

한국에서 발생한 목본식물의 바이러스병* 이 상 용¹⁾

Viral Diseases of Woody Plants in Korea* Sang Yong Lee¹⁾

요 약

매년 새로운 식물바이러스병이 보고되고 있지만, 이들 대부분의 바이러스들은 곡류, 채소류 및 화훼류와 같은 초본식물에서 발견된 것으로서, 상대적으로 목본식물의 바이러스는 잘 알려지지 않고 있는 실정이다. 한편, 현재까지 국내에서 보고된 목본식물의 바이러스는 17종으로 11종의 수종으로부터 분리되었다. 이와 같은 목본 식물의 바이러스병은 대부분 과수나 원예용 수목에서 발견되었는데, 그 이유 중의 하나는 임목보다 과수나 원예용 수목이 경제성이 높기 때문으로 추정된다. 다수의 식물바이러스가 초본 식물 뿐만 아니라 목본식물에도 피해를 준다는 사실을 생각해 볼 때, 보다 더 많은 연구가 수행된다면, 앞으로 많은 수의 목본식물 바이러스병이 밝혀질 것이다. 이 논문은 현재까지 국내에서 보고된 목본식물 바이러스병에 관한 총설이다.

ABSTRACT

New plant viral diseases are being reported every year. However, most of the plant viruses are found on nonwoody plants, such as cereals, vegetables and flowering plants, and relatively few are known on woody trees. On the other hand, 17 viruses have been reported on 11 species of woody plants in Korea, so far. Most of the viral diseases of woody plants are have been reported on fruit trees or ornamental trees. The reason is that the fruit trees or ornamental trees is more important than forest trees in economical aspects. Since many known plant viruses attack several species of nonwoody and woody plants, it is likely that a larger number of viral diseases of woody plants will be discovered as more research is conducted. This paper is an overview about the viral diseases of woody plants reported in Korea.

Key words : woody plants, viral diseases.

* 이 논문은 2004년도 강원대학교 산림과학연구소의 학술연구지원사업에 의해 진행되었음. 이 논문의 일부는 <http://bric.postech.ac.kr/webzine>에 발표한 내용임.

1) 강원대학교 산림과학대학 산림자원학부 : Division of Forest Resources, College of Forest Science, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

외관상의 병징 특성만으로 추정하여 볼 때, 국내에는 다수의 樹種에 바이러스가 존재하는 것으로 추정되지만, 현재까지 전문 학술지에 보고된 목본 식물의 바이러스병은 소수에 지나지 않고, 그나마 주로 과수류 및 관목류의 조경용 수종의 바이러스에 치중되어 있다. 일반적으로 초본 식물의 바이러스병에 비하여 목본 식물 바이러스병에 관한 연구는 많이 뒤쳐진 것은 사실이지만 특히, 국내의 경우는 선진 외국의 연구 성과에 비하여 상당히 부족한 상황으로, 비교적 최근에 들어서야 비로서 일부 수종에서 체계적인 바이러스병에 관한 연구가 수행되고 있으나, 그것도 주로 과수류에 국한되고 있는 아쉬움이 있다.

초본식물에 비하여 목본식물의 바이러스병 연구가 미진한 이유로는 농작물 등을 위주로 하는 초본 식물의 바이러스병은 그 피해가 상당한 경제적 피해를 초래하는데 비하여, 목본식물의 바이러스병은 일부 과수류에 의한 바이러스병을 제외하고는 그 피해 정도가 상대적으로 낮기 때문에 연구 대상의 우선 순위에서 밀리고 있으며, 목본 식물 조직 성분의 화학적 특성상 바이러스의 분리 정제가 어렵고, 이병조직내의 바이러스 농도가 초본류에 비하여 상대적으로 낮기 때문에 항혈청 반응 등에 의한 바이러스의 검정이 손쉽게 않다는 점과 함께, 다년생 식물로서 년중 접종 실험이 가능한 상태의 생육 단계로 유지하기가 어렵다는 점과 관련 연구자의 부족 등을 목본식물 바이러스병 연구의 어려움으로 지적할 수 있겠다.

그러나, 목본식물은 지구 생태계를 구성하고 있는 주요 biomass 중의 하나로서, 균류 및 세균류에 의한 피해 뿐만 아니라 바이러스에 의한 피해 현상도 반드시 밝혀져야 할 연구 과제 중의 하나로서, 언제 발생될지 모르는 돌발적인 바이러스병의 방제를 위해서도 이에 대한 많은 연구가 수행되어야 할 것이다. 또한, 대부분의 식물바이러스는 목본 식물과 주요 농작물과 같은 초본 식물을 동일한 기주로 하고 있는 경우가 많기 때문에, 주요 농작물의 바이러스병의 피해 예방을 위하여서도, 바이러스병의 연구의 어려움 때문에 목본식물에서의 바이러스병의 연구를 소홀히 해서 안 될 것이다.

다행스럽게도 국내의 경우, 현재까지는 일부 과수류의 바이러스병을 제외하고는 경제적인 수준까지 피해를 나타내고 있는 바이러스병은 발생하고 있지 않으나, 최근에는 국제 농산물 시장이 개방됨에 따라서, 새로운 목본 식물의 수종 및 품종이 국내에 유입될 것이고 이와 함께 국내에는 존재하지 않았던 바이러스도 함께 발생할 가능성도 배제할 수 없을 것이다. 따라서, 많이 늦은 감은 있지만, 지금부터라도 국내 목본식물 바이러스병의 분리 동정 및 체계적인 연구가 수행되어야 추후에 발생할 수 있는 바이러스병의 효율적인 방제에 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

국내에서 보고된 수종별 바이러스

감귤 : 감귤은 제주도를 대표하는 과수이며, 다른 목본식물 및 과수 중에서도 바이러스에 의한 경제적 손실이 가장 많은 수종 중의 하나라 할 수 있겠다. 1989년 권 등 (25,26)은 제주도내의 6개 감귤 재배 주요 산지를 대상으로 *Citrus tristeza closterovirus*(CTV) 및 *Citrus tatter leaf capillovirus* (CTLV)의 발병 상황을 이병 조직의 병징 특성 및 전자현미경 검정에 의하여 조사하였는데, 6개 조사지역에서 모두 CTV 및 CTLV의 발생이 확인되었으며, 품종별로는 CTV에는 재래 감귤류가 80%, CTLV에는 극조생 온주 밀감이 90% 이상의 감염율을 나타내었다. 이어서, 김 등(9,27)은 1995년부터 1997년까지 제주도 내에서의 CTV, *Satsuma dwarf nepovirus* (SDV) 및 CTLV의 감염상황을 병징 특성 및 ELISA (Enzyme-linked immuno sorbent assay) 검정에 의하여 조사한 바, 감염율이 각각 69.8%, 8.6% 및 11%로 CTV에 의한 감염이 가장 심하였으며, 품종에 따라서 감수성도 차이를 나타내었는데 즉, CTV에는 조생온주밀감이, SDV에는 극조생온주밀감이, 그리고 CTLV에는 한라조생, 암기조생 및 덕삼조생이 감수성을 나타내었다. Choi 등(4) 제주 지방 감귤로부터 분리한 SDV 및 CTLV를 기주 식물 검정 및 전자현미경 검정에 의하여 동정하

였는데 즉, SDV는 *Chenopodium quinoa*, *Datura stramonium*, *Nicotiana glutinosa* 및 *Cucumis sativas* L. Baikrok에서 국부병반을 형성하였으며, *N. occidentalis*, *N. Xanthi*. NC 및 *Physalis floridana*에서는 전신감염이 된 반면, CTLV는 *C. quinoa*에서 기형, 위축 및 반점의 전신 감염 병징을 나타내었다. 전자현미경에 의한 검정의 결과, SDV 감염 *N. occidentalis* 엽조직에서 구형입자의 집단인 봉입체를 확인할 수 있었으며, CTLV 감염 *C. quinoa*로부터 정제한 바이러스입자는 사상형이었다. 보다 효율적인 CTV의 검정을 위하여 RT-PCR법이 개발되었는데, CTV의 CP gene 특이적인 primer를 이용하여 감귤 3속 9종 17 품종을 대상으로 하여 RT-PCR 검정을 실시한 결과, 감수성 품종의 경우는 60-100%의 검출 효율을 보였는데 특히, 조생종 온주밀감인 "Miyagawa Early"는 100%의 감염율을 보인 반면에 제주 재래종인 "Dangyooja"와 같은 품종에서는 CTV를 검출할 수 없었다 (Oh *et al.*, 1999). Kim 등 (7,8) 역시, CTV의 CP gene 특이적인 primer를 이용하여 온주 및 유주 밀감을 대상으로 하여 RT-PCR을 실시하였는데, ELISA 검정에 의해서는 CTV가 검출되지 않은 이병주에서도 RT-PCR에 의하여서는 CTV를 검출할 수 있어, RT-PCR에 의한 CTV 검정의 효율성을 다시 한번 입증하여 주었다. 또한 RT-PCR 증폭 산물의 cloning 및 염기배열 분석을 실시하였을 때, CTV 미국 분리주와는 97%의 유사도를 나타내었다. 제주 지역 내에서 분리한 CTV를 RT-PCR에 의하여 증폭 및 CP gene의 염기배열을 비교 분석한 바, 제주도의 밀감 재배지에는 2 계통의 CTV가 존재함을 알 수 있었으며, 목질 조직으로부터의 RT-PCR용 RNA 조짐액 추출법을 개발함으로써, 수피 등과 같은 목질부로부터의 RT-PCR 검정 효율을 한층 높일 수 있게 되었다 (Park *et al.*, 2000). 한편, 최근에는 Citrus mosaic nepovirus (CiMV)병이 일부 감귤 재배지에서 발생되었는데 (Hyun *et al.*, 2002), 특이 극조생종 온주 밀감 품종인 "Miyamoto" 가 CiMV에 감수성이

가장 높았고, 병징 역시 제일 심하게 나타났으며, 감염 과일 과육 품질 역시 상당히 저하되었다. ELISA 검정으로는 CiMV와 SDV를 구별할 수 없는, 혈청학적으로 두 종의 바이러스 간에 유연 관계에 있음을 알 수 있었다.

개나리 : 개나리는 전국적으로 분포하는 조경용 관목류로서, 바이러스성 mosaic 병징의 이병주는 비교적 오래전부터 관찰되어 왔지만, 바이러스의 분리 동정은 1997년 이 등 (17)에 의하여 최초로 보고되었다. 이병 조직으로부터의 dsRNA의 분석에 의하여 *Cucumovirus*와 동일한 virus임을 알 수 있었으며, 기주식물에서의 병징 특성, 조짐액의 물리적 성질 등은 *Cucumber mosaic cucumovirus* (CMV)와 유사하였으며, CMV-Y와 동일한 항혈청 반응 특성을 나타내었다. 개나리 분리주 (CMV-Fk)는 CMV subgroup I 특이적인 primer를 이용한 RT-PCR 반응에 의하여 DNA산물이 증폭되었으며, *Cucumovirus*-genus 특이적인 primer를 제작하여 RT-PCR 및 *EcoRI* 과 *MspI* 등의 제한효소를 이용한 RFLP 분석을 실시한 바, CMV-Fk는 CMV subgroup I에 속함을 알 수 있었다. 그러나, RAP-PCR 결과에 의하면, CMV-Fk는 CMV-Y와 다소간의 유전적 차이가 있음을 알 수 있었는데 (Lee *et al.*, 1998), 즉, pGEM T-easy vector를 이용한 CP gene의 PCR 증폭 산물의 cloning 및 염기배열을 분석한 결과, 개나리 분리주 (CMV-Fk)는 CMV-Y strain과의 similarity (유사도)가 93.5%로서 (Bang *et al.*, 2001), 이러한 PCR을 응용한 바이러스의 동정법은 기타 바이러스의 계통 및 분리주 간의 유연 관계 분석에도 유용하게 활용될 수 있는 방법으로 판단된다.

꾸지뽕나무 : 낙엽활엽의 교목류로 굵가시나무라고도 하는데, 잎은 뽕잎 대용으로 쓰고 열매는 먹을 수 있으며 잼을 만들거나 술을 담그고 나무 껍질과 뿌리는 약용이나 종이 원료로 쓰이는 수종이다. 이 등 (35)은 엽맥 괴저 및 심한 mosaic 병징의 이병 조직을 공시하여 지표식물 검정을 실시하였으며 항혈청 검정의 결과 CMV와 Potato Y *potyvirus* (PVY)에 중복 감염되

있음을 알 수 있었으며, 전자현미경에 의한 바이러스 입자의 검정으로부터 680-720 nm 및 28-30 nm의 2종의 입자가 관찰되어 CMV와 PVY에 중복 감염되었음을 입증하여 주었다. 또한 진딧물에 의한 전염이 가능함을 밝혔다.

남천 : 약용 식물 중의 하나인 남천은 상록활엽 관목류로서, 이 등 (35)은 한국의 약용식물에 발생하는 바이러스병에 관한 연구 보고에서 Direct negative staining 법에 의한 전자현미경 검정 및 double diffusion test 법에 의한 항혈청 검정 법에 의하여 mosaic 및 잎의 기형 병징을 나타내는 남천이 CMV에 감염되었음을 보고하였다.

배 : Pear necrotic leaf spot *capillovirus* (PNLSV)에 감염된 배의 병징 특성은 잎의 색깔이 적갈색으로 변하고 불규칙한 necrotic spot를 형성하였다. PNLSV는 접목이나 즙액접종에 의하여 전염되지만, 자연 상태에서의 전염 양식은 밝혀지지 않았는데, Shim 등 (24)은 재배지 상태에서의 발병 상황을 조사한 바, 토양 전염의 가능성을 착안하여, PNLSV 발병지 토양에서 79종의 균류를 분리한 후, dot-blot hybridization 검정을 실시한 결과, 5종의 균류가 PNLSV 양성 반응을 나타내었다. 한편, PNLSV의 병징을 나타내는 콩과식물과 여기서 분리한 *Penicillium* 균사를 대상으로 PCR 검정을 실시하였는데, 기주 식물과 균류에 모두에서 PNLSV genome이 검출됨으로서, 배의 PNLSV는 초분류와 더불어 균류가 바이러스의 전염 vector로서 작용할 가능성을 시사하였다. Nam과 Kim (19)은 배에 검은 괴저 병반 (black necrotic spot)병징을 나타내는 이병주 (Pear black necrotic leafspot, PBNLS)를 공시하여 전염 방법을 밝히고자 하였는데, 즙액접종은 불가능하였으나, 접목에 의하여 발병이 가능하였다. 또한, 전자현미경에 의한 세포내에서의 존재 양식을 관찰한 결과, 사상형의 입자 및 fibril-containing vesicle의 존재를 확인하였는데, 이와 같은 병징 특성, 전염 양식 및 입자 구조 특성 등에 미루어 볼 때, PBNLS의 병원체는 *Capillovirus*일 가능성이 있음을 보고하였다. 앞으로, 항혈청 검정 및 계승 차원에서 분자생물학적 검정이 수반되어 보다 설득력 있는 바이러스

의 동정이 이루어져야 하겠다.

복숭아 : 복숭아에서는 *Prunus necrotic ringspot ilavirus* (PNRSV)에 의한 바이러스병이 보고되었는데 (Kim *et al.*, 2001), PNRSV 이병주의 병징 특성은 mild mosaic이며, 바이러스 입자는 직경 약 25nm의 구형이었다. 접목접종 실험에 의하면 접종 4-6주후부터 mosaic을 동반한 line pattern 병징이 발생하였으며, 국내 복숭아 재배 산지를 대상으로 실시한 ELISA 검정에서는, 16.4%라는 높은 이병율을 나타내었다. 한편, 바이러스 검정용 PNRSV CP gene 특이적인 primer를 제작하여 RT-PCR을 실시하여, 674bp의 DNA 증폭 산물을 검정할 수 있었다.

사과 : 사과의 바이러스병 중에서는 Apple stem pitting virus (ASPV)이 이미 오래전부터 국내에 만연되고 있었으나, 감염 상태에 대한 구체적인 조사가 이루어진 것은 1973년으로, 오 등(32)은 사과 품종별로 necrosis 또는 pitting 병징을 나타내는 이병주의 발병율을 조사하여, 丸葉梅棠의 枝挿臺가 44.8%로 가장 높았고, 품종에 관계없이 전체적으로는 조사주 중 약 40% 정도가 감염된 것으로 밝혔으며, 倭性臺木들은 상대적으로 저항성이 강한 것으로 보고하였다. 그러나, 이러한 조사는 병징 특성에 기초한 결과로, 식물바이러스의 기초적인 분리 동정에 관한 실험이 뒷받침되지 않은 아쉬움이 남는다. 한편 김 등 (28)도 경북 군위 등 사과 주 재배지역에서 ASPV의 발병을 보고한 바 있다. 또한, 동일 지역에서 ELISA 검정을 통한 ACLSV의 이병율을 조사한 결과, 40.4%의 매우 높은 이병율을 나타내었으며, ACLSV 이병주는 37°C에서 5주간의 열처리 후, 생장점을 배양함으로써 100%의 무독 개체를 얻을 수 있었다. 1993년에는 Apple chlorotic leaf spot *trichovirus* (ACLSV) 병의 발생이 보고되었는데, 지표식물 검정 및 *Chenopodium quinoa*에서 증식시킨 정제 바이러스의 전자현미경 검정에 의하여 ACLSV로 동정하였으며, 채집한 이병주의 즙액접종 감염율은 4.7%로서 비교적 낮은편 이었다 (최용문과 김기열, 1993). 김 등(28)은 경북 군위 등 사과 주

재배지역에서 ELISA 검정에 의하여 Apple mosaic *ilavirus* (ApMV) 이병주를 확인하였으며, 37°C에서 5주간의 열처리 후, 성장점을 배양하였을 때, 66.7%의 무독 개체를 얻었는데, 이러한 결과에 의하면 ApMV가 ACLSV의 열처리 효과에 비하여 비효율적임을 알 수 있었다. 최근에 Lee 등 (16)은 국내 재배 사과 "Fuji" 품종으로부터 2종의 ApMV를 분리하여, 각각의 분리주의 CP gene을 비교 분석하였다. 2종의 분리주간의 염기배열 및 아미노산의 상동성은 각각 93.1% 및 85.6%이었으며, 2종의 국내 분리주 외에 기존의 보고된 11종의 ApMV 계통들과의 phylogenetic 분석을 실시하여, ApMV 계통들을 subgroup I, II, 및 III으로 구분할 수 있었는데, 사과에서 분리된 ApMV 계통들은 모두가 subgroup I으로 구분된 반면에, subgroup II 및 III로 구분된 ApMV 계통들은 복숭아, 호프 및 배로부터 분리되었다는 특징이 있었다. 한편, ApMV CP gene에 특이적인 primer를 이용하여 RT-PCR 검정을 실시하면 100fg의 바이러스 농도까지 검출할 수 있었으며, 이는 ELISA 검정에 비하여 1,000배 이상의 ApMV 검정 효율을 높일 수 있었으므로(Choi and Ryu, 2003), 초본류 감염 바이러스의 농도에 비하여 상대적으로 낮은 바이러스 농도를 갖는 목본 식물의 바이러스 검정 시에는 RT-PCR법을 보다 적극적으로 활용할 필요가 있음을 나타내 주었다. 이 등 (33)은 원예연구소 사과 품종보존포로부터 Apple stem grooving *capillovirus* (ASGV)를 분리하였으며, 이병조직의 dsRNA 분석으로부터 6.5kb의 dsRNA를 확인하였고, CP gene 특이적인 primer를 이용하여 RT-PCR 분석을 실시한 바, 710bp의 증폭산물을 확인할 수 있었다. 국내의 사과와 배에서 분리한 ASGV cp gene (503bp) 간의 염기배열 및 아미노산 배열을 분석하였을 때, 각각 92.8%와 98%의 유사도를 나타내었으며, 이와 같은 CP gene 특이적인 primer에 의한 RT-PCR을 이용하여 ASGV 이병염조직으로부터의 효율적인 진단을 할 수 있었다 (Park *et al.*, 2001). 한편, 김 등 (28)은 경북 군위 등 사과 주 재배지역에서 ELISA 검정

에 의하여 ASGV의 진단을 실시한 결과, 52%의 매우 높은 이병율을 보고한 바 있다.

수국 : 수국은 조경용 관목류로서 뿐만 아니라 해열 작용이 있는 약용 식물로도 알려져 있다. 1982년 이 등 (34)은 Direct negative staining 법에 의한 전자현미경 검정 및 double diffusion test 법에 의한 항혈청 검정법에 의하여 mosaic 병징의 수국이 CMV에 감염되었음을 보고하였다. Park 등 (23)은 수국 분리주 (CMV-Hm)에 대하여 RT-PCR 검정을 실시한 결과, CMV subgroup I 특이적인 primer를 이용한 RT-PCR 반응에 의하여 DNA산물이 증폭되었으며, *Cucumovirus*-genus 특이적인 primer를 제작하여 RT-PCR 및 *EcoRI* 과 *MspI* 등의 제한효소를 이용한 RFLP 분석 결과, CMV-Hm은 CMV subgroup I으로 구분되었다. 한편, RAP-PCR 및 SSCP의 분석 결과에서는 CMV-Hm이 기타 subgroup I virus들과는 다소간의 유전적 차이가 있음이 인정되었는데, pGEM T-easy vector를 이용한 CP gene의 PCR 증폭 산물의 cloning 및 염기배열을 분석한 결과, 수국 분리주 (CMV-Hm)는 CMV-Y strain과의 similarity가 91.9%으로 밝혀졌다 (Bang *et al.*, 2001). CMV-HM의 기주식물에서의 병징 및 생화학적 특성은 기존의 CMV-subgroup I 내의 바이러스들과 큰 차이가 없었으나, 조즙액의 물리적 성질 중에서 내열성이 60°C로 다른 CMV-subgroup I 내의 바이러스의 경우보다 다소 낮은 특징이 있었다 (방 등, 2001).

아까시 : Bang 등 (2)은 아까시에서 분리한 *Cucumovirus*를 RFLP 분석을 통하여 species 및 subgroup 구분을 실시하였는데 즉, *Cucumovirus*-genus의 CP gene에 특이적인 primer를 이용하여 RT-PCR을 실시하고 이로부터 증폭된 DNA 산물을 *EcoRV* 등의 제한효소로 *Cucumovirus* 종간의 RFLP를 실시한 결과, 아까시로부터 분리한 *Cucumovirus*는 Peanut stunt *cucumovirus* (PSV)-Japan strain에 속하는 것으로 밝혀졌다. 이어서 pGEM T-easy vector를 이용한 CP gene의 PCR 증폭 산물의 cloning 및

염기배열 분석에 의하여 *Cucumovirus* 종간의 phylogenetic tree 분석을 실시하였는데, 아까시 분리주 (PSV-Rp)는 *Peanut stunt virus* subgroup I 에 속하며 PSV-J (Japan) strain과의 유사도는 71.8%로서 (Bang *et al.*, 2001), 동일 그룹 내의 virus종인 점을 감안하면 비교적 낮은 유사도를 나타내어, 혈청학적 특성 및 보다 폭 넓은 genome의 분석이 완료되면 PSV-Rp는 PSV의 새로운 subgroup으로 정리될 가능성도 배제할 수 없음을 시사하여 주고 있다.

포도 : 1994년 최 등 (37)은 포도의 주요 바이러스병의 감염 상황을 ELISA 검정법에 의하여 조사한 결과, Grapevine leafroll-associated *ampelovirus*(GLRoV=GLRaV) I type (=GLRaV 1)가 4.9%, III type (=GLRaV 3)가 17% 감염되어 있는 것으로 확인하였으며, 포도 이병엽으로부터 바이러스를 정제하여 항혈청을 생산하였다. 한편 Kim 등 (11,29)은 잎말림과 reddening 병정의 이병주로부터 ELISA 검정 및 western blotting에 의하여 GLRaV-3를 검출하였는데, 전자현미경으로 이병조직을 검정하였을 때, 바이러스상 입자들은 사부

(phloem)의 유세포 (parenchyma cell) 및 사부세포 (sieve cell)에 국재하여 있음을 알 수 있었다. 아울러, GLRaV 1 및 GLRaV 3의 dsRNA를 이용한 RT-PCR 및 증폭 산물의 클로닝을 통하여 각각 969 및 942 nucleotide의 CP gene의 염기배열을 결정하였으며, 이들 국내 분리주와 이미 보고된 국외 분리주의 아미노산배열 간의 상동성은 각각 93.8% 및 98.7%이었다 (Kim *et al.*, 2003).

포플러 : 나 등 (30)은 mosaic, 황색 반점 및 잎말림 병징과 함께 엽병의 괴저 증상을 나타내는 포플러 이병엽으로부터 Direct negative staining 법에 의한 전자현미경 검경으로부터 길이 660-670nm의 봉상의 바이러스 입자를 관찰하여, 입자 크기 및 형태 특성에 기초하여 이 바이러스가 poplar mosaic virus (PopMV)로 추정됨을 보고한 바 있으나, 유사한 크기의 봉상 바이러스들과의 차이를 전자현미경 검경만으로 구분하고 동정하기에는 무리한 점이 있기 때문에, 항혈청 검정, genome 분자량 분석 및 RT-PCR 등의 분자생물학적 차원에서의 검정이 수반되어야 할 것이다.

표 1. 우리나라에서 보고된 목본식물 바이러스의 종류 및 특성

식물명	바이러스명	바이러스의 형태	전염양식	참고문헌
감귤	Citrus mosaic <i>nepovirus</i>	구형 (ssRNA)	즙액접종, 선충, 접목, 종자	5
감귤	Citrus tatar leaf <i>capillovirus</i>	사상형 (ssRNA)	즙액접종, 접목, 번식체	4,9,25,27
감귤	Citrus tristeza <i>closterovirus</i>	사상형 (ssRNA)	선충, 접목	7,8,9,20,21,26,27
감귤	Satsuma dwarf <i>nepovirus</i>	구형 (ssRNA)	즙액접종, 선충, 접목, 종자	4,9,27
개나리	Cucumber mosaic <i>cucumovirus</i>	구형 (ssRNA)	즙액접종, 진딧물	1,17,18
꾸지뽕나무	Cucumber mosaic <i>cucumovirus</i>	구형 (ssRNA)	즙액접종, 진딧물	35
꾸지뽕나무	Potato Y <i>potyvirus</i>	사상형 (ssRNA)	즙액접종, 진딧물	35
남천	Cucumber mosaic <i>cucumovirus</i>	구형 (ssRNA)	즙액접종, 진딧물	34
배	Pear black necrotic leaf spot <i>capillovirus</i> *	사상형 (ssRNA)	즙액접종, 접목, 번식체	19
배	Pear necrotic leaf spot <i>capillovirus</i>	사상형 (ssRNA)	즙액접종, 접목, 번식체, 균	24
복숭아	Prunus necrotic ringspot <i>ilavirus</i>	구형 (ssRNA)	즙액접종, 접목, 종자, 화분	12
사과	Apple chlorotic leafspot <i>trichovirus</i>	사상 (ssRNA)	즙액접종, 접목, 선충	28,36
사과	Apple mosaic <i>ilavirus</i>	구형 (ssRNA)	즙액접종, 접목, 화분전염	3,16,28
사과	Apple stem pitting virus	사상 (ssRNA)	즙액접종, 접목	28,32
사과	Apple stem grooving <i>capillovirus</i>	사상 (ssRNA)	즙액접종, 접목	22,28,33
수국	Cucumber mosaic <i>cucumovirus</i>	구형 (ssRNA)	즙액접종, 진딧물	1,23,31,34
아까시	Peanut stunt <i>cucumovirus</i>	구형 (ssRNA)	즙액접종, 진딧물	1,2
포도	Grapevine leafroll-associated 1 <i>ampelovirus</i>	사상형 (ssRNA)	접목, 깎지벌레, 번식체	13,37
포도	Grapevine leafroll-associated 3 <i>ampelovirus</i>	사상형 (ssRNA)	접목, 깎지벌레, 번식체	11,13,29
포플러	Poplar mosaic <i>calavirus</i>	봉상 (ssRNA)	즙액접종, 진딧물	30

* 미동정 및 추정 상태

국내에서 보고된 목본식물의 바이러스 분류 특성

국내에서 보고된 바이러스의 분류학적 특성을 보면, 사상형 바이러스가 5속 9종 (미분류 1종 포함) 이며, 구형 바이러스가 3속 6종이었다. 사상형 바이러스 중에서는 *Capillovirus*에서 3종의 바이러스가, *Ampelovirus*에서는 2종의 바이러스가 보고되었으며, 그 외의 속에서는 각 1종의 바이러스가 동정되었다. 구형 바이러스의 경우는 각 속에서 2종씩의 바이러스가 보고되었으며, CMV는 4종의 수종으로부터 분리 동정되어, CMV의 일반적인 특성과 같이 조사한 바이러스 중에서는 기주 범위가 가장 넓은을 알 수 있었으며, 그 외의 바이러스는 각 1종의 수종으로부터의 감염이 보고되었을 뿐이다. 이들 바이러스의 전염 양식의 특성은 CTV 및 GLRaV를 제외하고는 모두가 즙액접촉에 의한 전염 양식을 취하였으며, 다수의 바이러스가 진딧물 및 접목전염의 특성을 나타내었다. 한편, PNLISV는 기존에는 알려지지 않았던 균류에 의한 전염 가능성을 시사하였다. 그리고, PBNLS는 전자현미경에 의한 동정의 결과이므로, 보다 확실한 동정이 이루어질 때까지는 *Capillovirus*의 바이러스로 추정하는 수준으로 남겨 두어야 하겠다.

목본 식물의 바이러스는 주로 ELISA에 의하여 검정이 이루어졌으나, 분자 생물학의 발전과 더불어 개발된 PCR 방법은, 이병조작내의 바이러스 농도가 초분류에 비하여 상대적으로 낮기 때문에 항혈청 반응에 의해 검출이 불가능하였던 목질 조직으로부터의 바이러스의 검정 효율을 한층 높일 수 있게 되었으며, 이와 함께 dot-blot hybridization 기술의 개발은 genome 차원에서 바이러스의 분석을 가능케 하였다(Kim, 1999). 단, 이러한 뛰어난 바이러스의 검정 방법도 국내 목본식물에 감염하는 바이러스의 전반적인 조사 분석 없이는, 실제 이병주의 검정에서 각 검정법의 효능에 걸 맞는 효율을 발휘하지는 못할 것이며, 최근의 국제 농산물 시장의 개방과 함께 예상되는 새로운 목본 식물 바이러스 유입에 따른 바이러스병의 역학조사 및 종합적인 관리체

계의 어려움을 예견할 수 있겠다. 실제로, Grapevine fanleaf *nepovirus* (GFLV)은 국내에서는 발병이 보고된 바 없으나, 최근 수입 포도의 germplasm을 대상으로 바이러스의 감염 유무를 조사한 결과, 다수의 포도 줄기로부터 GFLV의 감염 사실을 확인한 바 있으므로(Kim et al., 2000), 앞으로 활발한 교역이 예상되는 과수류의 바이러스병에 관한 연구 조사도 이전보다 확대하여 심층적으로 수행되어야 할 과제일 것이다.

한편, 침엽수류들에 대한 바이러스의 연구 성과는 활엽수의 바이러스병에 비하여 상대적으로 미미한 상태이며 특히, 국내에서의 보고는 모두가 활엽수에 국한되어 있는데, 이는 침엽수 조직의 특수 수지 성분들이 바이러스의 분리 정제를 어렵게 만드는 원인 중의 하나이기 때문으로 생각된다. 그러나, 가문비나무 및 전나무의 Tomato mosaic *tobamovirus* (ToMV)은 토양수에 의하여도 전염이 이루어지기 때문에 (Jacobi and Castello, 1992), 침엽수 자체의 바이러스병 피해에 관한 연구의 뿐만이 아니라, 동일한 바이러스를 기주로 하는 수종 및 농작물로의 바이러스 확산을 막기 위해서라도 침엽수 바이러스에 관한 연구도 시급히 수행되어야 할 과제 중의 하나이다.

목본식물 바이러스병의 방제 방법에는 매개자 (곤충, 선충 및 균 등)의 구제, 열처리, 성장점 배양 및 바이러스병 저항성 유전자에 의한 형질전환 등의 방법이 있는데 (楠木學, 1981), 국내의 경우는 Lee 등 (15)이 사과 바이러스병 저항성 개체의 육성을 목적으로, CMV의 CP gene 및 NTPII gene을 *Agrobacterium tumefaciens* Ti plasmid를 vector로 이용하여, 사과 형질전환을 시도하여, 높은 효율로 CMV의 CP gene 및 NTPII gene을 사과 식물 조직에 도입시킨 바 있어 국내에서의 바이러스 저항성 목본식물의 탄생에 한걸음 다가서게 되었다. 그러나, 특용 수종이 아닌 경우에는 이러한 방제 방법의 실현에는 상당한 시간이 소요될 것으로 판단되므로, 현실적으로는 보다 실용적인 방제 방법의 개발이 이루어져야 할 것이다.

표 2. 우리나라에서 보고된 목본식물 바이러스의 분류

Genus	Species	기주식물	참고문헌
〈 사상형 바이러스 〉			
<i>Ampelovirus</i>			
	Grapevine leafroll -associated 1 <i>ampelovirus</i>	포도	13,37
	Grapevine leafroll -associated 3 <i>ampelovirus</i>	포도	11,13,29
<i>Capillovirus</i>			
	Apple stem grooving <i>capillovirus</i>	사과	22,28,33
	Citrus tatar leaf <i>capillovirus</i>	감귤	4,9,25,27
	Pear black necrotic leaf spot <i>capillovirus</i>	배	19
	Pear necrotic leaf spot <i>capillovirus</i>	배	24
<i>Closterovirus</i>			
	Citrus tristeza <i>closterovirus</i>	감귤	7,8,9,20,21,26,27
<i>Trichovirus</i>			
	Apple chlorotic leafspot <i>trichovirus</i>	사과	28,36
<i>Calavirus</i>			
	Poplar mosaic <i>calavirus</i>	포플러	30
<i>Potyvirus</i>			
	Potato Y <i>potyvirus</i>	꾸지뽕나무	35
	Apple stem pitting virus	사과	28,32
〈 구형 바이러스 〉			
<i>Cucumovirus</i>			
	Cucumber mosaic <i>cucumovirus</i>	개나리 꾸지뽕나무 남천 수국	1,17,18 35 34 1,23,31,34
	Peanut stunt <i>cucumovirus</i>	아까시	1,2
<i>Ilavirus</i>			
	Prunus necrotic ringspot <i>ilavirus</i>	복숭아	12
	Apple mosaic <i>ilavirus</i>	사과	3,16,28
<i>Nepovirus</i>			
	Citrus mosaic <i>nepovirus</i>	감귤	5
	Satsuma dwarf <i>nepovirus</i>	감귤	4,9,27

* 미동정 및 추정 virus

인용문헌

- Bang, J. H., Park, S. J., Lee, K. H., Choi, J. K. and Lee, S. Y. 2001. Nucleotide sequence analysis of the coat protein genes of three cucumoviruses isolated from woody plants. 2001. *Plant Pathol. J.* 17 : 388.
- Bang, J. H., Park, S. J., Lee, S. Y., Choi, J. K. and Ryu, K. H. 1999. Identification of peanut stunt virus isolated from *Robinia pseudo-acacia* L. using RFLP techniques. *Plant Pathol. J.* 15 : p 377.
- Choi, S. H. and Ryu, K. H. 2003 : Rapid screening of apple mosaic virus in cultivated apples by RT-PCR. *Plant Pathol. J.* 19 : 159-161.
- Choi, Y. M., Kim, H. R. and Yiem, M. S. 1999. Identification of satsuma dwarf virus and citrus tatar leaf virus from citrus in Korea. *Plant Pathol. J.* 15 : 374.
- Hyun, J. W., Kim, D. H., Lee, S. C., Kim, K. S. and Lee, S. C. 2002. Occurrence of citrus mosaic virus on Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) in Jeju island. *Plant Pathol. J.* 18 : 381.
- Jacobi, V. and Castello, J. D. 1992. Infection of red spruce, black spruce, and balsam fir seedlings with tomato

- mosaic virus. *Can. J. For. Res.* 22: 919-924.
7. Kim, D. H., Hyun, J. W., Hwang, H. S. and Lee, S. C. 1999. Identification of citrus tristeza virus isolated from *Citrus unshiu* and *C. junos* in Cheju island. *Plant Pathol. J.* 15 : 378-379.
 8. Kim, D. H., Hyun, J. W., Hwang, H. S. and Lee, S. C. 2000. RT-PCR detection of citrus tristeza virus from early Satuma mandarin and Yuzu in Cheju island. *Plant Pathol. J.* 16 : 48-51.
 9. Kim, D. H., Oh, D. C., Kwon, H. M., Hyun, C. W., Kim, D. H. and Lee, S. C. 1999. Incidence of three major citrus viruses in Cheju island. *Plant Pathol. J.* 15 : 376.
 10. Kim, H. R., Choi, Y. M., Cho, M. R., Kim, J. S. and Chang, M. U. 2000. Identification and cytopathological characteristics of GFLV in grapevine. *Plant Pathol. J.* 16 : 355-356.
 11. Kim, H. R., Choi, Y. M., Lee, B. C., Yiem, M. S., Park, J. W. and Kim, Y. T. 2000. Molecular and biological characteristics of grapevine leafroll-associated 3 Closterovirus. *Plant Pathol. J.* 16 : 355.
 12. Kim, H. R., Chung, B. N., Choi, G. S., Choi, Y. M. and Kim, J. S. 2001. Identification and characterization of prunus necrotic ringspot virus, the family Ilavirus, from peach. *Plant Pathol. J.* 17 : 386.
 13. Kim, H. R., Lee, S. H., Kim, J. H., Yoon, G. O. and Kim, J. S. 2003. Characterization of grapevine leafroll-associated virus 1 and grapevine leafroll-associated virus 3 isolated from Vitaceae in Korea. *Plant Pathol. J.* 19 : 337-338.
 14. Kim, K. H. 1999. Recent development in detection and identification of fruit tree viruses. *Plant Pathol. J.* 15 : 199-209.
 15. Lee, C. H., Hyung, N. I., Lee, G. P., Choi, J. Y., Kim, C. S., Choi, S. H., Jang, I. O., Han, D. H. and Ryu, K. H. 2003. Transformation of Fuji apple plant harboring the coat protein gene of cucumber mosaic virus. *Plant Pathol. J.* 19 : 162-165.
 16. Lee, G. P., Ryu, K. H., Kim, H. R., Kim, C. S., Lee, D. W., Kim, J. S., Park, M. H., Noh, Y. M., Choi, S. H., Han, D. H. and Lee, C. H. 2002. Cloning and phylogenetic characterization of coat protein genes of two isolates of apple mosaic virus from 'Fuji' apple. *Plant Pathol. J.* 18 : 259-265.
 17. Lee, S. Y. Park, S. J. and Choi, J. K. 1997. Characterization of an isolate of cucumber mosaic virus from Forsythia (*Forsythia koreana* Nakai.). *Korean J. Plant Pathol.* 13 : 358-363.
 18. Lee, S. Y. Park, S. J. and Choi, J. K. 1998. Identification and differentiation of cucumber mosaic virus isolated from *Forsythia koreana* (CMV-Fk) using PCR techniques. *Korean. J. Plant Pathol.* 14 : 308-313.
 19. Nam, K. W. and Kim, K. S. 2002. Graft transmission and cytopathology of pear black necrotic leaf spot(PBNLS) disease. *Plant Pathol. J.* 18 : 301-307.
 20. Oh, H. J., Choi, S. H., Lee, S. Y., Jeon, G. L., Riu K. Z. and U, Z. K. 1999. Detection of citrus tristeza virus by RT-PCR and status of CTV infection among citrus trees in Cheju island. *Plant Pathol. J.* 15 : 335-339.

21. Park, H. H., Kim, D. H., Hyun, W. T., Moon, D. K., Hoh Y. J. and Choi, T. J. 2000. Sequence analysis of the coat protein gene of citrus tristeza virus isolated from Cheju island. *Plant Pathol. J.* 16 : 43-47.
22. Park, H. Y., Jang, H., Yoon, J. S., Kim, H. R. and Baek, K. H. 2001. The nucleotide sequence of the coat protein genes of stem grooving virus in *Malus* and *Pyrus* in Korea. *Plant Pathol. J.* 17 : 368.
23. Park, S. J., Bang, J. H., Lee, S. Y., Choi, J. K. and Lee, K. H. 1999. Identification and differentiation of cucumber mosaic virus Isolated from *Hydrangea macrophylla* for. *otaksa* (Sieb. et Zucc.) Wils. Using PCR Techniques. *Plant Pathol. J.* 15 : p177.
24. Shim, H. K., Jee, H. J., Kim, J. Y., Lee, H. G., Kim, S. Y. and Lee, S. C. 2002. Molecular characterization of pear necrotic leaf spot virus and its fungus vector in Korea. *Plant Pathol. J.* 18 : 377.
25. 권혁모, 김광식, 유화영, 문덕영. 1989. 감귤 tatter leaf virus(TRV)의 발생 분포. 한국식물병리학회지. 5 : 415.
26. 권혁모, 천정욱, 이창규, 이은중. 1989. 감귤 tristeza virus(CTV)의 발생 실태에 관한 연구. 한국식물병리학회지. 5 : 415.
27. 김대현, 오덕철, 현재욱, 권혁모, 김동환, 이석찬. 1999. 제주도의 주요 감귤바이러스 감염 상황. *Plant Dis. Agric.* 5 : 34-40.
28. 김현란, 최용문, 임명순, 김규래. 1998. 사과나무 바이러스 피해와 목본 지표식물에 의한 바이러스 검정. 한국 식물병리학회, Proceeding of International Symposium on "Recent Technology of Chemical Control of Plant Diseases" October. 23. 1998 : 217-218.
29. 김현란, 최용문, 임명순, 최국선, 이봉춘. 1998. ELISA 및 접목에 의한 grapevine leafroll associated 3 closterovirus의 검정. 한국 식물병리학회, Proceeding of invited lectures on "Recent Research Trend of Plant Pathology" April. 24-25. 1998 : 86.
30. 나용준, 이창근, 여운홍, 황재우, 심상영. 1980. 한국에서의 포플러 모자이크 바이러스 검출. 한국임학회지. 49 : 32-33.
31. 방주희 박선정, 이금희, 최장경, 이상용. 2001. 수국에서 분리한 Cucumber mosaic virus의 특성. 식물병 연구 (*Research in Plant Disease*) 7(1) : 1-7.
32. 오성도, 홍순범, 김유환. 1973. 사과나무 고접병에 관한 연구-(제2보)-각종 사과나무 대목의 고접병 virus에 대한 반응 및 그 병상에 관하여. 한국원예학회지. 14:1-6.
33. 이봉춘, 최용문, 김현란, 임명순. 1998. Apple stem grooving virus-Kor의 dsRNA 분석 및 RT-PCR에 의한 검정. 한국 식물병리학회, Proceeding of invited lectures on "Recent Research Trend of Plant Pathology " April. 24-25. 1998 : 86.
34. 이준탁, 이기운, 박재읍, 박경순. 1982. 한국에 있어서 약용식물바이러스병에 관한 연구. *Research Review of Kyungpook National Univ.* 34 : 505-515.
35. 이창규, 박호철, 이봉춘, 이기운. 1989. 모자이크 증상을 나타내는 꾸지뽕나무의 CMV 및 PVY 복합감염에 대하여. 한국식물병리학회지. 5 : 414-415.
36. 최용문, 김기열. 1993. 사과에서 분리한 Apple chlorotic leaf spot virus 분리 동정. 한국식물병리학회지. 9 : 319.
37. 최용문, 김현란, 장한익, 김기열. 1994. 포도 Leaf roll virus (포도잎말림바이러스, 가칭)의 발생 및 순화, 항혈청 생산. 한국식물병리학회지. 10 : 350.
38. 楠木學. 1981. 綠化樹의ウイルス病. 森林防疫. 30: 2-9.