분하여 1 종의 바이로이드(ASSVd)와 4 종의 바이러스(ApMV, ApMV, ASPV, ASGV) 감염 여부를 조사하고 사과바이러스의 감염 실태를 파악하여 무병묘 생산 및 보급에 대한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

사과 묘목. 2016년 전국의 사과 묘목 생산 농원 16개소(충북 4, 충남 1, 전북 1, 경북 10)에서 구입하였고(Fig. 1) 묘목 소질(대목 종류 및 품종명)을 문답식으로 조사하였다. 또한, 각 농원에서 구입한 사과 '홍로' 및 '후지' 등 아조변이 품종을 포함하여 1년생 묘목을 각각 5주씩 구입하였고, 이 중 3주씩의 어린 가지를 혼합하여 농촌진흥청 국립원예특작과학원에서 기술이전 받은 사과바이러스 검출법을 토대로 바이러스 감염 여부를 검정하였다.

Total RNA 추출. 사과 묘목의 접수와 대목을 구분하여 표피 100 mg을 분리하고 2 ml tube (Safe-Lock Tubes, Eppendorf, Hamburg, Germany)에 넣은 다음 Ø 6.3 mm stainless steel bead (BioSpec Products, Inc., Oklahoma, USA)를 넣고 TissueLyserII (QIAGEN, Hilden, Germany)를 사용하여 30 hz로 30초 동안 분쇄하였다. Total RNA 추출은 GeneAll Ribospin™ Plant Kit (GeneAll Biotechnology Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하였고, 추출한 total RNA는 Nanodrop 2000 (Thermo Fisher Scientific Inc., Massachusetts, USA)을 이용하여 정량하였다. 또한, 추출한 total RNA는 1% agarose gel에서 150 V, 17분간 전기영동 후, UV transilluminator (Major science, Illinois, USA)로 확인하였다.

cDNA 합성 및 PCR 증폭. 추출한 total RNA는 GeneAll HyperScript™ One-step RT-PCR Master mix (GeneAll Bio-

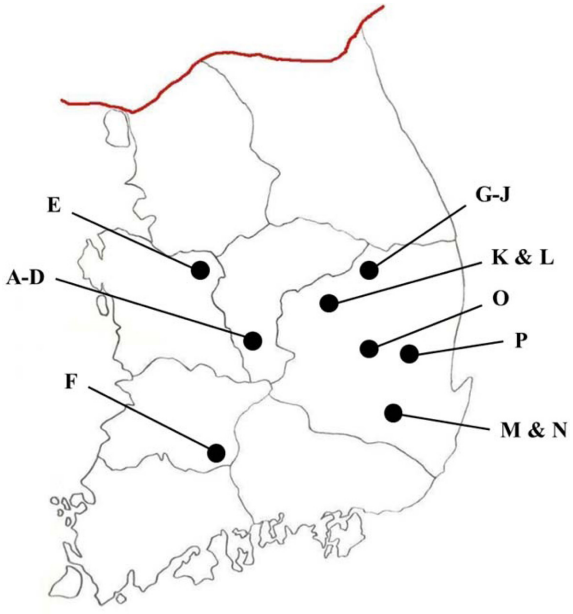

Fig. 1. Locations of the nursery apple trees collected. A-D, purchased from the 4 production farms in Okcheon, Chungbuk. A, 'Hongro' and 'Fuji'/M.26 double grafting; B, 'Hongro' and 'Fuji'/M.9 own root; C, 'Hongro' and 'Mishima Fuji'/M.9 own root; D, 'Hongro' and 'Fuji'/M.26 double grafting. E, in Cheonan, Chungnam and 'Hongro' and 'Fuji'/M.9 own root. F, in Namwon, Jeonbuk and 'Hongro' and 'Fuji'/M.9 own root. G-J, in Yeongju, Gyeongbuk. G, 'Hongro' and 'Myanmar Fuji'/M.9 own root; H, 'Hongro' and 'Myanmar Fuji'/M.26 own root; I, 'Hongro'/M.9 own root; J, 'Hongro' and 'Fuji'/M.26 own root. K & L, in Mungyeong, Gyeongbuk. K, 'Hongro' and 'Miyabi Fuji'/M.9 own root; L, 'Hongro' and 'Fuji'/M.9 own root. M & N, in Gyeongsan, Gyeongbuk and 'Hongro' and 'Fuji'/M.9 own root, both. O, in Uiseong, Gyeongbuk and 'Hongro' and 'Fuji'/M.9 own root. P, in Cheongsong, Gyeongbuk and 'Hongro' and 'Myanmar Fuji'/M.9 own root.

technology Co.)를 사용하여 PCR thermal cycler (Multigene Optimax, Labnet International, Inc., New Jersey, USA)로 cDNA 합성 및 PCR 증폭을 하였다. 이를 위한 primer 염기서열은 Table 1과 같으며, PCR 반응은 cDNA 합성(55°C, 30분), initial denaturation (95°C, 10분), denaturation (95°C, 40초), annealing (ACLSV, ASPV, ASGV, *nad*5는 60°C에서 40초; ApMV는 66°C에서 40초; ASSVd는 63°C에서 40초), extension (72°C, 40초)으로 35회 반복하였으며, final extension은 72°C에서 5분간 수행하였다. 얻은 PCR 산물은 12°C에 저장하였다. 전기영동은 1X TBE buffer와 2% agarose gel에서 실시하였고, 분자량 마커로 100 bp DNA ladder (GENESTA™, Stockholm, Sweden)를 이용하였다. 각각의 PCR 증폭 산물 5 μl에 6X loading dye (GeneAll BB solution; GeneAll Biotechnology Co.) 1 μl를 섞어 loading하였고, 150 V에서 25분간 전기영동 후 UV transilluminator를 이용하여 결과를 확인하였으며, 나타난 DNA 밴드의 유무를 육안으로 증폭되는 않은 것(–), 증폭된 것(+)으로 구분하여 바이러스 감염 여부를 조사하였다.

결과 및 고찰

각 농원에서 구입한 사과나무 묘목 소질. 각 농원이 위치한 지역과 구입한 사과나무 묘목 소질은 Table 2와 같다. A–D 농원은 충북 옥천에 위치하였고, E 농원은 충남 천안, F 농원은 전북 남원, G–P 농원은 경북에 위치하였는데, G–J 농원은 영주, K와 L 농원은 문경, M과 N 농원은 경산, O 농원은 의성, P 농원은 청송에 위치하였다. A와 D 농원은 M.26 이중대목을 사용하였고, H와 J 농원은 M.26 자근 대목을, 나머지 농원(B, C, E–G,

Table 1. List of PCR primers used in this study

Primers	Sequence	Product size	References
ACLSV-F	5′-TTCATGGAAAGACAGGGGCAA-3′	677 bp	Menzel *et al.*, 2002
ACLSV-R	5′-AAGTCTACAGGCTATTTATTATAAGTCTAA-3′		
ApMV-F	5′-CGTAGAGGAGGACAGCTTGG-3′	450 bp	Hassan *et al.*, 2006
ApMV-R	5′-CCGGTGGTAACTCACTCGTT-3′		
ASPV-F	5′-ATGTGTGGAACCTCATGCTGCAA-3′	370 bp	Menzel *et al.*, 2002
ASPV-R	5′-TTGGGATCAACTTTACTAAAAAGCATAA-3′		
ASGV-F	5′-GCCACTTCTAGGCAGAACTCTTTGAA-3′	273 bp	Menzel *et al.*, 2002
ASGV-R	5′-AACCCCTTTTTGTCCTTCAGTACGAA-3′		
ASSVd-F	5′-CCCGGTAAACACCGTGCGGT-3′	331 bp	Lee *et al.*, 2001
ASSVd-R	5′-ACCGCGAAACACCTATTGTG-3′		
*nad*5-F[z]	5′-GATGCTTCTTGGGGCTTCTTGTT-3′	181 bp	Menzel *et al.*, 2002
*nad*5-R	5′-CTCCAGTCACCAACATTGGCATAA-3′		

[z]NADH dehydrogenase subunit 5.

Table 2. Characteristics for the nursery trees of apple cultivars used

Manufacturer identity (ID)	Location	Root stocks	Apple cultivars for scion	Purchase year	Purchase nation
A	Chungbuk Okcheon Dongi	M.26 double grafting	'Hongro' & 'Fuji'	2000	Italia
B	Chungbuk Okcheon Iwon-1	M.9 own root	'Hongro' & 'Fuji'	1995	Italia
C	Chungbuk Okcheon Iwon-2	M.9 own root	'Hongro' & 'Mishima Fuji'	1995	Italia
D	Chungbuk Okcheon Iwon-3	M.26 double grafting	'Hongro' & 'Fuji'	2000	Italia
E	Chungnam Cheonan Seonghwan	M.9 own root	'Hongro' & 'Fuji'	2000	Italia
F	Jeonbuk Namwon Josan	M.9 own root	'Hongro' & 'Fuji'	2000	Italia
G	Gyeongbuk Yeongju Bonghyeon-1	M.9 own root	'Hongro' & 'Myanmar Fuji'	2000	Italia
H	Gyeongbuk Yeongju Bonghyeon -2	M.26 own root	'Hongro' & 'Myanmar Fuji'	1995	Italia
I	Gyeongbuk Yeongju Bonghyeon -3	M.9 own root	'Hongro'	1995	Italia
J	Gyeongbuk Yeongju Buseok	M.26 own root	'Hongro' & 'Fuji'	2000	Italia
K	Gyeongbuk Mungyeong Mungyeong	M.9 own root	'Hongro' & 'Miyabi Fuji'	1999	Italia
L	Gyeongbuk Mungyeong Yeongsun	M.9 own root	'Hongro' & 'Fuji'	1995	Italia
M	Gyeongbuk Gyeongsan Hayang	M.9 own root	'Hongro' & 'Fuji'	1995	Japan
N	Gyeongbuk Gyeongsan Jillyang	M.9 own root	'Hongro' & 'Fuji'	2000	Japan
O	Gyeongbuk Uiseong Bian	M.9 own root	'Hongro' & 'Fuji'	1999	Italia
P	Gyeongbuk Cheongsong Hyeondong	M.9 own root	'Hongro' & 'Myanmar Fuji'	1995	Italia

I, K–P)은 M.9 자근 대목을 사용하였다. 모든 농원(A–P)에서 사과 품종 '홍로'를 구입하였고, A, B, D–F, J, L–O 농원에서는 사과 품종 '후지'를 구입하였다. C 농원에서는 '미시마 후지'를, G와 H 및 P 농원에서는 '미얀마 후지'를, K 농원에서는 '미야비 후지'를 구입하였다. 그러나, I 농원에서는 '후지' 및 '후지' 아조변이 품종을 생산하지 않았다. 이들 농원은 1995–2000년에 주로 이탈리아에서 바이러스 무병대목을 구입하였고 일부 일본에서도 도입하였다.

사과 품종 '홍로'의 바이러스 감염도. 전국 16개 농원에서 구입한 사과 품종 '홍로'에 대한 바이러스 검정 결과는 Table 3과 같았다. 접수 부분에 대한 바이러스 감염 정도는 차이가 있었으나, A, D–F, H–P 13개 농원의 사과 묘목에는 ACLSV, ASPV 및 ASGV가, B, C 및 G 3개 농원의 묘목에는 ACLSV와 ASGV가 복합 감염되었다. ACLSV와 ASGV는 모든 농원의 묘목에 100% 감염되어 있었고, ApMV와 ASSVd는 전혀 감염되어 있지 않았으며, ASPV의 감염률은 81.3%를 보였다. 대목에 대해서는 A, D–F, H, J, K, M, O, P 10개 농원의 대목에 ACLSV, ASPV 및 ASGV에 의해 복합 감염되어 있었고, B와 C 및 G 3개 농원의 대목에는 ACLSV와 ASGV에, I 농원의 대목에는 ApMV, ASPV 및 ASGV에, L 농원의 대목에는 ACLSV, ApMV, ASPV 및 ASGV에, N 농원의 대목에는 ASPV, ASGV 및 ASSVd에 복합 감염되어 있었다. 대목에서 ACLSV와 ApMV는 각각 87.5%와 12.5%가 감염되었고 ASPV와 ASGV는 각각 81.3%와 100%가 감염되었으며, 바이로이드인 ASSVd도 N 농원에서 약하게 감염되어 6.3%의 감염률을 보였다. I, L 및 N 농원을 제외한 나머지 13개 농원(A–H, J, K, M, O, P)은 모두 접수와 대목에서 같은 바이러스에 복합 감염된 반면에, I와 L 농원은 접수에 감염되어 있지 않고 대목에 감염된 ApMV는 추후에 물관과 체관을 통하여 접수로 이동할 것이다. N 농원 또한, 접수에서 발견되지 않고 대목에서 검출된 ASSVd가 접수로 이동하여 과일에 영향을 미칠 것이다. Kim 등(2004)은 사과 '홍로' 품종에서 소과 증상이 평균 12% 정도이고 주요인인 ACLSV가 100% 검출되었다고 한 것처럼 각 농원에서 생산한 접수에서 ACLSV 감염률이 100%인 것과 일치하였다. 이는 ACLSV의 감염 경로가 대부분 구입한 묘목에서 왔다고 생각한다.

사과 품종 '후지' 및 아조변이 품종에서의 바이러스 감염 정도. 전국 15개 농원에서 구입한 사과 '후지' 및 '후지' 아조변이 품종에 대한 바이러스 감염 여부는 Table 4와 같았다. 접수 부분에 대한 바이러스 감염은 감염 정도는 차이가 있었으나, A 농원은 ASPV와 ASGV에 복합 감염되었고 B 농원은 ACLSV와 ASGV에, C–H, J–M, O, P 12개 농원은 ACLSV, ASPV 및 ASGV에 복합 감염되었으며, N 농원은 ASGV에 단독 감염되었다. 접수에서 ACLSV, ASPV 및 ASGV에 의한 감염률은 각각 86.7%, 86.7% 및 100%를 보였고 ApMV와 ASSVd에 각각 감염된 농원은 없

Table 3. Infection degree of viruses on the nursery trees of an apple cultivar 'Hongro' by RT-PCR

Manufacturer ID	Classification	ACLSV	ApMV	ASPV	ASGV	ASSVd
A	Scion	+[z]	−	+	+	−
	Root	+	−	+	+	−
B	Scion	+	−	−	+	−
	Root	+	−	−	+	−
C	Scion	+	−	−	+	−
	Root	+	−	−	+	−
D	Scion	+	−	+	+	−
	Root	+	−	+	+	−
E	Scion	+	−	+	+	−
	Root	+	−	+	+	−
F	Scion	+	−	+	+	−
	Root	+	−	+	+	−
G	Scion	+	−	−	+	−
	Root	+	−	−	+	−
H	Scion	+	−	+	+	−
	Root	+	−	+	+	−
I	Scion	+	−	+	+	−
	Root	−	+	+	+	−
J	Scion	+	−	+	+	−
	Root	+	−	+	+	−
K	Scion	+	−	+	+	−
	Root	+	−	+	+	−
L	Scion	+	−	+	+	−
	Root	+	+	+	+	−
M	Scion	+	−	+	+	−
	Root	+	−	+	+	−
N	Scion	+	−	+	+	−
	Root	−	−	+	+	+
O	Scion	+	−	+	+	−
	Root	+	−	+	+	−
P	Scion	+	−	+	+	−
	Root	+	−	+	+	−
Ratio of virus infection in scion (%)		100	0	81.3	100	0
Ratio of virus infection in root (%)		87.5	12.5	81.3	100	6.3

[z]−; no detected, +; detected.

었다. 대목에 대해서는 A, C–F, H, K–P 12개 농원에서 ACLSV, ASPV 및 ASGV에 복합 감염되었고 B와 J 농원은 각각 ASGV와 ASPV에 단독 감염이 확인되었으며, G 농원에서는 ACLSV, ApMV, ASPV 및 ASGV에 복합 감염을 보였다. 대목에서 ACLSV와 ApMV에 의한 감염률은 각각 86.7%와 6.7%이었고 ASPV와 ASGV에 의한 감염률은 모두 93.3%이었으며, ASSVd에 감염된 농원은 없었다. A, G 및 N 농원은 접수와 다르게 대목에만 감염된 바이러스가 확인되었다. A 농원은 대목에서 ACLSV에 감염되었고 G 농원은 ApMV에, N 농원은 ACLSV와 ASPV에 감염되어 향후 사과나무 재배에 있어 수관 및 과일에 영향을 미칠 것이다. Cho 등(2010)은 배에서 ASPV와 ASGV 또는 ACLSV, SAPV, ASGV에 의한 복합 감염률이 22.7%이었다고 보고한 것처럼 ACLSV, SAPV, ASGV에 의한 3중 복합 감염률이 81.3–93.3%로 대부분을 차지하였다. Han 등(2015)은 충북, 충남, 경북에 사과

Table 4. Infection degree of viruses on the nursery trees of both apple cultivars 'Fuji' and the bud mutation of 'Fuji' by RT-PCR

Manufacturer ID	Classification	ACLSV	ApMV	ASPV	ASGV	ASSVd
A	Scion	–[z]	–	+	+	–
	Root	+	–	+	+	–
B	Scion	+	–	–	+	–
	Root	-	–	–	+	–
C	Scion	+	–	+	+	–
	Root	+	–	+	+	–
D	Scion	+	–	+	+	–
	Root	+	–	+	+	–
E	Scion	+	–	+	+	–
	Root	+	–	+	+	–
F	Scion	+	–	+	+	–
	Root	+	–	+	+	–
G	Scion	+	–	+	+	–
	Root	+	+	+	+	–
H	Scion	+	–	+	+	–
	Root	+	–	+	+	–
I	Scion	----------	----------	nt[y]	----------	----------
	Root	----------	----------	nt	----------	----------
J	Scion	+	–	+	+	–
	Root	–	–	+	–	–
K	Scion	+	–	+	+	–
	Root	+	–	+	+	–
L	Scion	+	–	+	+	–
	Root	+	–	+	+	–
M	Scion	+	–	+	+	–
	Root	+	–	+	+	–
N	Scion	–	–	–	+	–
	Root	+	–	+	+	–
O	Scion	+	–	+	+	–
	Root	+	–	+	+	–
P	Scion	+	–	+	+	–
	Root	+	–	+	+	–
Ratio of virus infection by scion (%)		86.7	0	86.7	100	0
Ratio of virus infection by root (%)		86.7	6.7	93.3	93.3	0

[z]–; no detected, +; detected, [y]not tested.

원에서 ACLSV와 ASGV에 의한 2중 복합 감염이 3.1%라 하였고 Park 등(2006)은 19.6%라고 하였는데, 조사한 묘목에서는 이들 복합 감염률은 100%이어서, 농가에 더 많은 감염 및 손실을 초래할 것이다. Kwon 등(2002)에 따르면, 사과원에서 가장 심각한 피해를 야기하는 ASSVd가 경북과 전북에서 발견되었고 점차적으로 확산될 것이라고 하였는데, N 농원에서 대목에 대한 ASSVd 감염은 전국적으로 판매되기 때문에 크게 문제가 될 가능성이 있다.

한편, 동일한 농원에서 구입한 사과 '홍로'와 '후지' 및 '후지' 아조변이 품종 묘목에 대해, 사용된 대목 간, 감염된 바이러스 종류 차이를 보였다. B 농원은 '홍로' 품종 묘목의 대목에서 ACLSV에 약하게 RT-PCR 산물이 증폭된 반면에 '후지' 품종 묘목의 대목에서는 ACLSV가 증폭되지 않았다. C 농원에서는 '홍로' 품종에서 ASPV가 없는 반면 '미시마 후지'에서 감염이 확인

되었고 G 농원에서는 '홍로' 품종에서 ApMV와 ASPV에 감염되지 않았으나 '미얀마 후지'에서는 감염되었다. J 농원은 '홍로'에서 ACLSV와 ASGV에 감염되었으나 '후지'에서는 감염되지 않았다. L 농원은 '홍로'에서 ApMV가 발현되었으나 '후지'에서는 감염되지 않았다. N 농원은 '홍로' 품종의 대목에서 ACLSV가 감염되지 않은 반면에, '후지' 품종의 대목에서는 ACLSV가 검출되었다. 이렇듯 대목에서 감염된 바이러스 종류 차이는 대목 포장 관리, 부족한 대목의 다른 농원에서의 구입, 잠복한 바이러스의 발현 등이 원인이라 생각한다.

요 약

국내에서 유통되고 있는 사과나무 묘목의 바이러스 감염 실태를 파악하기 위하여 사과 '홍로'와 '후지' 및 '후지' 아조변이 품종을 구입하여 5종류의 바이러스에 대한 감염 여부를 검정하였다. 그 결과, '홍로' 품종의 접수 부위는 ACLSV, ASPV 및 ASGV에 각각 100%, 81.3% 및 100%의 감염률을 보였고 ApMV와 ASSVd에는 전혀 감염되지 않았다. '홍로' 품종의 대목 부위에 대하여, ACLSV, ASPV 및 ASGV의 감염률은 각각 87.5%, 81.3% 및 100%이었고 ApMV와 ASSVd의 감염률은 각각 12.5% 및 6.3%이었다. '후지' 품종 및 '후지' 아조변이 품종의 접수 부위는 ACLSV, ASPV 및 ASGV에 각각 86.7%, 86.7% 및 100%의 감염률을 보였고 ApMV와 ASSVd에는 전혀 감염되지 않았다. 대목 부위는 ACLSV, ASPV 및 ASGV에 각각 86.7%, 93.3% 및 93.3%의 감염률을 보였고 ApMV와 ASSVd에 대한 감염률은 각각 12.5%와 6.3%이었다.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no competing and commercial interests in this work.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET) through (Agri-Bioindustry Technology Development Program), funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (grant No. 315003-05-3-HD060).

References

Arai, S., Fukushima, C., Nakazawa, N. and Segawa, K. 1990. Susceptibility of apple root stock infected with *apple chlorotic leaf spot virus* to white root rot and violet root rot. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 41: 92-93.

Cambell, A. and Sparks, T. R. 1976. Experiments with dapple apple virus. *Acta Hortic.* 67: 261-264.

Cho, I. S., Kim, D. H., Kim, J. R., Chung, B. N., Cho, J. D. and Choi, G. S. 2010. Occurrence of pome fruit viruses on pear trees (*Pyrus pyrifolia*) in Korea. *Res. Plant Dis.* 16: 326-330. (In Korean)

Han, J.-Y., Kim, J.-K., Cheong, J.-S., Seo, E.-Y., Park, C.-H., Ju, H.-K., Cho, I. S., Gotoh, T., Moon, J. S., Hammond, J. and Lim, H.-S. 2015. Survey of *apple chlorotic leafspot virus* and *apple stem grooving virus* occurrence in Korea and frequency of mixed infections in apple. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ*. 60: 323-329.

Hassan, M., Myrta, A. and Polak, J. 2006. Simultaneous detection and identification of four pome fruit viruses by one-tube pentaplex RT-PCR. *J. Virol. Methods* 133: 124-129.

Hong, K. H., Kim, Y. S., Kim, W. C., Kim, J. B., Lee, U. J., Lee, E. J., Cho, W. D. and Cho, E. K. 1985. Studies on the abnormal spot disease in pear leaf. *Res. Rept. RDA (Hort.)* 27: 46-55. (In Korean)

Kim, D. H., Kim, H. R., Heo, S., Kim, S. H., Kim, M. A., Shin, I. S., Kim, J. H., Cho, K. H. and Hwang, J. H. 2010. Occurrence of apple scar skin viroid and relative quantity analysis using real-time RT-PCR. *Res. Plant Dis.* 16: 247-253. (In Korean)

Kim, H. R., Kim, J. S., Hwang, J. H., Lee, S. H., Choi, G. S. and Choi, Y. M. 2004. Influence of ACLSV-infection on fruit quality of 'Hongro' apples. *Res. Plant Dis.* 10: 145-149. (In Korean)

Kim, H. R., Heo, S., Shin, I.-S., Kim, J. H., Cho, K.-H. and Kim, K. H. 2009. Effects on apple tree growth and fruit quality by virus-infection. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27(Suppl II): 115. (In Korean)

Kim, H. R., Lee, S. H., Lee, D. H., Kim, J. S., Yun, K. O. and Jang, H. I. 2005. Transmission of apple scar skin viroid through grafting, seed and pruning scissors. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23(Suppl I): 42. (In Korean)

Kim, J. S., Lee, S. H., Choi, H. S., Kim, M. K., Kwak, H. R., Nam, K., Kim, J. S., Choi, G. S., Cho, J. D., Cho, I. S. and Chung, B. N. 2011. Occurrence of virus diseases on major crops in 2010. *Res. Plant Dis.* 17: 334-341. (In Korean)

Kinard, G., Scott, S. and Barnett, O. 1996. Detection of *apple chlorotic leaf spot* and *apple stem grooving viruses* using RT-PCR. *Plant Dis.* 80: 616-621.

Kwon, M. J., Hwang, S. L., Lee, S. J., Lee, D. H. and Lee, J. Y. 2002. Detection and distribution of *apple scar skin viroid*-Korean strain (ASSVd-K) from apples cultivated in Korea. *Plant Pathol. J.* 18: 342-344.

Lee, G., Kim, J. H., Kim, J. R., Shin, I. S., Cho, K. H., Kim, S. H., Shin, J. and Kim, D. H. 2013. Production system of virus-free apple plants using heat treatment and shoot tip culture. *Res. Plant Dis.* 19: 288-293. (In Korean)

Lee, J. H., Park, J. K., Lee, D. H., Uhm, J. Y., Ghim, S. Y. and Lee, J. Y. 2001. Occurrence of apple scar skin viroid-Korean strain (ASSVd-K) in apples cultivated in Korea. *Plant Pathol. J.* 17: 300-304.

Liu, P., Zhang, L., Zhang, H., Jiao, H. and Wu, Y. 2013. Detection and molecular variability of *Apple stem grooving virus* in Shaanxi,

China. *J. Phytopathol*. 161: 445-449.

Menzel, W., Jelkmann, W. and Maiss, E. 2002. Detection of four apple viruses by multiplex RT-PCR assays with coamplification of plant mRNA as internal control. *J. Virol. Methods* 99: 81-92.

Millikan, D. F. and Martin, W. R. 1956. An unusual fruit dimple symptom in apple. *Plant Dis. Rep.* 40: 229-230.

Nam, K. W. and Kim, C. H. 1994. Studies on the pear abnormal leaf spot disease 1. Occurrence and damage. *Plant Pathol. J.* 10: 169-174. (In Korean)

Oh, S. D., Hong, S. B. and Kim, Y. H. 1973. Studies on virus disorder of top worked apple tree -II. On virus susceptibility of various apple rootstocks and on their symptoms. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 14: 1-6. (In Korean)

Ohtsuka, Y. 1938. On Manshu-sabika-byo of apple, graft transmission and symptom variation in cultivars. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci*. 9: 282-286.

Park, H. L., Yoon, J. E., Kim, H. R. and Baek, K. H. 2006. Multiplex RT-PCR assay for the detection of *Apple stem grooving virus* and *Apple chlorotic leaf spot virus* in infected Korean apple cultivars. *Plant Pathol. J.* 22: 168-173.

Smith, P. R. and Challen, D. I. 1972. Aetiology of the rosette and decline diseases of peach and interactions between *Prunus* necrotic ringspot, Prune dwarf, and dark green sunken mottle viruses. *Austr. J. Agric. Res.* 23: 1027-1034.

The Korean Society of Plant Pathology. 2009. List of Plant Diseases in Korea. 5th ed. pp.184-195.

Wood, G. A. 1979. Virus and Virus-Like Diseases of Pome Fruits And Stone Fruits in New Zealand. No. 226. Bulletin, Department of Scientific and Industrial Research, Wellington. 87 pp.