KOREAN J ORGANIC AGRI
Volume 23, Number 1: 123-131, March 2015
http://dx.doi.org/10.11625/KJOA.2015.23.1.123

ISSN 1229-3571 (Print)
ISSN 2287-819X (Online)

2006~2010년도 국내 노지재배 고추의 바이러스병 발생현황*

이장하** · 홍진성*** · 주호종**** · 박덕환*****

Occurrence of Viral Diseases in Field-Cultivated Pepper in Korea from 2006 to 2010

Lee, Jang Ha · Hong, Jin Sung · Ju, Ho-Jong · Park, Duck Hwan

In this study, viral disease samples were obtained between 2006 and 2010 from pepper fields in 11 major pepper-growing districts in Gangwon-do, and in 83 areas from other provinces, with the exception of Gyeongsangnam-do and Jeju island in Korea. In order to assess the type of infection, field surveys were conducted with regard to viral disease severity and virus type, based on typical symptoms on leaves. The means of single and mixed-virus infections were 46.6% and 48.0%, respectively, during those periods, suggesting that viruses are the agents that most severely decrease pepper production in field cultivation in Korea. In terms of single infection, *Cucumber mosaic virus* (CMV) was the most prevalent virus based on its disease severity ratings (34.8%). Next, *Pepper mild mottle virus* (PMMoV) and *Pepper mottle virus* (PepMoV) were shown to cause severe viral diseases in pepper, with disease severities of around 5-10%. On the other hand, *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) occurs in a limited area in Chungcheongnam-do and Jeollanam-do. Thus, the viral disease caused by CMV, PMMoV, and PepMoV in pepper can be severe, and these virus types should remain considered critical reasons for decreased pepper production in field cultivation in Korea. In addition to single infection, mixed infections are frequently observed in collected pepper samples from all areas. The ratios of mixed infection were therefore studied to evaluate the disease severity of mixed infections and to define individual virus types. These data showed that different types of viruses were present, and CMV

* 이 연구는 2012년도 강원대학교 학술연구조성비로 수행하였음.
** (주)농우바이오
*** 강원대학교 응용생물학과
**** Corresponding author, 전북대학교 농생물학과, 식물의학연구센터(juhojong@jbnu.ac.kr)
***** Corresponding author, 강원대학교 응용생물학과(dhp@kangwon.ac.kr)

was the most abundant virus for mixed infection, as in the case of single infection. Among mixed infections, the highest disease severity was seen with CMV+*Broad beam wilt virus* 2 (BBWV2), followed by other types of mixed infection such as CMV+PepMoV and CMV+PMMoV. However, further work is needed to reduce the severe damage caused by viruses and to assess mixed infection types involving three or more viruses.

Key words : *ELISA, field cultivation, pepper, viral disease*

Ⅰ. 서 론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과(*Solanaceae*) 작물로 남미가 원산지이며, 열대지방에서는 다년생, 온대지방에서는 일년생으로 자란다. 아시아에는 약 450년 전 포루투갈 및 스페인 상인들에 의해 전파되었으며, 우리나라에 약 300년 전 도입되어 한국인의 식생활에 뿌리깊이 토착화되어 전통적 식생활에 빼놓을 수 없는 중요한 채소로 자리 잡고 있다. 세계적으로 고추 재배면적은 중국, 인도네시아 그리고 멕시코 순으로 많으며, 우리나라는 약 44만 6천여 ha 면적을 재배하여 세계 7위에 해당한다. 국가별 고추 총 생산량은 중국이 가장 많으며, 우리나라는 약 95만 4천 톤으로 보고되었다(Lee, 2013). 특히 국내 고추 생산액이 연간 1조에서 1조 5천억원 정도로 매우 중요한 원예 채소작물로 풋고추는 신선채소로서 이용하고 붉은 고추는 고추 가루의 형태로 김치의 양념과 고추장에 이용하므로 식품으로서의 중요성은 매우 크다(Cho et al., 2007). 그러나 국내 고추 재배면적이 과거에 비해 점점 감소하고 있는 실정이다. 그 이유로는 경작자의 고령화 및 인건비 상승이 원인으로 추정되며, 이로 인해 고추생산량이 감소함에 따라 2003년 이후 중국으로부터 연평균 5~8만 톤을 수입으로 대체하고 있는 실정이다(Lee, 2013).

고추 수량감소의 생물적 원인체로는 다양한 종류의 바이러스, 세균, 및 곰팡이가 존재하며, 역병, 탄저병 및 흰가루병 등의 곰팡이에 의한 피해가 크며, 세균병의 경우 풋마름병이 가장 대표적으로 이들 병원균들에 의한 고추의 수확량은 매우 큰 영향을 받고 있다(Hadden and Black, 1987). 특히 바이러스의 경우에는 하나의 바이러스가 단독감염 되거나 서로 다른 바이러스의 복합감염의 형태로 다양한 병징을 나타내며, 이들로 인한 수확량 감소가 매우 큰 실정이다(Villalon, 1981; Green and Kim 1991).

이에 본 연구에서는 Cho et al. (2007)에 의해 수행된 2002년, 2004년, 2005 및 2006년 이후 실시되지 않은 고추 바이러스 발생률을 2006년부터 2010년 까지 총 5년간 발생과 분포를 조사하였다. 특히 국내 고추재배에서 문제되는 바이러스의 변화추이를 통하여 적절한 방제대책이 전무한 상황에서 고추 유기농재배에서 필수적인 바이러스병과 관련된 내병성 품종 육성을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 바이러스병 발생조사 및 시료 채집

2006년부터 2010년까지 국내 노지재배 포장을 5년간 조사하였다. 조사 시기는 매년 7월부터 8월까지 조사하였으며, 조사지역은 제주도와 경상남도를 제외한 전라남도를 시작으로, 전라북도, 충청남도, 경상북도, 충청북도, 강원도 순으로 실시하였다. 전국의 주 고추 재배지역인 강원도(삼척, 영월, 원주, 인제, 정선, 춘천, 철원, 태백, 평창, 화천, 홍천) 11개 지역; 경기도(강화, 안성, 동두천, 양주, 양평, 여주, 연천, 용인, 이천, 평택, 파주, 포천, 화성) 13개 지역; 충청북도(괴산, 단양, 보은, 영동, 옥천, 음성, 제천, 청원, 충주) 9개 지역; 충청남도(공주, 금산, 당진, 보령, 부여, 서산, 아산, 연기, 예산, 천안, 청양, 태안, 홍성) 13개 지역; 전라북도(고창, 김제, 남원, 무주, 부안, 순창, 익산, 임실, 완주, 장수, 정읍, 진안) 12개 지역; 전라남도(강진, 고흥, 곡성, 나주, 무안, 순천, 신안, 여수, 영광, 영암, 장성, 장흥, 진도, 해남, 화순) 15개 지역; 경상북도(봉화, 상주, 안동, 영양, 영주, 영천, 예천, 의성, 청송, 포항) 10개 지역을 중심으로 총 83개 지역을 조사하였다. 그러나 경상남도의 경우 고추 노지재배지가 많지 않고, 시설재배가 대부분이기 때문에 본 조사에서는 경상남도 노지재배지역은 제외하였다.

주로 조사한 공시 고추 교배종 품종은 농업회사법인 (주)농우바이오의 시판 품종을 대상으로 조사를 실시하였으며, 일부 타 회사의 품종도 포함시켰다. 조사년도에 따라 품종 종류의 차이가 있어, 2006년(강력대왕, 대촌, 슈퍼마니따, 태산, 참마니, 한판승, PR 다따) 7개 품종; 2007년(강력조생건, 당찬, 슈퍼마니따, 오복, 홍진주, 희망봉, PR 대촌, PR 마니따, PR 참벗) 9개 품종; 2008년(대촌, 슈퍼마니따, 오복, 태산, PR 갈무리, PR 대촌, PR 상생, PR 어울림, PR 참벗) 9개 품종; 2009년(배로따, 오복, 홍미인, 희망봉, PR 금맥, PR 대촌, PR 만세, PR 상생, PR 열정, PR 참벗) 10개 품종; 2010년(국풍조생, 기운찬, 배로따, 일편단심, 홍미인, PR 금맥, PR 스마트, PR 신나라, PR열정) 9개 품종을 조사하였다.

시료 채집 방법은 전국의 노지재배 고추 포장에서 바이러스의 전형적인 증상인 모자이크 병징이 전체 포장의 30% 이상 발생한 포장만을 대상으로 한 포장에서 2개씩 채취하였다. 채취한 시료는 2006년 232점; 2007년 218점; 2008년 226점; 2009년 236점; 2010년 230점으로 총 1,146점에 대한 시료를 대상으로 바이러스를 조사하였다.

2. 바이러스 검정

채집한 고추의 바이러스 시료는 효소결합항체법(Clark and Adams, 1977) 중, 현재 가장 널리 사용되고 있는 이중 항체 샌드위취(double antibody sandwich ELISA, DAS-ELISA)법을

이용하였다. ELISA 검정의 대상 바이러스는 *Broad beam wilt virus 2* (BBWV2), *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Pepper mottle virus* (PepMoV), *Pepper mild mottle virus* (PMMoV), *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) 등 최근 국내에서 주로 발생하는 5가지 바이러스에 대한 검정을 각 바이러스의 다항체를 이용하여 수행하였다. 또한 이들 바이러스간의 2, 3, 4종간의 복합감염 발생률도 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

강원도를 포함한 전국 7개도(경상남도와 제주도 제외)에 대한 5종 바이러스의 발생률을 2006년부터 2010년까지 총 5년간 조사한 결과, CMV가 년차에 상관없이 가장 높은 발생률을 나타내었으며 PMMoV 및 PepMoV 순으로 높은 발병률을 나타내었으나 CMV와의 발생률 차이는 매우 큰 것으로 나타났다(Table 1). CMV의 경우 Lee et al.(2004)과 Cho et al.(2007)의 이전 보고에서 2006년 CMV의 발생률이 각각 11.9% 및 13.2%로 2002년에 비해 크게 감소하였으나, 본 조사에서는 평균 34.8%의 높은 발생률을 나타내었다. 그러나 고추에 피해를 주는 바이러스로는 CMV가 우점 바이러스라는 사실에는 변함이 없었다. 한편 이전 보고와 본 조사간의 CMV 발생률의 차이는 CMV 발생률의 차이는 조사 지역 그리고 조사 품종 간 차이에 의해 기인한 결과로 사료된다. 다음으로 본 조사에서 발생률이 높게 나타난 바이러스는 PMMoV와 PepMoV 순으로 조사되었으며, 이들 두 바이러스간의 평균 발생률 차이는 근소하게 PMMoV가 높게 나타났다(Table 1). 그러나 조사 년 수 후반기인 2009년과 2010년에는 PepMoV의 발생률이 근소하게 우위를 나타낸 결과로 보아 바이러스 발병생태 및 환경조건과의 상관관계를 고려한 향후 조사와 대책마련이 필요하다고 사료된다. 한편 과거에 단독감염의 비율이 높았던 PMMoV의 경우 노지고추 재배에서는 그 발생빈도가 본 조사와 마찬가지로 10%이하로 낮게 발생하지만, 시설재배의 경우 2002년 60%를 차지하여 노지와 다르게 매우 높게 발생하였음을 보고하였다(Lee et al., 2004). 그 이유로는 노지 고추재배와 달리 시설재배의 경우 주로 풋고추용 시설재배가 대부분으로 잦은 접촉, 즉 수확과 유인 등에 따른 이병주에서의 건전주로의 신체 및 농기구 등을 통한 접촉전염이 매우 용이하게 이루어지기 때문으로 사료된다. 반면 노지의 경우에는 시설재배와 달리 수확하는 시기도 다를 뿐 아니라, 접촉전염이 시설재배보다 낮기 때문에 PMMoV의 발병이 낮아진 주요 원인이라고 판단된다. 또한 채소종묘회사들의 종자전염의 차단을 통한 바이러스의 불활성화가 발병률을 낮추는데 큰 역할을 한 것으로 사료된다. 본 조사에서 낮은 발생률은 TSWV와 BBWV2였으며, Cho et al.(2007)의 보고와 같이 고추 수량감소의 원인이병체로서는 위험도가 낮다고 판단되었으나, 2005년과 2006년 BBWV2 발생률이 41.3%와 58.1%로 크게 증가한 차이점으로 보아 조사지역 및 시료채취의 균일성이 고추 바이러스 조사

연구에서는 가장 중요한 요인으로 사료된다.

Table 1. Disease incidence of pepper plants with single viruses during the 2006 to 2010 growing seasons

Year	No. of sample	Disease incidence (%)					
		CMV*	BBWV2	PepMoV	PMMoV	TSWV	Unidentified
2006	232	40.8	0.0	4.3	6.2	1.4	7.2
2007	218	39.3	0.0	2.2	4.9	0.5	3.1
2008	226	29.4	0.3	2.4	3.4	0.5	3.7
2009	238	30.8	3.0	5.3	3.8	3.3	3.5
2010	230	33.7	3.7	5.2	4.4	2.1	4.3

* *Broad beam wilt virus 2* (BBWV2), *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Pepper mottle virus* (PepMoV), *Pepper mild mottle virus* (PMMoV), *Tomato spotted wilt virus* (TSWV)

또한 본 조사와 같은 피해도 조사는 병원체의 발병시기가 매우 중요하다고 생각되며, 특히 바이러스와 같이 기생조건으로만 생활형을 완성하는 경우는 더욱 더 발병시기에 따른 바이러스 종류를 파악해야할 것으로 사료된다. 이에 Cho et al.(2007)은 고추 재배초기에는 *Tobamovirus*인 PMMoV의 발생을 시작으로 바이러스의 매개원인 진딧물의 비례시기에 BBWV2와 CMV가 발병하기 시작하여 PepMoV까지 발생하는 것으로 판단하였고, 이 후 TSWV는 매개원인 꽃노랑 총채벌레가 잘 번식하는 여름철 시기에 주로 발생하는 것으로 기록하였다. 이러한 결과로 볼 때 고추 바이러스병의 경우 재배기간 동안 조사시기별로 바이러스 종류가 다르게 분포할 것으로 해석된다. 그러므로 고추의 바이러스발생에 대한 조사는 발생시기별 단일분석방법이 아니라 육안검정과 다양한 방법을 활용한 종합적 분석만이 가장 효율적으로 바이러스병에 대한 정확한 발병형태를 해석할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구의 주요 바이러스 발생률에 근거할 경우, 감염률에 있어 다소의 차이는 있으나 이전 보고와 유사한 바이러스 종류별 발병률을 나타내었으며, 향후 지속적으로 보다 정확한 분석이 요구되어진다는 것을 부인할 수 없는 사실이다.

이들 바이러스 종류별 발병률을 지역별로 구분한 결과 CMV가 지역과 무관하게 32.0~37.8%의 발병률로 전국적으로 가장 우점한 고추 바이러스 이병체임이 년차별 조사결과와 일치하였다(Table 2). PMMoV와 PepMov는 7개도에서 5% 내외의 고르게 발생하는 것으로 나타났으며, BBWV2는 이보다 낮은 0.6~2.7%의 발생률을 보여주었다(Table 2). 한편 TSWV는 강원, 경기, 충북, 전북 및 경북지역에서 발생하지 않는 바이러스로 조사되어, 조사 바이러스 중에서 유일하게 발생하지 않는 바이러스였다. 그러나 2003년 충남 예산지역 파프리

카 재배 농가에서 발견되었으며(Kim et al., 2004), 2004년 경기 안양지역 시설 토마토에서 대발생된 이래 우리나라 서남해안 지역 위주로 확대 발생하고 있다는 이전 보고와 마찬가지로(Cho et al., 2005; 2007), 본 연구에서도 충남 홍성지역에서 7.7%의 발병률을 보이는 등 해마다 발생을 하고 있었으며, 2009년부터는 전남 영광지역에서도 발생하는 것으로 조사되었다. 비록 TSWV의 감염률이 아직까지는 높지 않지만 900여종의 식물에 감염되는 기주범위가 넓은 바이러스로, 특히 매개충인 꽃노랑 총채벌레는 토양 중에서 번데기 형태 또는 성충 형태로 겨울기간 중에 존재하여, 번식이 유리한 시기에 전염이 확산될 우려가 많기 때문에 TSWV의 억제를 위해서는 총채벌레의 구제가 매우 필요하다고 판단된다.

Table 2. Disease incidence of pepper plants with single viruses from seven provinces

Province	No. of sample	Infection type					
		CMV*	BBWV2	PepMoV	PMMoV	TSWV	Unidentified
Gangwon	148	37.8	2.7	4.1	6.8	0.0	8.8
Gyeonggi	178	32.0	1.7	3.9	3.4	0.0	5.1
ChungBuk	160	36.3	1.3	3.1	3.8	0.0	2.5
ChungNam	130	36.9	1.5	3.1	3.8	7.7	4.6
JeonBuk	172	33.7	0.6	7.0	5.2	0.0	3.5
JeonNam	158	36.1	1.3	2.5	3.8	4.4	4.4
GyeongBuk	198	35.4	1.0	4.5	5.1	0.0	3.0

* *Broad beam wilt virus 2* (BBWV2), *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Pepper mottle virus* (PepMoV), *Pepper mild mottle virus* (PMMoV), *Tomato spotted wilt virus* (TSWV)

5종류의 바이러스 감염주로 확인된 시료로부터 복합감염 발생률을 조사한 결과, CMV+BBWV2의 이종 형태가 29.0~42.4% 범위의 가장 높은 발생률을 보였다(Table 3). 이러한 결과는 이들 두 바이러스가 모두 진딧물 매개에 의한 전반을 하는 바이러스이기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 또 다른 진딧물 매개 바이러스인 PepMoV의 복합감염은 낮은 발생률을 나타내었는데, 이것은 CMV+BBWV2+PepMoV 3종류의 바이러스 복합감염 발생률이 매우 낮은 것에서 유추해볼 때 같은 진딧물 매개 바이러스 간에도 복합감염의 기작차이로 인한 효율성에 차이가 있는 것으로 추정된다. 한편 5종류의 조사 바이러스간의 2종, 3종, 또는 4종간 복합감염 발생률은 아직까지는 낮게 조사되었다(Table 3).

Table 3. Disease incidence of pepper plants for mixed virus infections during the 2006 to 2010 growing seasons

Infection type	Disease incidence (%)				
	2006	2007	2008	2009	2010
CMV*+BBWV2	30.8	29.0	42.4	40.6	38.9
CMV+PMMoV	3.1	3.7	3.9	2.7	1.3
CMV+PepMoV	4.5	7.1	4.4	5.3	4.3
CMV+TSWV	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5
BBWV2+PepMoV	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5
CMV+PMMoV+PepMoV	1.0	1.1	0.4	0.8	0.4
CMV+PMMoV+BBWV2	0.3	1.7	0.7	0.3	0.3
CMV+BBWV2+PepMoV	0.0	1.0	0.5	0.5	0.0
CMV+BBWV2+PMMoV+PepMoV	0.0	0.4	0.4	0.4	0.0

* *Broad beam wilt virus 2* (BBWV2), *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Pepper mottle virus* (PepMoV), *Pepper mild mottle virus* (PMMoV), *Tomato spotted wilt virus* (TSWV)

이들 복합감염 발생률을 지역별로 구분하면 진딧물 매개 바이러스간의 2종 복합감염(CMV+BBWV2, CMV+PepMoV)이 지역에 상관없이 높은 발생률을 나타내어, 동일한 전반기작을 갖는 바이러스일수록 복합감염이 손쉽게 이루어질 수 있음을 알 수 있었다(Table 4). 또한 TSWV는 4% 수준의 단독감염 발생률이었던 전남에 비하여 7.7%의 발생률의 충남지역에서만 CMV와 복합감염이 발생하여, TSWV의 단독감염이 높으면 높을수록 이종 바이러스간의 복합감염 발생의 가능성이 높다고 사료된다. 그러나 3종 및 4종간의 바이러스 복합감염 발생은 본 조사에서는 어떠한 상관관계를 유추할 수 없었다. 따라서 1980년대 대부분 단독 감염이 고추의 중요한 바이러스 발병률을 차지하였으나(Kim et al., 1990), 2000년대부터는 단독 및 복합 감염이 유사한 수준으로 발생되는 발병양상의 변화가 나타나고 있다는 보고와 본 연구의 결과를 종합할 때 향후에는 복합 감염이 고추 바이러스 발생형태의 우점을 차지할 것으로 예상된다. 이러한 고추감염 바이러스 병해의 감염형태의 변화는 과거 특정 바이러스에 대한 저항성 품종의 육성으로 기존에 감염이 되지 않았던 다른 종류의 바이러스에는 감수성이거나 다양한 형태의 바이러스 변이체가 발생되었기 때문인 것으로 추정되었다. 따라서 고추의 바이러스병을 효율적으로 관리하기 위해서는 다양한 복합바이러스 저항성 고추를 육성해야 할 것으로 사료된다.

Table 4. Disease incidence of pepper plants for mixed virus infections from seven provinces

Infection type	Disease incidence (%)						
	Gang won	Gyeonggi	Chung buk	Chung nam	Jeon buk	Jeon nam	Gyeong buk
CMV*+BBWV2	18.9	41.6	45.6	35.4	43.6	38	38.4
CMV+PMMoV	11.5	0.0	0.0	0.0	2.3	6.3	0.0
CMV+PepMoV	10.1	5.6	6.3	0.0	4.1	3.2	7.6
CMV+TSWV	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0
BBWV2+PepMoV	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
CMV+PMMoV+PepMoV	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CMV+PMMoV+BBWV2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
CMV+BBWV2+PepMoV	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0
CMV+BBWV2+PMMoV+PepMoV	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

* *Broad beam wilt virus 2* (BBWV2), *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Pepper mottle virus* (PepMoV), *Pepper mild mottle virus* (PMMoV), *Tomato spotted wilt virus* (TSWV)

Ⅳ. 적 요

2006년부터 2010년까지 국내 고추 노지재배 포장을 대상으로 경상남도와 제주도를 제외한 강원도 11개 지역 등 전국에 걸쳐 총 83개 지역을 중심으로 바이러스 이병체를 채집하여 연차별 고추 발생 바이러스의 발병률, 바이러스 종류 및 감염 형태를 조사하였다. 2006년부터 2010년까지의 고추에서의 평균 단독 감염률은 46.6%, 복합 감염률은 48.0%로 조사되어 고추 생산에 있어서 가장 큰 위해요소는 바이러스 발병으로 나타났다. 바이러스별로는 CMV가 평균 34.8% 발병률로 가장 우점 바이러스로 조사되었다. 반면 BBWV2는 낮은 발병율을 보여주었으며, TSWV는 충남과 전남지역에 국한되는 것으로 조사되었다. 따라서 고추 노지재배 시 발생하는 바이러스의 위해도를 발병률에 따라 구분하면 CMV, PMMoV, 그리고 PepMov 순으로 조사되었다. 또한 복합 감염의 발생도 모든 조사지역 시료에서 검출되었으며, 이에 대한 감염 별 바이러스 종류와 발생률을 분석하였다. 복합 감염에서 가장 빈번하게 검출된 바이러스는 CMV로, CMV+BBWV2, CMV+PepMoV, CMV+PMMoV의 복합 감염형태가 검출률이 높게 나타났다. 따라서 고추의 유기농 재배·생산에 가장 큰 위협요인으로 작용하는 바이러스의 적절한 대책마련을 위한 지속적인 바이러스 모니터링과 3종 이상의 복합 감염 위해성을 판단하기 위한 추가 연구가 필요하다고 사료된다.

[Submitted, December. 19, 2014 ; Revised, January. 12, 2015 ; Accepted, January. 14, 2015]

Reference

1. Cho, J. D., J. S., Kim, J. Y., Kim, J. H., Kim, S. H., Lee, G. S., Choi, H. R., Kim, and B. N. Chung. 2005. Occurrence and symptoms of *Tomato spotted wilt virus* on vegetables in Korea (I). Res. Plant Dis. 11: 213-216.
2. Cho, J. D., J. S., Kim, S. H., Lee, G. S., Choi, and B. N. Chung. 2007. Viruses and symptoms on peppers, and their infection types in Korea. Res. Plant Dis. 13: 75-81.
3. Clack, M. F. and M. Adams. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. J. Gen. Virol. 34: 475-483.
4. Green, S. K. and J. S. Kim. 1991. Sources of resistance to viruses of pepper (*Capsicum* spp.): a catalog. AVRDC Tech Bull. No. 20, Shanhua, Taiwan.
5. Hadden, J. F. and L. L. Black. 1987. Comparison of virulence of tomato and pepper isolates of Colletotrichum spp. Phytopathology 77: 641.
6. Kim, J. H., G. S., Choi, J. S., Kim, and J. K. Choi. 2004. Characterization of Tomato spotted wilt virus from paprika in Korea. Plant Pathology J. 20: 297-301.
7. Kim, J. S., S. K., Kim, G. S., Choi, and M. W. Lee. 1990. Virus disease incidence and symptom appearance in red pepper. Kor. J. Plant Pathology 6: 125-132.
8. Lee, J. H. 2013. Viral diseases of pepper in field cultivation in Korea and development of resistant molecular markers for *Chilli veinal mottle virus* in *Capsicum annuum* L. Ph. D. thesis. Kangwon National University, Chuncheon, Korea.
9. Lee, S. H., J. B., Lee, S. M., Kim, H. S., Choi, J. W., Park, J. S., Lee, K. W., Lee, and J. S. Moon. 2004. The incidence and distribution of viral diseases in pepper by cultivation types. Res. Plant Dis. 10: 231-240.
10. Villalon, B. 1981. Breeding peppers to resist virus disease. Plant Dis. 65: 557-562.