

## 2007-2011 우리나라 농업현장 임상진단 요청 작물의 바이러스 감염 특성

김정수 · 이수현 · 최홍수\* · 김미경 · 광해련 · 김정선 · 남문 · 조점덕<sup>1\*\*</sup> · 조인숙<sup>1</sup> · 최국선<sup>1</sup>국립농업과학원 작물보호과, <sup>1</sup>국립원예특작과학원 원예특작환경과

## 2007-2011 Characteristics of Plant Virus Infections on Crop Samples Submitted from Agricultural Places

Jeong-Soo Kim, Su-Heon Lee, Hong-Soo Choi\*, Mi-Kyeong Kim, Hae-Ryun Kwak, Jeong-Sun Kim, Moon Nam, Jeom-Deog Cho<sup>1\*\*</sup>, In-Sook Cho<sup>1</sup> and Gug-Seoun Choi<sup>1</sup>

National Academy of Agricultural Science, Crop Protection Division, Suwon 441-440, Korea

<sup>1</sup>National Institute of Horticultural and Herbal Science, Horticultural and Herbal Environmental Division, Suwon 441-707, Korea

(Received on September 11, 2012; Revised on October 11, 2012; Accepted on October 12, 2012)

The total number of requests and associated specimens for the diagnosis of virus infection were 573 and 2,992, respectively, on crops from agricultural places of farmers, Agricultural extension services and so forth for 5 years from 2007. The total number of virus tests was 13,325. The number of species of viruses infected on the submitted crops was 21 in 2007, 15 in 2008, 23 in 2009, 21 in 2010 and 17 in 2011. The newly recorded viruses were *Tobacco leaf curl virus* (TbLCV) in 2007, *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) in 2008, *Impatiens necrotic spot virus* (INSV) and *Radish mosaic virus* (RaMV) in 2009, and *Beet western yellows virus* (BWYV) in 2010. Forty virus species including *Alfalfa mosaic virus* were detected over 5 years. The ten most frequently detected virus species were *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), *Tomato leaf curl virus* (TYLCV), *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV), *Broad bean wilt virus 2* (BBWV2), *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV), *Melon necrotic spot virus* (MNSV), *Pepper mild mottle virus* (PMMoV), *Watermelon mosaic virus* (WMV) and *Pepper mottle virus* (PepMoV). The types of crops submitted from agricultural places were 51 in total and the ten most frequently submitted crops were red pepper, tomato, paprika, watermelon, melon, rice, cucumber, corn, radish and gourd. The total request rate for the top 10 crops and top 20 crops was 81.6% and 94.2%, respectively. Eight pepper infecting virus species included CMV, and the average infection rate was 24.6% for CMV, 18.9% for PMMoV and 14.7% for TSWV. Seven kinds of double infection were detected in pepper including BBWV2+CMV at 14.7% on average, and four types of triple infection including BBWV2+CMV+PepMoV at 0.9% on average. Six virus species detected on tomato including TYLCV, and the average infection rate was 50.6% for TYLCV, 14.5% for TSWV and 10.9% for *Tobacco leaf curl virus* (TbLCV). The mixed infection of CMV+TSWV on tomato was 3.9% on average and of *Tomato mosaic virus* (ToMV)+TYLCV was 0.4% on average. Five viruses detected on watermelon included MNSV and the average infection rate was 37.0% for MNSV, 20.4% for CGMMV, 18.1% for ZYMV and 17.8% for WMV. The mixed infection rate on watermelon was CMV+MNSV and WMV+ZYMV having an average infection rate of 0.7% and 5.0%, respectively. The average infection rates on melon were 77.6% for MNSV, 5.6% for CMV and 3.3% for WMV. Mixed infections of CMV+MNSV occurred on melon with an average infection rate of 13.5%.

**Keywords** : BBWV2, BWYV, CGMMV, CMV, MNSV, Plant virus, TYLCV, ZYMV

\*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0431, Fax) +82-31-290-0406

E-mail) hschoi@korea.kr

\*\*Corresponding author

Phone) +82-31-290-6257, Fax) +82-31-290-6259

E-mail) jdcho@korea.kr

## 서 론

농작물의 바이러스 발생은 재배기술의 발달, 종자 생산 기술 및 생산지의 변화, 국가간 농산물 교역의 다양화 등에 따라 그 양상이 변화하여 왔다. 벼 바이러스는 일반계 품종 재배와 다수계 품종 재배면적의 변화에 따라서 바이러스 종류와 발생률이 다르게 나타났으며, 벼줄무늬잎마름바이러스(*Rice stripe virus*, RSV)는 1953년 우리나라에서 처음 발생한 이후 국내 토착 바이러스이지만(정 등, 1969), 2007년-2009년에 중국에서 매개충인 보독 애벌레의 대량 비래로 경기도, 충청남도, 전라북도 및 전라남도 서해안 지역에 대 발생하였다(김 등, 2009a). 고추의 경우 '90년대 이전까지는 분포 이식 전 2-3회 가식하므로 이때 종자 및 접촉전염 바이러스인 고추마일드모틀바이러스(*Pepper mild mottle virus*, PMMoV)가 90% 이상 주로 발생하였으나(김 등, 1990), 최근에는 공정 육묘의 보편화 및 종자 생산 관리가 적절히 이루어져서 오이모자이크바이러스(*Cucumber mosaic virus*, CMV), 토마토반점위조바이러스(*Tomato spotted wilt virus*, TSWV) 등 매개충 전염 바이러스가 주로 발생하고 있다(이 등, 2004; 조 등, 2007). 또한 세계화가 급속히 진행됨에 따라서 꽃노랑총채벌레, 담배가루이와 같은 매개충의 유입 또는 바이러스에 오염된 종자로 인하여 국내에 발생하지 않았던 바이러스들이 국내에 처음으로 발생하여 피해를 입히고 있다. 특히 채소 작물의 경우 국내 종자회사가 외국에서 생산한 종자를 국내에 수입 판매함으로써 바이러스에 오염된 종자로 인하여 새로운 바이러스가 발생하고 있다. 종자전염 바이러스인 멜론괴저반점바이러스(*Melon necrotic spot virus*, MNSV; 최 등, 2003)는 2001년 전남 나주 지역에서 멜론에 처음 발생한(최 등, 20003) 후 2005년 수박에 발생하였으며(김 등, 2008), 2010년에는 수박 주산단지인 전북 고창 지역을 포함하여 전국적으로 확산하고 있으며(미발표 자료), 오이녹반모자이크바이러스(*Cucumber green mottle mosaic virus*, CGMMV)는 성주지역 참외에 890 ha의 대면적에 발생하였다(김 등, 2009a). 우리나라에서 새로 발생하여 피해를 주고 있는 바이러스인 TSWV(조 등, 2005a; 김 등, 2006, 2008)는 2004년 경기도 안양에 대 발생 이후 2011년 29개 시군에 확산하였으며, 토마토덤불위축바이러스(*Tomato bushy stunt virus*, TBSV; 김 등, 2007)는 2008년 경상남도 통영에 처음 발생한 이후 2011년 62개 시군으로 급속히 확산하여 농작물 피해가 지속되고 있다.

농업현장의 농업인, 농업기술센터, 도 농업기술원 등에서 직접 국립농업과학원과 국립원예특작과학원의 바이러스 연구실에 민원으로 요청된 바이러스 증상의 임상진단

시료들은 농작물에 피해가 발생하였다는 근거를 제시하고 있다. 따라서 연구자가 농작물 포장에 발생한 바이러스를 조사 연구할 경우 무 병징 시료를 포함한 증상 별 감염 바이러스 양상 조사 연구 결과와 농업현장의 임상 진단 요청 시료의 결과와 비교하면 작물 감염 바이러스 종류와 형태, 피해 발생 해석에 있어서 그 의의가 다르다. 본 보고는 민원으로 제기된 시료에 대하여 두 기관에서 2007년부터 2011년까지 각각 5년 동안 수행한 임상 진단 결과를 종합 분석하여 우리나라 농작물에 발생하여 농업인들에게 직접 영농에 곤란을 초래하고 경제적 피해를 주고 있는 바이러스의 종류와 중요성을 파악하고, 이를 통하여 바이러스에 의한 피해 발생 예방 기술개발의 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

**바이러스 임상 진단.** 농업인, 농업기술센터 등에서 바이러스 감염 여부에 대한 임상진단 요청 시료에 대하여 전자현미경 검경을 하여 형태학적 분류를 한 다음, 혈청학적 진단기술인 급속 면역 금나노 진단키트(Rapid immunogold strip, RIGS)(조 등, 2009)와 효소결합항체진단키트(Enzyme linked-sorbent assay, ELISA)(Agdia, USA)를 이용하였으며, 또한 임상진단 대상 작물의 우리나라 발생 보고된 바이러스 종류에 대하여 유전자 진단(PCR, RT-PCR)을 하였다. 또한 기존에 보고되지 않았던 새로운 증상 및 유전자 진단으로 검정되지 않은 시료에 대하여는 전세계적으로 보고된 540종의 식물 바이러스를 진단할 수 있는 대용량 유전자 진단기술(Large scale oligonucleotide chip, LSON chip)(Neil 등, 2007)을 사용하여 바이러스를 검정하였다. 바이러스의 병원성 검정은 임상 진단 요청시료의 병징과 유전자 진단 결과를 종합하여 필요한 경우 수행하였다.

**진단 바이러스 및 바이로이드 종류.** 우리나라에서 작물 별 보고된 바이러스를 위주로 하여 고추, 토마토 등 가지과 작물의 경우에는 CMV, 잠두위조바이러스(*Broad bean wilt virus 2*, BBWV2), TSWV 등 17종의 바이러스에 대하여 진단을 하였다. 수박, 멜론 등 박과 작물의 경우에는 CMV, MNSV 등 9종에 대하여 검정하였다. 고구마는 고구마모틀바이러스(*Sweet potato feathery mottle virus*, SPFMV), 고구마잎말림바이러스(*Sweet potato leaf curl virus*, SPLCV) 등 8종의 바이러스를 진단하였다. 벼는 RSV 등 3종을 대상으로 하였으며, 과수류의 경우 사과사과퇴록잎반점 바이러스(*Apple chlorotic leaf spot virus*, ACLSV) 등 4종, 배는 사과줄기그루빙바이러스(*Apple*

*stem grooving virus*, ASGV)와 사과바이로이드(*Apple scar skin viroid*, ASSVd), 포도는 포도일록바이러스(*Grapevine fleck virus*, GFkV) 등 6종, 복숭아는 사과모자이크바이러스(*Apple mosaic virus*, ApMV)와 ACLSV에 대하여 진단하였다. 화훼류 및 콩 등 밭 작물의 경우에는 우리나라에서 작물 별 발생 보고된 바이러스를 참고하여 CMV, TSWV 등 감염 가능성이 있는 바이러스에 대하여 검정하였다.

## 결과 및 고찰

농업현장의 바이러스 임상진단 요청 상황. 2007년부터

**Table 1.** Number of requests and crop specimens for the diagnosis of plant virus infection from agricultural places<sup>a</sup>

| Year  | No. of requests | No. of specimens | No. of virus tests <sup>b</sup> |
|-------|-----------------|------------------|---------------------------------|
| 2007  | 86              | 338              | 1,487                           |
| 2008  | 110             | 641              | 1,877                           |
| 2009  | 145             | 869              | 3,479                           |
| 2010  | 95              | 582              | 4,320                           |
| 2011  | 137             | 562              | 2,162                           |
| Total | 573             | 2,992            | 13,325                          |

<sup>a</sup>Agricultural places were farmers and Agricultural extension services in whole country.

<sup>b</sup>Virus diagnosis was done with serological tests of ELISA and RIGS (Rapid Immuno-Gold Strip) and genetic diagnosis of PCR, RT-PCR and LSON (Large Scale OligoNucleotide) chip.

터 5년간 농업인 등 농업현장에서 임상진단 요청 건수는 총 573건이었으며, 임상진단 요청 시료는 총 2,992점이었다(Table 1). 연도별 임상진단 요청 시료는 2007년 338건으로 가장 적었으며, 2009년 869건으로 가장 많았고 다음으로 2008년이 641건이었다. 따라서 농업현장에서 임상진단 요청 시료 수를 볼 때 2007년부터 2011년 사이에는 2008년과 2009년이 농작물에 바이러스 발생이 많아 농업현장에서 문제가 많았음을 추정할 수 있다. 임상진단 바이러스 검정 수(tests)는 총 13,325점이었으며 2010년이 4,320점으로 가장 많았다.

**연도별 검출 바이러스 종류.** 농업현장에서 요청한 시료에 감염된 식물 바이러스의 종류는 2007년은 21종, 2008년은 15종, 2009년은 23종, 2010년은 21종, 2011년은 17종으로 2008년이 가장 적었고, 2009년이 가장 많았다(Table 2).

농업현장에 새로 발생하는 바이러스는 2007년에는 담배잎말림바이러스(*Tobacco leaf curl virus*, TbLCV), 2008년에는 토마토황화잎말림바이러스(*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV), 2009년에는 무우모자이크바이러스(*Radish mosaic virus*, RaMV)와 봉선화괴저반점바이러스(*Impatiens necrotic spot virus*, INSV), 2010년에는 사탕무우황화모자이크바이러스(*Beet western yellows virus*, BWYV)이었다. TYLCV는 경남 통영지역의 토마토에서 처음 발생하였으며(곽 등, 2007; 김 등, 2009), 2011년에는 62개 시군으로 확산되어 우리나라 농업현장의 토마토

**Table 2.** Kinds of plant virus species detected from crops requested from agricultural places

| Year | No. of virus species | Name of virus species <sup>a</sup>  | Newly recorded virus |
|------|----------------------|---|----------------------|
| 2007 | 21                   | BBWV2, CGMMV, CMV, CyMV, GYSVd, MNSV, ORSV, PepMoV, PMMoV, PRSV, RBSDV, RDV, RSV, SMYEV, SPLCV, TbLCV, TBSV, TMGMV, TSWV, WMV, ZYMV       | TbLCV                |
| 2008 | 15                   | BBWV2, CGMMV, CMV, MNSV, ORSV, RSV, PepMoV, PMMoV, RBSDV, SMV, SPFMV, SYCMV, TSWV, TYLCV, ZYMV  | TYLCV                |
| 2009 | 23                   | BBWV2, CGMMV, CMV, INSV, MNSV, PMMoV, PRSV, PVS, PVY, RaMV, RSV, SPFMV, SPGV, SPLCV, TbLCV, TBSV, TMV, ToMV, TSWV, TuMV, TYLCV, WMV, ZYMV | INSV<br>RaMV         |
| 2010 | 21                   | AMV, BBWV2, BWYV, CGMMV, CMV, CVX, GFLV, MNSV, PepMoV, PMMoV, PVY, RMV, SMV, TBSV, TBV, ToMV, TSWV, TuMV, TYLCV, WMV, ZYMV                | BWYV                 |
| 2011 | 17                   | BBWV2, BWYV, CGMMV, CMV, MNSV, PepMoV, PMMoV, SPFMV, SPLCV, SqMV, TLCV, ToMV, TSWV, TuMV, TYLCV, WMV, ZYMV                                | -                    |

<sup>a</sup>AMV: *Alfalfa mosaic virus*, BBWV2: *Broad bean wilt virus 2*, BWYV: *Beet western yellows virus*, CGMMV: *Cucumber green mottle mosaic virus*, CMV: *Cucumber mosaic virus*, CVX: *Cactus virus X*, CyMV: *Cymbidium mosaic virus*, GFLV: *Grapevine fleck virus*, GYSVd: *Grapevine yellow speckle viroid*, INSV: *Impatiens necrotic spot virus*, MNSV: *Melon necrotic spot virus*, ORSV: *Odontoglossum ringspot virus*, PepMoV: *Pepper mottle virus*, PMMoV: *Pepper mild mottle virus*, PRSV: *Papaya ringspot virus*, PVS: *Potato virus S*, PVY: *Potato virus Y*, RaMV: *Radish mosaic virus*, RBSDV: *Rice black streaked dwarf virus*, RDV: *Rice dwarf virus*, RMV: *Ribgrass mosaic virus*, RSV: *Rice stripe virus*, SMV: *Soybean mosaic virus*, SMYEV: *Soybean mild mottle virus*, SPFMV: *Sweet potato feathery mottle virus*, SPGV: *Sweet potato G virus*, SPLCV: *Sweet potato leaf curl virus*, SqMV: *Squash mosaic virus*, SYCMV: *Soybean yellow common mosaic virus*, TbLCV: *Tobacco leaf curl virus*, TBSV: *Tomato bushy stunt virus*, TBV: *Tulip breaking virus*, TMGMV: *Tobacco mild green mottle mosaic virus*, TMV: *Tobacco mosaic virus*, ToMV: *Tomato mosaic virus*, TSWV: *Tomato spotted wilt virus*, TuMV: *Turnip mosaic virus*, TYLCV: *Tomato yellow leaf curl virus*, WMV: *Watermelon mosaic virus 2*, ZYMV: *Zucchini yellow mosaic virus*.

에 피해가 급속히 증가하고 있다(미발표자료). RaMV는 제주도 무우 채종지에서 처음 발생하였으며(조 등, 2011b), INSV는 2009년 5월 태백 지역의 고추 육묘 온실에서 처음

발생하여 삼척, 홍천 고추 포장에 발생하였다(미발표자료). BWYV는 2010년 12월 진주 지역 파프리카에서 처음 발생하였다(박 등, 2011). 2008년과 2009년에 농업현

**Table 3.** Virus species detected from crops and their prevalence ranks for the specimens from agricultural places for 5 years since 2007

| Virus <sup>a</sup> | Infection rate (%) <sup>b</sup> |      |      |      |      | Average | Rank |
|--------------------|---------------------------------|------|------|------|------|---------|------|
|                    | 2007                            | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |         |      |
| CMV                | 24.9                            | 20.0 | 21.9 | 16.4 | 14.0 | 19.44   | 1    |
| TSWV               | 13.5                            | 20.2 | 8.1  | 5.0  | 17.8 | 12.92   | 2    |
| TYLCV              | 0.0                             | 16.2 | 28.4 | 5.0  | 7.1  | 11.34   | 3    |
| CGMMV              | 20.4                            | 1.6  | 0.5  | 18.2 | 7.4  | 9.62    | 4    |
| BBWV2              | 6.3                             | 6.9  | 9.6  | 2.6  | 8.2  | 6.72    | 5    |
| ZYMV               | 3.0                             | 12.1 | 3.3  | 6.2  | 2.7  | 5.46    | 6    |
| MNSV               | 3.5                             | 1.3  | 3.2  | 7.9  | 11.1 | 5.40    | 7    |
| PMMoV              | 3.9                             | 0.9  | 3.8  | 2.9  | 7.8  | 3.86    | 8    |
| WMV                | 1.6                             | 0.0  | 3.4  | 3.3  | 10.2 | 3.70    | 9    |
| PepMoV             | 4.3                             | 3.1  | 0.9  | 1.2  | 2.5  | 2.40    | 10   |
| TBSV               | 4.1                             | 0.0  | 2.6  | 3.4  | 0.0  | 2.02    | 11   |
| RSV                | 7.4                             | 1.3  | 1.1  | 0.0  | 0.0  | 1.96    | 12   |
| BWYV               | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 6.3  | 1.6  | 1.58    | 13   |
| CVX                | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 7.4  | 0.0  | 1.48    | 14   |
| TuMV               | 0.0                             | 0.0  | 1.9  | 4.3  | 0.6  | 1.36    | 15   |
| SMV                | 0.0                             | 5.5  | 0.0  | 1.2  | 0.0  | 1.34    | 16   |
| SYCMV              | 0.0                             | 5.5  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.10    | 17   |
| ORSV               | 0.3                             | 4.9  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.04    | 18   |
| PVY                | 0.0                             | 0.0  | 0.9  | 3.3  | 0.0  | 0.84    | 19   |
| PRSV               | 0.7                             | 0.0  | 2.9  | 0.0  | 0.0  | 0.72    | 20   |
| ToMV               | 0.0                             | 0.0  | 1.1  | 0.6  | 0.8  | 0.50    | 21   |
| TbLCV              | 0.5                             | 0.0  | 1.0  | 0.0  | 0.6  | 0.42    | 22   |
| RBSDV              | 1.2                             | 0.8  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.40    | 23   |
| RaMV               | 0.0                             | 0.0  | 1.9  | 0.0  | 0.0  | 0.38    | 24   |
| GFLV               | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 1.7  | 0.0  | 0.34    | 25   |
| RMV                | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 1.6  | 0.0  | 0.32    | 26   |
| SPFMV              | 0.0                             | 0.2  | 0.7  | 0.0  | 0.6  | 0.30    | 27   |
| SPLCV              | 0.5                             | 0.0  | 0.7  | 0.0  | 0.3  | 0.30    | 27   |
| SqMV               | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.5  | 0.30    | 27   |
| AMV                | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 1.2  | 0.0  | 0.24    | 28   |
| GYSVd              | 1.4                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.28    | 28   |
| TMGMV              | 1.4                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.28    | 28   |
| INSV               | 0.0                             | 0.0  | 1.0  | 0.0  | 0.0  | 0.20    | 29   |
| SPGV               | 0.0                             | 0.0  | 0.7  | 0.0  | 0.3  | 0.20    | 29   |
| TBV                | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 1.2  | 0.0  | 0.24    | 29   |
| SMYEV              | 0.7                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.14    | 30   |
| CyMV               | 0.7                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.14    | 30   |
| PVS                | 0.0                             | 0.0  | 0.5  | 0.0  | 0.0  | 0.10    | 31   |
| TMV                | 0.0                             | 0.0  | 0.5  | 0.0  | 0.0  | 0.10    | 31   |
| RDV                | 0.3                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.06    | 32   |

<sup>a</sup>Abbreviation of virus species as shown in Table 2.

<sup>b</sup>Infection rate calculated in each year.

장에서 임상진단 요청 건수가 가장 많았던 원인은 TYLCV 등 새로운 바이러스가 발생함에 따라서 농업현장에서 이전에 볼 수 없었던 바이러스 증상 발현과 급속한 지역적 확산에 기인한 것으로 생각된다. 2010년 이후 TYLCV 등의 바이러스에 대한 농업현장의 임상진단 요청 건수가 감소하였는데 이것은 바이러스 발생이 감소한 것이 아니라 바이러스병에 대한 홍보로 농가에서 더 이상 문의를 하지 않은 것으로 생각된다.

**농작물 감염 바이러스 종류별 중요도.** 2007년부터 5년간 농업현장의 임상진단 요청 작물에 감염된 바이러스 종류는 CMV 등 39종의 바이러스와 한 종의 바이로이드 포도황화반점바이로이드(*Grapevine yellow speckle viroid*, GYSvD)이었다(Table 3). 임상진단 요청 시료에서 5년 연속하여 검출된 바이러스는 BBWV2, CGMMV, CMV, MNSV, 고추모틀바이러스(*Pepper mottle virus*, PepMoV), PMMoV, TSWV, 쥬키니황화모자이크바이러스(*Zucchini yellow mosaic virus*, ZYMV) 등 8종이었다. 4년간 검출된 바이러스의 종류는 수박모자이크바이러스(*Watermelon mosaic virus*, WMV)이었으며, TYLCV는 2008년에 처음 발생한 바이러스이었기 때문에 2008년부터 계속하여 농업현장에서 문제가 되고 있는 바이러스이었다. 또한 3년간 검출된 바이러스의 종류는 RSV, SPFMV, SPLCV, TbLCV, TBSV, 토마토모자이크바이러스(*Tomato mosaic virus*, ToMV), 순무모자이크바이러스(*Turnip mosaic virus*, TuMV) 등 7종이었다. 3년 이상 검출된 바이러스 17종 중에서 RSV, SPFMV, SPLCV, TuMV 등 4종을 제외하면 고추, 토마토 등 가지과 작물과 수박, 오이 등 박과작물에 발생하는 바이러스이었다. 농작물에 가장 많이 발생한 바이러스 상위 10종의 순서와 검정 샘플가운데 검출된 비율은 CMV 19.4%, TSWV 12.9%, TYLCV 11.3%, CGMMV 9.6%, BBWV2 6.7%, ZYMV 5.5%, MNSV 5.4%, PMMoV 3.9%, WMV 3.7%, PepMoV 2.4%이었다. 상위 10종의 바이러스와 기준에 발생한 WMV와 2008년 처음 발생한 TYLCV를 제외하면 모두 5년 연속적으로 농작물에 발생한 바이러스이었으며, 농업현장 임상진단 요청 시료 전체의 80.9%에서 검출되어 농작물에 가장 문제되는 바이러스 종류이었다.

RSV는 2007년에서 2009년 3년 연속하여 임상진단 요청이 있었으며 평균 감염률은 2.0%이었다. 이는 RSV 매개충인 애벌레가 중국에서 비래하여 우리나라 서해안 지역을 중심으로 대 발생하였기 때문에(김 등, 2009; 최 등, 2010), 전국적으로 농업인의 임상진단 요청이 많았던 것으로 생각된다. 또한 BWYV는 2010년 처음 발생 후 2011년에도 동일 지역인 진주에서 발생하였으며, INSV는 2009

년 처음 검출된 이후 임상진단 요청이 없었기 때문에 농가에서 확산하지 않는 것으로 판단된다.

SPFMV와 SPLCV는 최근 고구마가 건강 식품으로 각광을 받으면서 임상진단 요청이 3년 동안 계속되어 농업현장에서 문제되고 있는 바이러스이었다(곽 등, 2006; 곽 등, 2008a). 바이러스 전염 특성으로 볼 때 종자, 접촉 및 토양 전염하는 바이러스는 농작물에 발생하면 토양 정착형이며 다른 농작물로의 전염원 역할로서도 중요하다. 임상진단 요청 시료의 바이러스 검출 비율은 매우 낮았지만 전염특성상 중요한 바이러스의 경우 선인장바이러스(*Cactus virus X*, CVX)는 관상용 선인장에서 보고되었으나(최 등, 1990), 2010년 임상진단 시료인 과일을 식용으로 하는 용과에서 검정되었다. 질경이모자이크바이러스(*Ribgrass mosaic virus*, RMV)는 1993년 평창 등 고령지 지역의 배추에서 대 발생 보고(김 등, 2010) 이후 2010년 임상진단 시료인 약용작물의 지황에 발생하였으며, 호박모자이크바이러스(*Squash mosaic virus*, SqMV)는 멜론에서 보고(김 등, 2008) 이후 2011년 임상진단 시료인 박에서 검정되었다. 담배모자이크바이러스(*Tobacco mosaic virus*, TMV)는 2009년 임상진단 요청 시료인 가지에서 처음으로 검정되었다.

**상위 10종 바이러스의 연도별 감염 작물 종류.** CMV는 가지과 작물, 박과 작물을 포함하여 화훼류 등 40과(Family) 이상의 기주범위가 넓은 바이러스로서(Francki 등, 1973), 고추는 5년간 연속하여 임상진단 요청이 있었으며, 토마토와 파프리카는 3년 연속 임상진단 요청이 있었으며, 또한 가지과 작물과 함께 박과 작물인 참외, 멜론, 수박 오이에서도 발생하여 농업현장에서 문제되는 바이러스이었다(Table 4). 화훼류에서는 백합, 튜립에서 문제되고 있으며, 갓과 토란에서도 CMV가 발생하였다. CMV는 고추에서 엽맥퇴록과 괴저(조 등, 2006) 과일 괴저(조 등, 2008), 원형반점(김 등, 2009), 순 괴저(김 등, 2009c), 모자이크 및 기형 병징의 호박(김 등, 2010b) 등 다양한 증상을 일으키는 병원성 분화가 발생하였다. 따라서 농업현장에서 가장 문제되는 CMV의 작물별, 지역별 분리주에 대한 병원성 분화에 대한 심도있는 연구를 기반으로 농작물 피해발생 예방에 대응할 수 있을 것이다.

TSWV는 2007년부터 5년간 연속적으로 농업현장에서 지속적으로 문제되고 있음을 알 수 있으며, 특히 고추와 토마토에 피해를 주고 있다. 또한 2010년 임상진단 요청 시료인 파프리카에 발생하여 경제적 피해가 늘어날 것으로 해석된다.

TYLCV는 2008년 처음 토마토에 발생한 후 매년 임상진단 요청이 있었으며, 다른 작물로의 확산은 아직 없는

**Table 4.** Top ten virus species<sup>a</sup> and the infected crops from agricultural places

| Virus species <sup>b</sup> | Crops infected                              |                                 |                                    |  |   |
|----------------------------|---|---------------------------------|------------------------------------|--|---|
|                            | 2007  | 2008                            | 2009                               | 2010   | 2011                                      |
| CMV                        | Red pepper, Tomato, Oriental melon          | Red pepper, Paprika, Lily, Taro | Red pepper, Paprika, Tomato, Melon | Red pepper, Paprika, Tomato, Watermelon, Cucumber, Tulip | Red pepper, Watermelon, Cucumber, Mustard |
| TSWV                       | Red pepper, Tomato                          | Red pepper, Tomato              | Red pepper, Tomato                 | Red pepper, Tomato, Paprika                              | Red pepper, Tomato                        |
| TYLCV                      | – <sup>c</sup>                              | Tomato                          | Tomato                             | Tomato   | Tomato                                    |
| CGMMV                      | Watermelon, Oriental melon, Cucumber, Gourd | Watermelon                      | Watermelon, Cucumber               | Watermelon, Gourd  | Watermelon, Cucumber, Gourd               |
| BBWV2                      | Red pepper                                  | Red pepper, Paprika             | Red pepper, Paprika                | Red pepper, Foxglove                                     | Red pepper                                |
| ZYMV                       | Cucumber, Squash, Gourd                     | –                               | Cucumber, Squash                   | Watermelon, Cucumber                                     | Cucumber, Squash                          |
| MNSV                       | Watermelon, Melon                           | Cucumber                        | Melon                              | Watermelon   | Watermelon, Melon                         |
| PMMoV                      | Red pepper                                  | Red pepper                      | Red pepper                         | Red pepper   | Red pepper, Paprika                       |
| WMV                        | Watermelon, Oriental melon                  | –                               | Watermelon, Cucumber, Squash       | Watermelon, Cucumber, Gourd                              | Watermelon, Cucumber, Gourd               |
| PepMoV                     | Red pepper                                  | Red pepper                      | Red pepper                         | Red pepper, Paprika                                      | Red pepper                                |

<sup>a</sup>Top ten virus species from Table 3.

<sup>b</sup>Abbreviation of virus species as shown in Table 2.

<sup>c</sup>No occurrence.

것으로 판단된다. TSWV와 TYLCV가 농업현장에서 지속적으로 문제되는 원인은 대형 육묘장에서 공급한 묘에 의한 것으로 확인되어(최 등, 2010), 육묘장 감염묘 공급에 대한 대응이 필요하다.

CGMMV는 수박에서는 5년 연속 감염되었으며, 1997년 수박에서 전국적인 대 발생 후 농업현장에서 지속적으로 문제되고 있음을 알 수 있으며, 오이에서도 4년 동안 임상진단 요청이 있어 농업현장에 피해를 주고 있었다. 또한 참외의 경우 2007년 성주 지역 대 발생 이후 임상진단 요청이 없어 성주 지역 이외에서는 피해 발생에 대한 농업인의 바이러스 인식이 불충분한 것으로 판단된다.

BBWV2는 고추에서 5년 연속 농업현장에 발생하여 피해를 주고 있으며, 2008년과 2009년에는 파프리카에서도 발생하였으며, 2010년에는 약용 작물인 지황에 RMV 복합감염으로 발생하여 병원성 분화와 기주 범위 확산에 대한 연구가 필요하다.

ZYMV는 오이와 호박에 주로 피해를 주고 있으며, 2007년 박, 2010년 수박에 발생하였다.

MNSV는 2001년 멜론에 처음 발생하였으나, 2005년 수박으로 기주범위가 확산하였으며(김 등, 2008), 이에 따라 2007, 2010, 2011년 수박에 발생하여 농업현장에서 피해가 지속적으로 발생하고 있음을 알 수 있다. 또한 2008년

에는 오이에 발생하여 멜론에서 처음 발생 후 수박, 오이 등으로 기주 작물 종류가 확산되고 있음을 알 수 있다.

PMMoV와 PepMoV는 고추에 주로 발생하여 피해를 주고 있으며, WMV는 수박, 참외, 오이에 주로 발생하는 바이러스이지만 호박과 박에 발생하여 피해를 주고 있다.

**농업현장 임상진단 요청 작물 종류 및 중요도.** 농업인 등 농업현장에서 임상진단 요청한 작물은 고추 등 51종으로 매우 다양하였다(Table 5). 상위 10개 작물의 임상진단 요청률은 81.6%이었으며, 상위 20개 작물의 경우는 94.2%이었다. 상위 10개 작물의 경우 농업현장에서 중요한 작물은 채소류가 고추 등 8작물, 식량작물은 벼와 옥수수 이었다. 채소류는 가지과 작물의 고추, 토마토, 파프리카 3종이며, 박과류는 4개 작물로 수박, 멜론, 오이, 박 이었다. 따라서 가지과 작물과 박과 작물이 상위 10개 작물 중 7종이 포함되었다. 상위 20개 작물의 경우 채소 작물이 11, 식량 작물은 4개 작물로 콩과 고구마가 포함되었으며, 화훼 작물은 4개 작물로 튜립, 난, 용과, 과수 작물은 사과 한 종이었다. 상위 10개 작물과 20개 작물을 보면 채소류에서 바이러스가 가장 문제되고 있음을 알 수 있으며, 식량 작물의 경우 벼와 옥수수는 2007년–2009년의 RSV대 발생이 원인으로 생각된다. 또한 최근의 웰빙의 생활화가 확산됨에 따라서 콩과 고구마가 주요한 식

**Table 5.** Crops and their request rates for the diagnosis of plant virus infection from agricultural places for 5 years since 2007

| Crop (Korean)          | Request rate (%) <sup>a</sup> |      |      |      |      | Average |
|------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|---------|
|                        | 2007                          | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |         |
| Red pepper (고추)        | 41.1                          | 23.1 | 23.7 | 14.7 | 33.8 | 27.28   |
| Tomato (토마토)           | 9.5                           | 15.6 | 34.6 | 15.9 | 8.7  | 16.86   |
| Paprika (착색단고추)        | 1.6                           | 6.7  | 17.5 | 5.2  | 7.1  | 7.62    |
| Watermelon (수박)        | 5.5                           | 7.8  | 1.6  | 10.4 | 8.4  | 6.74    |
| Melon (멜론)             | 1.6                           | 2.6  | 2.6  | 0.5  | 20.4 | 5.54    |
| Rice (벼)               | 15.9                          | 1.5  | 1.4  | 0.9  | 1.7  | 4.28    |
| Cucumber (오이)          | 7.6                           | 5.5  | 1.7  | 2.8  | 1.7  | 3.86    |
| Corn (옥수수)             | 0.3                           | 13.7 | 0.0  | 0.0  | 4.4  | 3.68    |
| Radish (무)             | 0.0                           | 0.0  | 4.3  | 12.8 | 0.0  | 3.42    |
| Gourd (박)              | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 10.5 | 1.3  | 2.36    |
| Tulip (튤립)             | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 7.1  | 1.3  | 1.68    |
| Squash (호박)            | 2.4                           | 0.0  | 2.9  | 0.2  | 2.7  | 1.64    |
| Orchid (난)             | 0.8                           | 6.5  | 0.9  | 0.0  | 0.0  | 1.64    |
| Apple (사과)             | 0.0                           | 7.8  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.56    |
| Oriental melon (참외)    | 5.8                           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.4  | 1.24    |
| Dragon fruit (용과)      | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 5.8  | 0.0  | 1.16    |
| Soybean (콩)            | 0.0                           | 3.2  | 0.5  | 1.3  | 0.0  | 1.00    |
| Sweet potato (고구마)     | 3.0                           | 0.8  | 0.8  | 0.0  | 0.0  | 0.92    |
| Bell pepper (피망)       | 0.0                           | 0.2  | 0.6  | 3.5  | 0.6  | 0.98    |
| Chrysanthemum (국화)     | 2.6                           | 0.0  | 0.9  | 0.0  | 0.0  | 0.52    |
| Grape (포도)             | 1.1                           | 0.8  | 0.0  | 1.3  | 0.0  | 0.64    |
| Chives (쪽파)            | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 0.5  | 2.5  | 0.60    |
| Onion (양파)             | 0.0                           | 0.9  | 0.5  | 1.5  | 0.0  | 0.58    |
| Potato (감자)            | 0.0                           | 0.9  | 1.1  | 0.7  | 0.0  | 0.54    |
| Spinach (시금치)          | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 1.8  | 0.0  | 0.36    |
| Fox glove (지황)         | 0.0                           | 1.0  | 0.0  | 0.7  | 0.0  | 0.34    |
| Oriental cabbage (배추)  | 1.1                           | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.4  | 0.32    |
| Strawberry (딸기)        | 0.5                           | 0.0  | 0.5  | 0.5  | 0.0  | 0.30    |
| Papaya (파파야)           | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.4  | 0.28    |
| Endive (치코리)           | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.3  | 0.26    |
| Egg plant (가지)         | 0.0                           | 0.0  | 0.9  | 0.0  | 0.4  | 0.26    |
| Lily (백합)              | 0.0                           | 0.4  | 0.0  | 0.9  | 0.0  | 0.26    |
| Lettuce (상추)           | 0.0                           | 0.0  | 1.2  | 0.0  | 0.0  | 0.24    |
| Perilla (들깨)           | 0.0                           | 0.0  | 1.1  | 0.0  | 0.0  | 0.22    |
| Curcuma (강황)           | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.1  | 0.22    |
| Cabbage (양배추)          | 0.0                           | 0.8  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.16    |
| Mustard (갓)            | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.6  | 0.12    |
| Blueberry (블루베리)       | 0.0                           | 0.0  | 0.2  | 0.4  | 0.0  | 0.12    |
| Carrot (당근)            | 0.0                           | 0.0  | 0.5  | 0.0  | 0.0  | 0.10    |
| Bok choy (청경채)         | 0.0                           | 0.0  | 0.5  | 0.0  | 0.0  | 0.10    |
| Taro (토란)              | 0.0                           | 0.4  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.08    |
| Japanese quince (명자나무) | 0.0                           | 0.4  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.08    |
| Garlic (마늘)            | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 0.3  | 0.0  | 0.06    |
| Ixeris dentata (씀바귀)   | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 0.3  | 0.0  | 0.06    |
| Pimpinella (참나물)       | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.2  | 0.04    |
| Honey suckle (인동)      | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.2  | 0.04    |
| Kidney bean (강낭콩)      | 0.0                           | 0.0  | 0.2  | 0.0  | 0.0  | 0.04    |
| Rape (유채)              | 0.0                           | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.02    |
| Barley (보리)            | 0.0                           | 0.0  | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.02    |
| Broccoli (브로콜리)        | 0.0                           | 0.0  | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.02    |
| Leaf beet (근대)         | 0.0                           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.1  | 0.02    |

<sup>a</sup>Infection rate calculated in each year.

**Table 6.** Viruses and their infection rates on red pepper from agricultural places for 5 years since 2007

| Infection type <sup>a</sup> | Infection rate (%) <sup>b</sup> |      |      |      |      | Average |
|-----------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|---------|
|                             | 2007                            | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |         |
| BBWV                        | 0.0                             | 8.4  | 2.4  | 5.0  | 8.4  | 4.84    |
| CMV                         | 27.9                            | 28.3 | 21.8 | 30.0 | 15.0 | 24.60   |
| INSV                        | 0.0                             | 0.0  | 4.6  | 10.0 | 1.4  | 3.20    |
| PepMoV                      | 0.0                             | 0.0  | 4.3  | 15.0 | 1.4  | 4.14    |
| PMMoV                       | 5.2                             | 17.6 | 14.6 | 20.0 | 37.0 | 18.88   |
| PVY                         | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 17.5 | 0.0  | 3.50    |
| TMGMV                       | 3.9                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.78    |
| TSWV                        | 27.3                            | 30.0 | 5.1  | 2.5  | 8.4  | 14.66   |
| BBWV2+CMV                   | 19.0                            | 0.0  | 37.5 | 0.0  | 0.0  | 11.30   |
| BBWV2+TSWV                  | 0.0                             | 0.0  | 4.3  | 0.0  | 4.0  | 1.66    |
| CMV+PepMoV                  | 10.4                            | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.4  | 2.36    |
| CMV+PMMoV                   | 6.3                             | 1.9  | 0.0  | 0.0  | 16.7 | 4.98    |
| CMV+TSWV                    | 0.0                             | 2.8  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.56    |
| CMV+TYLCV                   | 0.0                             | 11.1 | 0.0  | 0.0  | 2.7  | 2.76    |
| PMMoV+TSWV                  | 0.0                             | 0.0  | 1.1  | 0.0  | 0.0  | 0.22    |
| BBWV2+CMV+PepMoV            | 0.0                             | 0.0  | 3.8  | 0.0  | 0.7  | 0.90    |
| BBWV2+CMV+PMMoV             | 0.0                             | 0.0  | 0.8  | 0.0  | 1.3  | 0.42    |
| BBWV2+CMV+TSWV              | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.4  | 0.28    |
| CMV+PMMoV+TSWV              | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.7  | 0.14    |

<sup>a</sup>Abbreviation of virus species as shown in Table 2.

<sup>b</sup>Infection rate calculated in each year.

량 작물로 인식되었으며(곽 등, 2006; 곽 등, 2011), 화훼 작물의 경우 틀립은 구근의 대형 소비처인 놀이공원에서 문제가 되었다.

**고추 감염 바이러스 종류 및 감염 형태.** 농업현장에서 임상진단 요청 작물의 중요도에 따라서 고추 등 가지과 작물과 수박 등 박과 작물의 감염 바이러스 종류와 감염 형태를 분석하였다. 고추에 발생한 바이러스의 종류는 BBWV2 등 8종이었으며, 2종 바이러스의 복합감염 형태는 7가지이었고, 3종 바이러스의 복합감염 형태는 4가지이었다(Table 6). CMV, PMMoV와 TSWV의 단독 및 복합감염을 포함한 감염률을 보면 CMV는 48.3%, PMMoV는 24.3%, TSWV는 17.5%로 고추에 감염하는 8종의 바이러스 중 90%를 차지하여 우리나라 고추에 피해를 입히는 중요한 바이러스이었다. CMV는 20011년에 15.0%로 낮았지만 2007년부터 4년간 21.9%에서 30.0%의 높은 감염률이었다. PMMoV는 2007년 5.2%에서 2011년 37%로 감염률이 급격히 상승한 반면에 TSWV는 2007년과 2008년 각각 27.3%와 30.0%로 매우 높았으나 2009년에서 2011년에는 5.1%에서 8.4%로 급격히 감소하였다. PMMoV는 종자전염과 접촉전염 특성의 바이러스로서 2004년-2005년의 고추 포장 감염률인 2-3%의 안정적 관

리상태였으나(이 등, 2005; 조 등, 2007), 2010년과 2011년에 급격히 상승하였기 때문에 고추 종자 및 재배 관리에 세심한 주의가 필요함을 알 수 있다.

2종 바이러스의 복합감염 형태는 고추에 가장 많이 발생한 CMV와의 복합감염 형태가 가장 많았다. CMV와 복합 감염된 바이러스는 고추에 감염된 8종의 바이러스 중 BBWV2, PepMoV, PMMoV, TSWV, TYLCV 등 6종으로서 CMV가 이 들 바이러스와 복합감염을 형성하는 유전적 협력을 해석함으로써 농작물 피해 발생을 예방할 수 있는 새로운 대책을 모색할 수 있을 것으로 생각된다. 2종 바이러스의 복합감염 형태 중에서 BBWV2+CMV의 복합감염률은 11.3%로 가장 높았으며, 두 바이러스 모두 진딧물 전염 바이러스로 복합감염에 대한 해석이 필요하다. 한편 PMMoV는 CMV와 TSWV와 2종 복합감염률이 5.2%로서 비교적 낮은 발생률이지만 TSWV의 괴저 및 고사 증상의 심각한 병징 심도를 고려하면 기주 식물과 바이러스와의 유전자 상호작용에 대한 연구가 필요하다.

고추에 감염된 바이러스 8종 중에서 3종 바이러스의 복합감염 형태는 4개의 형태이었고, BBWV2, CMV가 포함된 복합형태는 3개의 형태이었고 PepMoV, PMMoV, TSWV가 각각 복합감염을 형성하였다. 3종 바이러스의

복합감염률은 총 1.7%로 매우 낮았지만, 8종 바이러스 단독감염률을 보았을 때 BBWV2의 감염률이 4.8%로 낮았음에도 3종 바이러스의 복합감염에 주요 관여 바이러스로 작용하였기 때문에 BBWV2의 역할이 4개 형태의 복합감염에 도움을 주는 것으로 해석된다. 또한 CMV+PMMoV+TSWV의 복합감염률은 1.4%이었다.

노지 및 하우스 재배 고추의 단독감염 바이러스는 CMV 등 7종이었으며(이 등, 2004), *Tospovirus*인 INSV와 TSWV가 우리나라에서 발생되기 이전의 연구 결과이었다. 복합감염 형태의 경우도 2종 복합이 7개 형태, 3종 복합감염이 3개 형태, 4종 복합감염이 2개 형태로 총 12개의 복합감염 형태 중에서 BBWV2가 8개 형태에 관여 하였고 CMV가 7개 형태에 관여하여 고추에 이 두 바이러스가 주요 피해 바이러스임을 알 수 있다. 조 등(2007)에 의하면 고추에서 단독감염이 CMV 등 6종이었으며 감자바이러스(*Potato virus Y*, PVY)가 검출되지 않았고 INSV는 2종 바이러스의 복합감염은 8개 형태, 3종 바이러스의 복합감염은 4개 형태, 4종 바이러스의 복합감염은 1개 형태로 보고하였다. 단독감염의 경우 CMV가 29.4%, BBWV2가 25.6%로 고추의 주요 감염 바이러스이었으나, 농업현장에서 요청한 시료의 경우에는 CMV가 24.6%, BBWV2가 4.8%로 CMV가 주요 감염 바이러스로 진단되었다. 이와 같은 원인은 BBWV2가 고추에서 병원성이 비교적 약하였기 때문에 농업인의 임상요청이 적었을 것으로 추정된다. 그러나 2종 복합감염에서 CMV+BBWV2가 29.7%, CMV+PepMoV가 28.8%로 주요 복합감염 형태이었으며, CMV+BBWV2 복합감염 형태는 3종과 4종 복합감염의 5개 형태 중에서 4개 형태에 BBWV2가 관여하고 있었으며, 병징 상승작용도 조사되어(조 등, 2007), BBWV2와 CMV는 농가 포장의 고추에서 광범위한 피해 발생을 일으키고 있음을 알 수 있다.

**토마토 감염 바이러스 종류 및 감염 형태.** 농업현장에서 요청한 토마토 감염 바이러스의 종류는 CMV 등 6종이었다(Table 7). 2007년에 감염된 바이러스는 TbLCV, TBSV, TSWV, CMV 등 4종이었으며 2008년은 TSWV, TYLCV 2종이었으나, 2009년에는 CMV 등 6종, 2010년은 5종, 2011년은 4종으로 2-6종의 바이러스가 발생하였다. 바이러스 종류별 5년간 평균 감염률은 TYLCV가 50.6%로 가장 높았으며, TSWV, TbLCV, TBSV, CMV의 감염률은 각각 14.5%, 10.9%, 9.5%, 8.8%이었다. 복합감염 형태는 CMV+TSWV와 ToMV+TYLCV 두 가지로 감염률은 각각 3.9%와 0.4%로 낮았다. 토마토에서는 2008년에 발생한 TYLCV(곽 등, 2008a) 농업현장에서 가장 문제가 되고 있어 임상진단 요청이 많았으며, 상대적으로 CMV는 고추와 달리 토마토에서는 피해가 적었다. 또한 담배가루이에 의하여 전염되는 TYLCV의 단독감염률은 50.6%이었지만 2007년에는 발생하지 않았기 때문에 실제 4년간 평균 감염률은 63.3%로 매우 높았다. 이와 같이 TYLCV의 감염률이 매우 높았음에도 ToMV와 복합감염률은 0.4%로 매우 낮았다.

**파프리카 감염 바이러스 종류 및 감염 형태.** 농업현장에서 임상진단 요청한 파프리카에 감염된 바이러스 종류는 CMV 등 7종이었다(Table 8). 2007년에는 농업인 등이 바이러스 임상진단 요청이 없었으며, 2008년은 CMV와 BBWV2 두 종의 바이러스가 감염되었으며, 2009년은 CMV, BBWV2, TSWV, TYLCV 4종이 감염되었다. 2010년은 CMV, BBWV2, PepMoV 3종이 감염되었고, 2011년은 BWYV, PepMoV, PMMoV 3종이 감염되었다. 따라서 토마토에 7종이 감염되었지만 해에 따라서 3종에서 4종 바이러스만이 감염되었다. 5년간 평균 감염률은 CMV가 45.1%, BWYV가 18.8%, PMMoV가 12.5%, BBWV2가 6.7%로 농업현장의 파프리카에 피해를 주는 주요 바이러스

**Table 7.** Viruses and their infection rates on tomato from agricultural places for 5 years since 2007

| Infection type <sup>a</sup> | Infection rate (%) <sup>b</sup> |      |      |      |      | Average |
|-----------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|---------|
|                             | 2007                            | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |         |
| CMV                         | 0.0                             | 0.0  | 1.6  | 35.4 | 7.2  | 8.84    |
| TbLCV                       | 50.0                            | 0.0  | 4.6  | 0.0  | 0.0  | 10.92   |
| TBSV                        | 23.1                            | 0.0  | 11.8 | 12.5 | 0.0  | 9.48    |
| ToMV                        | 0.0                             | 0.0  | 0.5  | 2.1  | 4.6  | 1.44    |
| TSWV                        | 7.7                             | 22.7 | 3.6  | 25.0 | 13.7 | 14.54   |
| TYLCV                       | 0.0                             | 77.4 | 75.9 | 25.0 | 74.7 | 50.60   |
| CMV+TSWV                    | 19.3                            | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 3.86    |
| ToMV+TYLCV                  | 0.0                             | 0.0  | 2.2  | 0.0  | 0.0  | 0.44    |

<sup>a</sup>Abbreviation of virus species as shown in Table 2.

<sup>b</sup>Infection rate calculated in each year.

**Table 8.** Viruses and their infection rates on paprika from agricultural places for 5 years since 2007

| Infection type <sup>a</sup> | Infection rate (%) <sup>b</sup> |      |      |      |      | Average |
|-----------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|---------|
|                             | 2007                            | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |         |
| BBWV2                       | — <sup>c</sup>                  | 20.0 | 6.8  | 0.0  | 0.0  | 6.70    |
| BWYV                        | —                               | 0.0  | 0.0  | 39.3 | 35.7 | 18.80   |
| CMV                         | —                               | 57.5 | 65.6 | 57.2 | 0.0  | 45.08   |
| PepMoV                      | —                               | 0.0  | 0.0  | 3.6  | 14.3 | 4.47    |
| PMMoV                       | —                               | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 50.0 | 12.50   |
| TSWV                        | —                               | 0.0  | 1.4  | 0.0  | 0.0  | 0.35    |
| TYLCV                       | —                               | 0.0  | 1.4  | 0.0  | 0.0  | 0.35    |
| BBWV2+CMV                   | —                               | 10.0 | 25.0 | 0.0  | 0.0  | 8.75    |
| BBWV2+CMV+PepMoV            | —                               | 12.5 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 3.13    |

<sup>a</sup>Abbreviation of virus species as shown in Table 2.

<sup>b</sup>Infection rate calculated in each year.

<sup>c</sup>No specimens requested.

스이었다. 진딧물 전염되는 CMV는 2008년부터 2010년 까지 3년간 57–66% 정도의 감염률을 나타내었지만 2011년에는 갑자기 감염률이 0.0%로 저하되었다. 반면에 종자 전염되는 PMMoV는 2008년–2010년 3년간 검출되지 않았다가 2011년에 갑자기 50.0%로 증가하여, 종자 및 재배 관리의 각별한 주의가 필요하다. BWYV는 2010년에 처음 발생하였기 때문에 2년간 평균 발생률은 실제로 37.5%에 달하여 농업현장에서 파프리카에 발생하는 주요 피해 바이러스의 종류는 CMV, BWYV, PMMoV에서 BWYV와 PMMoV로 크게 변화되어 농업 현장에 피해를 주고 있음을 알 수 있다. 파프리카의 바이러스 복합감염은 BBWV2+CMV의 경우 2008년 10.0%, 2009년 25.0%로 2년간 발생하였고 비교적 높은 감염률을 보였다. 3종 바이러스 복합감염은 BBWV2+CMV+PepMoV의 하나의 형태이었고 2008년에만 발생하여 복합감염 형태는 온실 재배에 따른 제한된 환경 조건으로 인하여 다양하게 발생하지 않는 것으로 생각된다.

**수박 감염 바이러스 종류 및 감염 형태.** 농업현장에서 임상진단 요청한 박과 작물 중 가장 중요한 수박, 멜론, 오이에 대하여 감염된 바이러스 종류와 복합감염 형태에 대하여 분석하였다. 수박에 감염된 바이러스 종류는 MNSV 등 5종이었다(Table 9). 바이러스 별 평균 감염률은 MNSV 37.0%, CGMMV 20.4%, ZYMV 18.1%, WMV 17.8%, CMV 1.0%이었다. 연도별 발생 바이러스 종류는 2007년–2010년은 CGMMV 등 2–3종이었으나, 2011년은 5종 모두 감염되어 다양한 감염양상을 보였다. 종자 전염 바이러스인 CGMMV는 5년 연속하여 지속적으로 6.7%에서 35.0%까지 발생하고 있었으며, 또 다른 종자 전염 바이러스인 MNSV는 5년 중 4년간 검출되었고 감염률은 10%에서 65%까지 매우 높아 수박에서 CGMMV와 함께 MNSV가 중요한 피해 바이러스임을 알 수 있어 건전 종자 생산의 중요성을 재 인식할 필요가 있다. CMV는 2010년에는 MNSV와 복합 감염되어 3.4% 발생하였고, 2011년에는 단독감염으로 5.0% 발생하여 최근에 새로 농업현장에

**Table 9.** Viruses and their infection rates on watermelon from agricultural places for 5 years since 2007

| Infection type <sup>a</sup> | Infection rate (%) <sup>b</sup> |      |      |      |      | Average |
|-----------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|---------|
|                             | 2007                            | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |         |
| CMV                         | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 5.0  | 1.00    |
| CGMMV                       | 35.0                            | 14.3 | 33.4 | 6.7  | 12.5 | 20.38   |
| MNSV                        | 10.0                            | 0.0  | 50.0 | 65.0 | 60.0 | 37.00   |
| WMV                         | 55.0                            | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 17.5 | 17.84   |
| ZYMV                        | 0.0                             | 85.7 | 0.0  | 0.0  | 5.0  | 18.14   |
| CMV+ MNSV                   | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 3.4  | 0.0  | 0.68    |
| WMV+ZYMV                    | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 25.0 | 0.0  | 5.00    |

<sup>a</sup>Abbreviation of virus species as shown in Table 2.

<sup>b</sup>Infection rate calculated in each year.

**Table 10.** Viruses and their infection rates on melon from agricultural places for 5 years since 2007

| Infection type <sup>a</sup> | Infection rate (%) <sup>b</sup> |      |      |      |      | Average |
|-----------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|---------|
|                             | 2007                            | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |         |
| CMV                         | 0.0                             | 0.0  | 16.7 | 0.0  | 0.0  | 5.57    |
| MNSV                        | 100.0                           | 0.0  | 42.8 | 0.0  | 90.0 | 77.60   |
| WMV                         | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 10.0 | 3.33    |
| CMV+ MNSV                   | 0.0                             | 0.0  | 40.6 | 0.0  | 0.0  | 13.53   |

<sup>a</sup>Abbreviation of virus species as shown in Table 2.

<sup>b</sup>Infection rate calculated in each year.

**Table 11.** Viruses and their infection rates on cucumber from agricultural places for 5 years since 2007

| Infection type <sup>a</sup> | Infection rate (%) <sup>b</sup> |      |      |      |      | Average |
|-----------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|---------|
|                             | 2007                            | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |         |
| CGMMV                       | 50.0                            | 0.0  | 50.0 | 0.0  | 41.7 | 28.34   |
| CMV                         | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 33.4 | 6.68    |
| WMV                         | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 12.5 | 3.2  | 3.14    |
| ZYMV                        | 50.0                            | 46.2 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 19.24   |
| CMV+ZYMV                    | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 87.5 | 0.0  | 17.50   |
| MNSV+ZYMV                   | 0.0                             | 53.8 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 10.76   |
| WMV+ZYMV                    | 0.0                             | 0.0  | 50.0 | 0.0  | 15.7 | 13.14   |
| CMV+ WMV+ZYMV               | 0.0                             | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 6.3  | 1.26    |

<sup>a</sup>Abbreviation of virus species as shown in Table 2.

<sup>b</sup>Infection rate calculated in each year.

서 문제되는 것으로 추정된다. 또한 CMV와 같이 진딧물 전염 바이러스인 WMV는 2007년 55.0%, ZYMV는 2008년 85.7%로 매우 높게 발생하였고, 복합감염의 경우 2010년 WMV+ZYMV가 25.0% 발생하여 해에 따라서 매우 높게 발생하므로 매개충 관리 등 세밀한 재배 관리가 필요함을 알 수 있다.

**멜론 감염 바이러스 종류 및 감염 형태.** 2007년부터 5년 동안 농업현장에서 임상진단 요청한 멜론 시료의 바이러스 감염은 2007년, 2009년, 2011년 3년의 요청 시료에서만 확인되었으며, 감염 바이러스 종류는 CMV, MNSV, WMV의 3종이었다(Table 10). 바이러스 별 평균 감염률은 MNSV가 77.6%이었고 복합감염률을 추가하면 MNSV의 발생률은 91.1%로서 멜론에서 가장 피해를 주는 바이러스이었다.

CMV는 2009년 한 해에만 발생하였지만, 단독 및 복합 감염률을 합하면 57.3%로 멜론에서도 큰 피해를 주는 바이러스이었다(조 등, 2011). 멜론에서의 복합감염 형태는 2009년에 CMV+MNSV 한 가지이었으며, 수박(Table 9), 오이(Table 11)와 비교하면 감염 바이러스 종류와 복합감염 형태가 단순하였다.

**오이 감염 바이러스 종류 및 감염 형태.** 2007년부터

5년간 농업현장에서 임상진단 요청한 오이 시료에 감염된 바이러스 종류는 CGMMV 등 5종이었다(Table 11). 오이에서는 ZYMV, CGMMV, CMV, WMV의 순으로 피해를 주고 있었다. 또한 ZYMV는 CGMMV와 비교할 때 감염률뿐만 아니라 해에 따른 발생 빈도의 경우에도 오이에서 가장 피해를 주고 있는 바이러스로 확인되었다. CMV는 2007년-2009년에는 감염이 없었으나 2010년과 2011년에 감염이 확인되었으며, 단독 및 복합감염을 총합하여 보면 2010년에는 87.5%, 2011년에는 39.7%로 발생이 급격히 증가하였기 때문에 CMV는 박과 작물인 수박(Table 9), 멜론(Table 10)과 같이 오이에서도 최근에 중요한 피해 바이러스화 하고 있음을 알 수 있다. 우리나라 오이 주산단지인 경북 상주와 전남 구례 지역의 재배 포장의 감염 바이러스 종류와 특성 보고(조 등, 2011a)와 비교하면 검출이 되지 않은 바이러스의 종류는 BBWV2, 파파야원형반점바이러스(*Papaya ringspot virus*, PRSV), 규리얼룩모자이크바이러스(*Kyuri green mottle mosaic virus*, KGMMV) 3종이었으며, CMV 발생은 임상진단 결과에서만 확인되었다. 임상진단에서 가장 많이 감염된 바이러스는 CGMMV로서 28.3%인 반면에 포장 조사의 경우 9.0%로 매우 낮았다. 조사 년도에 따른 CGMMV의 감염 양

상을 보면 임상진단의 경우 2007년, 2009년, 2011년에 격년으로 50.0–41.7% 감염되었으며, 포장 조사의 경우 2006년에는 단독 및 복합감염을 합하면 77% 발생하였지만 2007년에는 전혀 감염되지 않았기 때문에 CGMMV는 재배년도에 따라서 사용한 종자와 높은 연관성이 있을 것으로 추정된다. ZYMV는 임상진단 결과와 포장 조사 결과의 감염률이 각각 19.2%와 23.5%로 ZYMV는 지속적으로 오이에서 주요 피해 바이러스이었다. 또한 복합감염 형태에서도 2종 복합감염이 5개, 3종 복합감염이 2개, 4종 바이러스의 복합감염인 CGMMV+ZYMV+PRSV+KGMV가 2.0% 발생하여 농업현장의 임상진단 결과 보다 포장 조사 결과가 매우 복잡한 발생양상을 보였다.

## 요 약

농업인 등 농업현장에서 임상진단을 요청한 시료 수는 2007년부터 5년간 총 2,992건이었으며, 바이러스를 검정한 샘플 수는 13,325개이었다. 연도별 검출된 바이러스 종류는 2007년 21종, 2008년 15종, 2009년 23종, 2010년 21종, 2011년 17종이었다. 5년 동안에 우리나라에서 처음 검정된 바이러스는 2007년에는 TbLCV, 2008년에는 TYLCV, 2009년에는 INSV, RaMV, 2010년에는 BWVY이었다. 2007년부터 5년간 총 발생한 바이러스 종류는 알파모자이크바이러스(*Alfalfa mosaic virus*, AMV) 등 총 40종이었다. 임상진단 요청 시료에서 가장 감염율이 높은 상위 10종의 바이러스는 CMV, TSWV, TYLCV, CGMMV, BBWV2, ZYMV, MNSV, PMMoV, WMV, PepMoV이었다. 농업현장에서 임상진단 요청한 작물의 종류는 총 53종이었으며, 상위 10위의 작물 종류는 고추, 토마토, 파프리카, 수박, 멜론, 벼, 오이, 옥수수, 무, 박이었고, 상위 10개 작물과 20개 작물의 전체 임상진단 요청률은 각각 81.6%와 94.2%이었다. 고추에 감염된 바이러스는 BBWV2 등 8종이었으며, 검정한 샘플 가운데 바이러스가 검출된 비율은 CMV 24.6%, PMMoV 18.9%, TSWV 14.7%이었다. 2종 바이러스 복합감염 형태는 평균 감염률 14.7%의 BBWV2+CMV 등 7가지, 3종 바이러스 복합감염 형태는 평균 감염률 0.9%의 BBWV2+CMV+PepMoV 등 4가지이었다. 토마토에서 검출된 바이러스 종류는 CMV 등 6종이었으며 검정한 샘플 중 바이러스가 검출된 비율은 TYLCV 50.6%, TSWV 14.5%, TbLCV 10.9%이었다. 복합감염 형태와 감염률은 CMV+TSWV 3.9%, ToMV+TYLCV 0.4%이었다. 수박에 감염된 바이러스는 CMV 등 5종이었으며 평균 검출 비율은 MNSV 37.0%, CGMMV 20.4%, ZYMV 18.1%, WMV 17.8%이었다. 수박 바이러스의 복

합감염 형태와 검출비율은 CMV+MNSV 0.7%, WMV+ZYMV 5.0%이었다. 멜론에서 검출된 감염된 바이러스는 CMV 등 3종이었고 평균 검출비율은 MNSV 77.6%, CMV 5.6%, WMV 3.3%이었다. 복합감염은 CMV+MNSV로 평균 검출비율은 13.5%이었다.

## References

- Cho, J. D., Kim, J. S., Kim, J. Y., Kim, J. H., Lee, S. H., Choi, G. S., Kim, H. R. and Chung, B. N. 2005a. Occurrence and symptoms of *Tomato spotted wilt virus* on vegetables in Korea. *Res. Plant Dis.* 11: 213–216. (In Korean)
- Cho, J. D., Kim, J. S., Kim, T. S. and Kim, J. H. 2005b. *Melon necrotic spot virus* inducing necrotic spots on watermelon in Korea. *Plant Pathology J.* 21: 425. (Abstract)
- Cho, J. D., Kim, J. S., Lee, S. H., Choi, G. S. and Chung, B. N. 2007. Viruses and symptoms on peppers, and their infection types in Korea. *Res. Plant Dis.* 13: 75–81. (In Korean)
- Cho, J. D., Lee, J. H., Ko, S. J., Choi, H. S., Lee, S. H., Choi, G. S. and Kim, J. S. 2011a. Symptoms of cucumber virus diseases occurred in Sangju and Gurye in 2006 and 2007. *Res. Plant Dis.* 17: 195–204. (In Korean)
- Cho, J. D., Lee, S. H., Choi, H. S., Kim, J. S., Park, H. Y., Choi, G. S., Chung, B. N. and Choi, I. S. 2011. Characterization of a new *Radish mosaic virus* isolated from radish in Jeju. *Res. Plant Dis.* 17: 46. (Abstract)
- 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. S., Choi, Y. M. and Lee, S. H. 1990. Identification and characterization of *Cactus virus X* from Cacti in Korea. *Res. Rept. RDZ (C.P.)* 32: 7–13.
- Choi, H. S., Lee, S. H., Kim, M. K., Kwak, H. R., Kim, J. S., Cho, J. D. and Choi, G. S. 2010. Occurrence of virus diseases on major crops in 2009. *Res. Plant Dis.* 16: 1–9. (In Korean)
- Chung, B. C. and Lee, S. H. 1969. Studies on the transmission mechanism of *Rice stripe virus*. *Res. Rept. RDA* 12: 105–110. (In Korean)
- Francki, R. I. B., Mossop, D. W. and Hatta, T. 1979. *Cucumber mosaic virus*. CMI/AAB Description of plant viruses No. 213.
- Ji, J., Oh, T. K., Lee, H. J., Kim, S. H., Rajangam, U., Kim, S. C., Kim, Y. S. and Choi, C. W. 2008a. Molecular characterization of tomato infecting *Tobacco leaf crul geminivirus* isolated from Jeju island. *Res. Plant Dis.* 24: 238. (Abstract)
- Ji, J., Sumita, L., Lee, H. J., Oh, T. K., Kim, S. J., Lee, H. K., Kim, S. C. and Choi, C. W. 2008b. Occurrence and characterization of tomato infecting Geminivirus in Korea. *Plant Pathology J.* 24: 238. (Abstract)
- Kim, J. S., Cho, J. D., Choi, H. S., Lee, S. H., Choi, G. S., Lee, S. Y., Kim, J. H. and Yoon, M. K. 2010. *Ribgrass mosaic*

- tobamovirus* occurred on chinese cabbage in Korea. *Plant Pathology J.* 26: 328-339.
- Kim, J. S., Cho, J. D., Kim, J. Y., Lee, S. H., Chung, B. N. and Kim, J. H. 2006. Occurrence and symptoms of *Tomato spotted wilt virus* on ornamental plants in Korea. *Res. Plant Dis.* 12: 148-151. (In Korean)
- Kim, J. S., Ckim, S. K., Choi, G. S. and Lee, M. W. 1990. Virus disease incidence and symptom appearance in red pepper. *Korean J. Plant Pathol.* 6: 125-132.
- 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)
- Kim, J. S., Lee, S. H., Choi, H. S., Kim, M. K., Kwak, H. R., Cho, J. D., Choi, G. S. and Kim, J. Y. 2009a. Occurrence of virus diseases on major crops in 2008. *Res. Plant Dis.* 15: 1-7. (In Korean)
- Kim, J. S., Lee, S. H., Choi, H. S., Kim, M. K., Kwak, H. R., Nam, M., Kim, J. S., Choi, G. S., Cho, J. D., Cho, I. S. and Chung, B. N. 2011. Occurrence of virus disease in major crops in 2010. *Res. Plant Dis.* 17: 334-341. (In Korean)
- Kim, J. Y., Cho, J. D., Kim, J. S., Hong, S. S., Lee, J. G., Choi, G. S. and Lim, J. W. 2009b. Reduction of *Tomato spotted wilt virus* on table tomatoes in green houses by soil fumigation. *Plant Pathology J.* 25: 151-156.
- Kim, M. K., Kwak, H. R., Jeong, S. G., Ko, S. J., Lee, S. H., Park, J. W., Kim, K. H., Cha, B. J. and Choi, H. S. 2007. First report on *Tomato bushy stunt virus* infecting tomato in Korea. *Plant Pathology J.* 23: 143-150.
- Kim, M. K., Kwak, H. R., Kim, M. J., Kim, Y. J., Ko, S. J., Lee, S. H., Kim, J. S. and Kim, K. H. 2008. Biological and molecular characterization of *Squash mosaic virus* isolated from melon in Korea. *Plant Pathology J.* 24: 237. (Abstract)
- Kim, M. K., Kwak, H. R., Lee, K. H., Ko, S. J., Lee, S. H., Kim, J. S., Kim, K. H., Cha, B. and Choi, H. S. 2009c. Characteristics of *Cucumber mosaic virus* causing symptoms of tip necrosis on pepper. *Res. Plant Dis.* 24: 205 (Abstract)
- Kim, M. K., Kwak, H. R., Jeong, S. G., Kho, S. J., Lee, S. H., Kim, J. S., Kim, K. H., Choi, J. K., Choi, H. S. and Cha, B. J. 2010b. Characteristics of CMV infection in Zucchini in Korea. *Plant Pathology J.* 26: 139-148.
- Kwak, H. R., Kim, M. K., Ahn, S. H., Jung, M. N., Kim, C. S., Lee, G. S., Lee, S. H., Kim, J. S., Cha, B. J. and Choi, H. S. 2011. Occurrence of virus disease on sweet potato in Korea. *Plant Pathology J.* 17: 470. (Abstract)
- Kwak, H. R., Kim, M. K., Chung, M. N., Lee, S. H., Park, J. W., Kim, K. H. and Choi, H. S. 2006. Virus disease incidence of sweet potatoes in Korea. *Plant Pathol.* 23: 239-247.
- Kwak, H. R., Kim, M. K., Lee, G. S., Kim, C. S., Kim, M. J., Kim, J. D., Lee, S. H., Kim, J. S., Lee, S. C. and Choi, H. S. 2008a. Molecular characterization of *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) isolated firstly in Korea. *Res. Plant Dis.* 24: 238. (Abstract)
- Kwak, H. R., Kim, M. K., Lee, G. S., Kim, C. S., Kim, M. J., Kim, J. D., Lee, S. H., Kim, J. S., Lee, S. C. and Choi, H. S. 2008b. Sequence analysis and classification of TLCV (*Tobacco leaf curl virus*) infecting *Lycopersicon esculentum* in Korea. *Res. Plant Dis.* 24: 238. (Abstract)
- Lee, J. H., Cho, J. D., Nam, M., Park, S. J., Kim, J. S., Park, C. Y., Kim, T. H., Jun, E. S., Choi, H. S., Lee, J. S., Kim, J. S., Moon, T. S. and Lee, S. H. 2011. The complete nucleotide sequence of *Radish mosaic virus* (RaMV) occurred on radish at breeding fields in Jeju Island. *Plant Pathology J.* 17: 461. (Abstract)
- Lee, S. H., Lee, J. B., Kim, S. M., Choi, H. S., Park, J. W., Lee, J. S., Lee, K. W. and Moon, J. S. 2004. The incidence and distribution of viral diseases in pepper by cultivation types. *Res. Plant Dis.* 10: 231-240. (In Korean)
- Park, C. Y., Shin, Y. G., Kim, J. S., Nam, M., Lee, J. H., Jun, E. S., Lee, J. S., Choi, H. S., Kim, J. S., Lim, H. S., Kim, H. G., Moon, T. S. and Lee, S. H. 2011. First report of *Beet western yellows virus* on *Capsicum annuum* var. *angulosum* at Jinju in Korea. *Plant Pathology J.* 17: 463. (Abstract)