

## 전북지역 토마토와 박과류 무농약재배지의 주요 병해 발생 현황

김주희\*, 최민경, 문형철, 전형권

전북농업기술원 농업환경과

## Occurrence of major diseases in pesticide-free cultivated tomato and cucurbit in Jeollabuk-do, South Korea

Ju Hee Kim\*, Min Kyung Choi, Hyung Cheol Moon and Hyong Gwon Chon

Division of Agricultural Environment, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 54591, Republic of Korea

### \*Corresponding author

Ju Hee Kim

Tel. 063-290-6181

E-mail. kimjuhee@korea.kr

Received: 23 July 2020

First Revised: 11 September 2020

Second Revised: 20 September 2020

Revision accepted: 21 September 2020

**Abstract:** We surveyed disease outbreak status that has recently become a problem in organic tomatoes and cucurbit in plastic greenhouse that were grown without spraying pesticides during the plastic greenhouse growing season of 2015 to 2019. It was found that the incidence of leaf mold, tomato spotted wilt virus, and tomato chlorosis virus disease was severe in tomato, and disease incidence of powdery mildew and zucchini yellow mosaic virus were severe in Cucurbit. The disease outbreak was found to be faster and more severe in crops grown in pesticide-free cultivation plastic greenhouses than in plastic greenhouses that are cultivated in general using pesticides. In particular, the occurrence of viral diseases mediated by thrips and aphids was found to be severely damaged. Therefore, in order to produce good organic products, it is important to effectively control pests, and in order to minimize the damage caused by disease, sanitation and physical blocking, and comprehensively utilize organic materials or microorganisms to prevent them.

**Keywords:** cucurbit, disease, leaf mold, powdery mildew, tomato

## 서 론

전북지역에서 토마토를 재배하는 면적은 2016년 338 ha, 2018년 457 ha, 2019년 483 ha로 매년 증가하는 추세이며 전국대비 8.5%를 차지하고 있고, 수박, 오이, 호박 등 박과류도 2015년 2,210 ha, 2016년 1,655 ha, 2019년 1,811 ha로 전국 대비 11.1%를 차지하고 있다(KOSIS 2020). 따라서 전북지역에서 시설 토마토와 박과류 등의 시설채소작물은 고소득작물로 농가의 주요 소득원으로 자리 잡고 있다. 또

한, 최근에는 농촌으로 귀농하는 농가가 증가하고 있는데 2018년 전국 귀농가구 7,368가구 중 3,195가구가 채소를 재배하고 있어 귀농농가 중 43.4%가 토마토, 오이, 호박, 수박 등 채소 생산에 종사하고 있다. 귀농인들이 농업을 선택한 가장 큰 이유는 자연환경을 선호하고 가족의 건강을 위해서이기 때문에 귀농인들은 친환경적인 안전한 농산물을 생산에 대한 의지가 강하다. 이에 따라 무농약이나 유기농산물을 생산하고자 하는 농가들이 점차 증가하고 있고, 재배작물을 결정하는 과정에서도 외부 기상요인에 의한 영

향을 적게 받기 위해 시설재배를 선호하므로, 시설하우스에서 재배가 가능한 작물들의 재배가 증가하는 추세이다 (KOSIS 2020).

또한, 수입 유기농산물보다는 국산 유기농산물을 선호하는 등 유기농산물에 대한 소비자의 요구가 높아지고, 일반농산물보다 친환경농산물의 판매가격도 1.8배 높기 때문에 (Kim *et al.* 2005), 무농약이나 유기재배를 통해 농산물을 생산하고자 하는 농가들이 증가하고 있다. 그러나 재배기간 중에 각종 병해충의 발생으로 인해 어려움을 겪고 있고, 기존에 다른 작물에서도 무농약이나 유기농으로 재배할 때 각종 병해충의 발생이 증가하여 문제가 되고 있는 것처럼 농약을 사용해서 병해충을 관리하는 관행재배에 비해 문제가 되는 병해 발생도 달라질 것으로 예상되고 있다 (Kim *et al.* 2017). 국내 유기농산물 생산비는 병해충방제, 제조작업 등 많은 노동력이 요구되어 일반농산물에 비해 높게 나타나고 있고 (Yoon and Lee 2000), 농약을 사용하지 않고 친환경유기농업자재를 사용하여 재배한 사과는 상품률이 일반재배보다 25% 정도가 감소하는 등 (Nam and Kim 2003), 일반 관행재배에 비해 병해충에 의한 많은 어려움을 겪고 있다 (Yim *et al.* 2001). 현재까지 국내에서 재배되는 토마토에서는 시들음병, 잎곰팡이병 등 37종이 보고되어 있고, 오이는 흰가루병 등 25종, 수박은 탄저병 등 30종, 호박은 주키니황화모자이크바이러스병 등 31종이 보고되어 있으며 (Korean society of plant pathology 2009), 시설재배지에서는 잎곰팡이병, 잿빛곰팡이병, 흰가루병, 바이러스병, 시들음병과 역병 등이 문제가 되는 것으로 알려져 있다 (Myung *et al.* 2006; Hong *et al.* 2012).

따라서 본 연구에서는 최근 증가하고 있는 시설 과채류의 병해 종류와 발생 상황을 조사하고, 특히 농약을 사용하지 않고 재배하는 무농약 재배지에서 최근 문제되는 병해의 발생동향을 조사 분석함으로써, 시설 과채류 재배기간 중 병해가 발생하여 확산되기 전에 예방적인 측면에서 효율적으로 관리할 수 있는 기술을 제공하는 기본자료로 활용하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시설재배 과채류 병해 발생 상황 조사

전북지역의 시설하우스에서 재배되는 토마토와 수박,

오이, 호박 등 박과류 작물을 대상으로 2015년부터 2019년까지 작물이 재배되는 동안 월 1회 병해 발생 상황을 조사하였다. 조사대상은 농약을 사용하지 않고 재배하는 시설재배 농가와 적용약제를 사용하여 주기적으로 방제를 하는 시설재배 농가를 구분하여 병 발생의 차이를 비교 조사하였다. 조사방법은 시설 내 작물이 심어진 범위 내에서 전체를 둘러보아 포장 내 병 발생 여부와 발생하는 종류를 파악한 후 시설 내 전체를 4개로 구획하여 4개의 지점에서 포기에 상관없이 무작위로 5주씩 선정하여 20주에 대한 발병 여부를 조사하였다. 토마토는 병징이 전체적으로 발생하는 역병, 토마토티록바이러스병, 토마토티반점위조바이러스병, 궤양병, 풋마름병은 조사포기 중 발생한 포기수에 대하여 발생주율(발생포기수/조사포기수×100)을 구하였고 부분적으로 주로 잎에 발생하는 잎곰팡이병과 잿빛곰팡이병, 흰가루병은 포장당 20주에서 10엽씩 200엽을 대상으로 조사엽수 중 발병된 엽수를 세어 발병엽률(발생잎수/조사잎수×100)을 조사하였다. 과채류는 병징이 전체적으로 발생하는 균핵병, 오이녹반모자이크바이러스병, 주키니황화모자이크바이러스병은 병이 발생한 포기수에 대하여 발생주율(발생포기수/조사포기수×100)을 구하였고 부분적으로 주로 잎에 발생하는 흰가루병은 포장당 20주에서 10엽씩 200엽을 대상으로 조사잎의 총면적에 대한 발병면적률(총발병면적/조사잎의 총면적×100)을 조사하였다 전체발생 정도에 따라 발생 정도가 10% 초과인 경우 심발생, 5~10%는 중발생, 5% 미만은 소발생, 발생이 전혀 없는 경우 무발생으로 판단하였다.

## 2. 주요 문제병해 발생 변화 조사

시설재배포장에서 토마토와 박과류에 발생하는 병해종류 중 피해가 심하면서 방제 여부에 영향을 받아 발생 정도의 차이가 큰 병해를 대상으로 중점적으로 발생 변화를 조사분석하였다(Table 1).

### 1) 토마토 잎곰팡이병

토마토가 재배되는 익산, 김제, 장수 지역의 시설하우스를 중심으로 2015년 9월부터 다음해 2016년 2월까지와 2018년에 각각 9월부터 다음 해 2월까지 잎곰팡이병 발생 상황을 조사하였다. 조사방법은 농촌진흥청 병해충조사기준(Rural development administration 2003)을 참고로 하여,

**Table 1.** Period and site of the survey of disease outbreaks of tomato and cucurbit crops grown in plastic greenhouses in Jeollabuk-do

Crop	Disease	Survey site	Survey period
Tomato	Leaf mold	Iksan, Gimjae Jangsu	Sep. 2015–May 2016 Sep. 2018–May 2019
	Tomato spotted wilt virus	Iksan, Gimjae Jangsu	Sep. 2016–May 2017 Sep. 2018–May 2019
Cucurbit <sup>1)</sup>	Powdery mildew	Imsil, Namwon Iksan, Jeonju	Feb. 2016–Nov. 2019 Feb. 2015–Nov. 2018
	Zucchini yellow mosaic virus	Imsil, Namwon Iksan, Jeonju	Feb. 2016–Nov. 2019 Feb. 2015–Nov. 2018

<sup>1)</sup>Cucurbit: watermelon, cucumber, squash.

포장당 20주에서 10엽씩 200엽을 대상으로 조사엽수 중 발병된 엽수를 세어 발병률(발생엽수/조사엽수×100)을 조사하였다. 조사된 토마토 시설하우스 중 농약을 사용하지 않고 재배하는 무농약재배와 발병 초기부터 적용약제를 사용하여 주기적으로 방제를 실시하는 관행재배 하우스로 구분하여 조사하였다.

**2) 토마토반점위조바이러스병, 토마토틱록바이러스병**

익산, 김제, 장수 등 토마토가 재배되는 지역을 중심으로 2015년 9월부터 2016년 5월까지와 2018년 9월부터 2019년 5월까지 토마토반점위조바이러스병과 토마토틱록바이러스병 발생 상황을 조사하였다. 조사방법은 농촌진흥청 병해충조사기준(Rural development administration 2003)을 참고로 하여, 포장당 100주를 대상으로 조사포기수 중 발병된 포기수를 세어 발병주율(발생포기수/조사포기수×100)을 조사하였다. 조사된 토마토 시설하우스 중 농약을 사용하지 않고 재배하는 무농약재배와 발병 초기부터 적용약제를 사용하여 주기적으로 방제를 실시하는 관행재배 하우스로 구분하여 조사하였다. 또한 바이러스 감염이 의심되는 식물체를 증상별로 10개체씩 수집하여 각각의 작물에 발생가능한 바이러스의 종류를 대상으로 바이러스 감염 여부를 분석하였다. 바이러스의 진단분석은 지역별로 채집한 시료는 -80°C에 보존하면서 RT-PCR로 바이러스 검정을 수행하였다.

**3) 박과류 흰가루병**

오이, 호박, 수박 등 박과류가 재배되는 전북의 임실, 남원, 익산, 전주 등 재배지역을 중심으로 2015년부터 2019

년까지 매년 발병 최성기에 흰가루병의 발생 상황을 조사하였다. 조사방법은 농촌진흥청 병해충조사기준(Rural development administration 2003)을 참고로 하여 포장당 20주에서 10엽씩 200엽을 대상으로 조사잎의 총면적에 대한 발병면적률(총발병면적/조사잎의 총면적×100)을 조사하였다. 조사된 박과류는 농약을 사용하지 않고 재배하는 무농약재배와 발병 초기부터 적용약제를 사용하여 주기적으로 방제를 실시하는 관행재배로 구분하여 조사하였다.

**4) 박과류 쥬키니황화모자이크바이러스병**

오이, 호박, 수박 등 박과류가 재배되는 전북의 임실, 남원, 익산, 전주 등 재배지역을 중심으로 2015년부터 2018년까지 매년 박과류 작물이 주로 재배되는 시기인 2월부터 11월 기간 중 발병 최성기에 바이러스병 발생 상황을 조사하였다. 조사방법은 농촌진흥청 병해충조사기준(Rural development administration 2003)을 참고로 하여 육안으로 달관조사를 하였다. 포장당 100주를 대상으로 조사포기수 중 발병된 포기수를 세어 발병주율(발생포기수/조사포기수×100)을 조사하였다. 조사된 박과류는 농약을 사용하지 않고 재배하는 무농약재배와 발병 초기부터 적용약제를 사용하여 주기적으로 방제를 실시하는 관행재배로 구분하여 조사하였다. 또한 바이러스 감염이 의심되는 식물체를 증상별로 10개체씩 수집하여 각각의 작물에 발생가능한 바이러스의 종류를 대상으로 바이러스 감염 여부를 분석하였다. 바이러스의 진단분석은 지역별로 채집한 시료는 -80°C에 보존하면서 RT-PCR로 바이러스 검정을 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 병해 발생 상황

시설재배 토마토와 박과류를 대상으로 재배기간 동안 발생하여 피해를 주는 병해를 조사한 결과 토마토에서는 잎곰팡이병, 역병, 잿빛곰팡이병, 흰가루병, 바이러스병, 궤양병, 풋마름병 등이 조사되었고, 박과류에서는 흰가루병과 균핵병, 바이러스병이 주로 발생하여 피해를 주는 것으로 조사되었다. 재배기간 중 약제사용 여부에 따라 발생 정도 차이가 크게 달라지는 병은 토마토 잎곰팡이병과 박과류 흰가루병, 매개충에 의해 전염되는 토마토반점위조바이러스병 (Tomato spotted wilt virus; TSWV), 토마토틀록바이러스병 (Tomato chlorosis virus; ToCV), 주키니황화모자이크바이러스병 (Zucchini yellow mosaic virus; ZYMV) 등의 바이러스병이 주로 문제가 되는 것으로 조사분석되었

**Table 2.** Differences in disease occurrence between tomatoes grown in plastic greenhouses under pesticide-free and general cultivation conditions

Control management	Spraying pesticide <sup>1)</sup>	No pesticide spraying <sup>1)</sup>
Phytophthora root rot	-	+
Gray mold	-	+
Powdery mildew	-	+
Leaf mold	+	+++
Tomato chlorosis virus	+	+++
Tomato spotted wilt virus	+	+++
Bacterial canker	++	+++
Bacterial wilt	++	+++

<sup>1)</sup> +++: severe (excess of 10%), ++: medium (5-10%), +: weak (less than 5%), -: no occurrence.

**Table 3.** Differences in disease occurrence between cucurbit crops grown in plastic greenhouses under pesticide-free and general cultivation conditions

Control management	Spraying pesticide <sup>1)</sup>	No pesticide spraying <sup>1)</sup>
Powdery mildew	+	+++ <sup>a</sup>
Sclerotinia rot	-	+
Cucumber green mottle mosaic virus	+	+
Zucchini yellow mosaic virus	+	+++

<sup>1)</sup> +++: severe (excess of 10%), ++: medium (5-10%), +: weak (less than 5%), -: no occurrence.

다 (Table 2, 3). Hong *et al.* (2012)에 의하면 토마토를 유기농으로 시설에서 재배하는 경우 잎곰팡이병, 바이러스병 등이 문제가 되고 있으며, 지역과 농가의 관리에 따라 주요 문제 병해가 달라지는 것으로 보고한 바 있다. 본 연구에서도 조사포장에 따라 조금씩 차이를 보였으나 농약을 사용하여 방제를 철저히 하는 관행재배지에 비해 농약을 사용하지 않고 재배하는 무농약재배지에서 발생이 심해지는 병은 잎곰팡이병으로 동일한 결과를 얻었으며, 시설토마토 재배지에서 바이러스 발생은 총채벌레 등 매개충의 존재와 밀도에 영향을 받아서 발생하며, 밀도가 증가하면 바이러스가 급증한 결과와 동일하였다 (Kim 2007). 농약을 사용하는 관행재배지는 병이나 바이러스를 매개하는 해충이 발생하는 초기부터 7~10일 간격으로 등록된 적용약제를 이용하여 주기적이고 지속적으로 살포하여 방제를 실시하고 있는 반면 무농약재배지에서는 적용약제를 살포하지 않고 재배하므로 병 발생 정도가 달라지는 것으로 판단된다. 또한, 본 조사에서 얻은 결과와 같이 박과류에서도 시설재배할 경우 수박 흰가루병의 피해가 만연하여 30~50% 소득이 감소하고, Cho *et al.* (2011)에 의하면 오이재배 중 ZYMV 발생이 23.5%로 바이러스 중 가장 심하게 발생하여 피해를 준다고 하였다.

### 2. 주요 문제병해의 발생 변화

시설 내에서 조사된 병해 중 관행방제 재배지와 농약을 살포하지 않고 무방제로 재배하는 포장의 병 발생 정도의 차이가 큰 병해는 토마토에서는 잎곰팡이병, 토마토틀록바이러스병, 토마토반점위조바이러스병과 박과류에서 주키니황화모자이크바이러스병과 흰가루병이었다.

#### 1) 토마토 잎곰팡이병

토마토 잎곰팡이병은 발생전부터 적용약제를 이용하여 주기적으로 방제하는 농가에서는 2015년 12월에 발생을 시작하여 점차 증가하지만 발생률이 2.7%로 낮았다. 그러나 유기농재배를 위해 농약을 사용하지 않는 농가에서는 2015년 9월부터 발생을 하기 시작하여 점차 증가하다가 2015년 12월에 32.5%로 급격히 증가하면서 2016년 2월에는 52.5%까지 발생을 하였다 (Fig. 1). 또한, 2018년 9월부터 2019년 2월까지 조사에서는 무농약재배하는 농가에서는 2018년 10월부터 발생하기 시작하여 12월에 27%

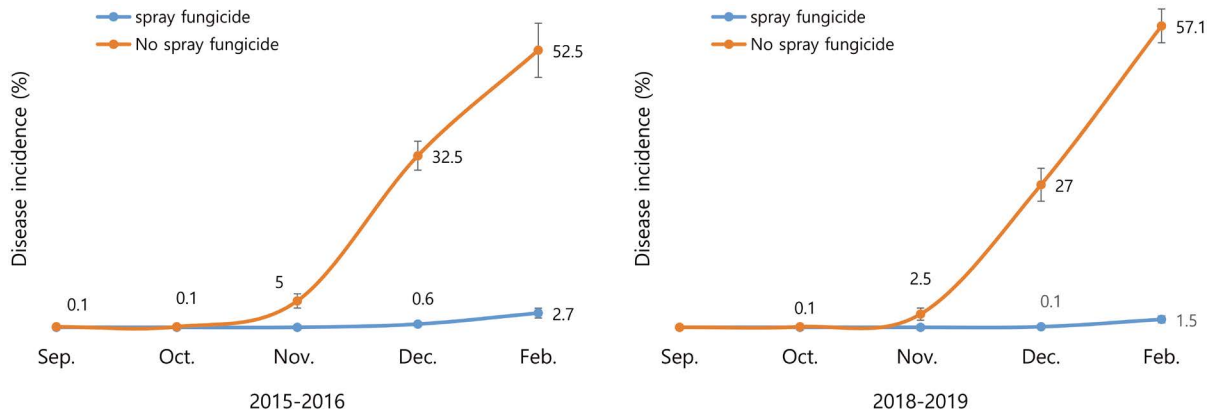


Fig. 1. Tomato leaf mold disease incidence in 2015–2016 and 2018–2019 in tomatoes grown in plastic greenhouses in pesticide-free and general cultivation conditions.

로 급증하였고 2019년 2월에 57.1%까지 발생을 한 것으로 조사되었다(Fig. 1). 잎곰팡이병은 시설에서 재배할 때 자주 발생하여 피해를 주는 병으로 잎의 윗면은 담갈색의 원형 또는 부정형 반점을 보이다 시간이 지나면 갈색 반점으로 변하고 잎의 뒷면에는 회색 또는 회갈색의 곰팡이가 피고 주로 일조량이 적고 과습한 포장에서 많이 발생하므로 (Winspear 1970; Oliver *et al.* 2000; Thomma *et al.* 2005) 계절적으로 외부 기온은 낮고 시설 내 온도는 높아지면서 기온 차이가 커지므로 시설 내 습도가 높아져 통풍이나 환기가 불량한 포장에서 발생이 증가하는 것으로 판단된다(Small 1930). Park *et al.* (1996)은 토마토 정식 후부터 잎에 곰팡이병 병징이 발견되기 시작하면 적용약제인 triflumizole을 살포하기 시작하고 적산온도를 계산하여 추가 약제방제를 실시한 경우 약제살포횟수도 줄이면서 방제효과를 높게 유지할 수 있고, 적용약제를 처리하였을 때 병 발생을 감소시키는 효과가 있으므로 (Yim *et al.* 2003) 관행으로 방제를 실시한 포장에서는 병 발생이 적은 반면, 무농약으로 재배하는 포장에서 발병이 심한 것으로 판단된다. 따라서 유기농산물을 생산하고자 하는 농가는 농약을 사용할 수 없으므로 *Bacillus* 등의 미생물자재를 활용하면 51~70%의 발생억제효과가 있었으며 (Kang *et al.* 2011), 키토산을 1,200 mg a.i.L<sup>-1</sup> 농도에서 잎곰팡이병 방제에 효과적이었고 600 mg a.i.L<sup>-1</sup> 농도부터는 식물생장이 증진되었다(Chang 2009). 또한, Hong *et al.* (2012)은 시설하우스 내에 환기장치를 작동시키면 환기장치를 설치하지 않은 포장에 비해 최고온도와 최저온도의 편차가 2~7°C 줄었고 상대습도도 1~5% 감소하여 잎곰팡이병 발생을 55%까지

억제시켰다. 그뿐만 아니라, 미생물농약 2종을 처리한 경우 39.2~58.2% 방제효과가 있었으므로, 토마토를 유기농이나 무농약으로 생산하고자 할 때에는 시설 내 경종적 방제 기술로 병 발생을 예방하고 미생물, 병 방제에 효과가 있는 것으로 알려진 유기농자재 등을 활용하여 방제를 하게 되면 50.4~82.1%의 발생을 경감시키므로 병 발생을 예방하기 위해서는 유기농업자재 등을 활용하여 발생 초기에 살포 처리를 하는 것이 병 발생 확산을 차단하는 데 효과적인 것으로 판단된다.

## 2) 토마토반점위조바이러스병, 토마토 퇴록바이러스병

토마토 퇴록바이러스병 (ToCV)과 반점위조바이러스병 (TSWV)은 매개충에 의해 전파되는 바이러스병으로 무농약으로 재배하는 재배포장에서 주로 2016년과 2019년 3월부터 발생이 증가하여 외부 기온이 올라가는 5월에 피해가 급증하였다. TSWV는 2016년에는 1월부터 1% 이하의 발생을 하기 시작하여 5월에는 무농약 재배포장은 23%, 농약재배포장은 4%, 2018년에는 3월부터 발생하기 시작하여 5월에는 무농약 재배포장은 16.3%, 농약재배포장은 2.7%의 발생을 보였다(Fig. 2). 또한, 토마토퇴록바이러스병은 3월부터 발생하기 시작하여 2016년 5월에는 무농약 재배포장에서 28.3% 발생을 보인데 비해, 농약을 사용하여 방제하는 포장에서는 4.3%이었으며, 2018년 5월에는 무농약 재배포장에서 6.3%, 농약사용포장은 2%의 발생하여 피해를 주는 것으로 조사되었다(Fig. 3). 토마토의 정식초기에 매개충의 방제 여부에 따라 바이러스 발생이 달라졌으며, 초기에 적용약제를 이용하여 방제를 철저히 한 포장에서는 발



생이 적은 것으로 조사되었다. Kim (2007)에 의하면 매개충에 의해 전파되는 바이러스병은 매개충이 시설재배지에서 연중 존재하여 지속적인 전염원이 되어 피해를 주며, 시설토마토 재배농가의 시기별 TSWV의 발병주율의 변화를 조사한 결과 5월~6월에 발생이 증가한 것은 봄철에 기온이 상승하면 매개충의 밀도가 증가하여 바이러스 발생피해와 밀접한 관계가 있는 것으로 보고한 바 있다. 또한, 정식전 토양소독과 매개충 발생 초기 적기방제일 때 발병주율은 6.7%인 데 비해 방제를 하지 않은 처리구에서는 54.7%의 발생주율을 보여 85.3~85.7% 방제효과가 있는 것으로 보고되어 매개충 발생과 초기 방제 여부에 따라 바이러스 발생이 달라지는 것으로 보고하였다. Kim et al. (2015)에 의하면 TSWV 매개충인 총채벌레는 고삼제 단용처리

서 87%의 살충활성이 있으며, 15종의 식물추출물의 혼합제로 함유한 제품은 80% 이상의 우수한 살충력을 보였으므로 토마토를 유기농으로 재배하는 경우 매개충의 발생 초기에 유기농업자재를 활용하여 살포하면 매개충의 밀도를 낮추고 바이러스 발생도 경감되어 피해를 줄일 수 있을 것이다.

### 3) 박과류 흰가루병

오이, 호박 등 박과류를 시설에서 재배하는 포장에서는 흰가루병을 흔하게 볼 수 있으며, 피해도 심하다(Park et al. 1996). 흰가루병의 발생이 증가할수록 수량이 감소하므로 흰가루병 발생을 줄일 수 있는 최적의 방제시기를 결정하는 경제적 피해허용수준에 따라 방제를 하면 병 발생에 효과적이는데(Kim et al. 2006), 적용약제를 이용하여 관행적으로 방제한 포장과 유기농재배를 위해서 무농약으로 재배하는 포장에서 병이 발생하는 정도가 다르게 나타났다. 적용약제를 이용하여 주기적으로 방제하는 포장에서는 2015년부터 2019년까지 매년 0.9~3.9%의 발생을 보인 반면에 유기농 농산물을 생산하기 위하여 농약을 사용하지 않고 재배하는 포장에서는 생육후기에 65.4~92.5% 발병을 하는 것으로 조사되었다(Fig. 4). 흰가루병은 적기에 방제를 하면 피해를 미치지 않을 정도로 약제효과가 좋은 편이나 방제적기를 놓치면 약효가 저조하여 수량감소 등 피해가 증가한다(Kim et al. 2016). 시설에서 재배되는 고추(*Capsicum annuum*)에서 흰가루병이 발생하였을 때 적기 방제를 하지 않으면 70% 이상 발생이 증가하고 과중, 과경, 주당 숙과수를 감소시켜 결국 수량을 감소시키는 결과를 초래한다(Kim et al. 2015). 따라서 *Bacillus subtilis* KB-401의 미생물 제재를 500배로 희석하여 10일 간격으로 3회 처리하면 오

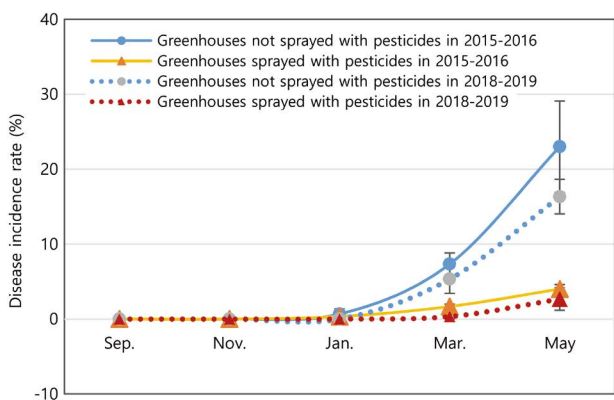


Fig. 2. Tomato spotted wilt virus incidence in 2015-2016 and 2018-2019 in tomatoes grown in plastic greenhouses in pesticide-free and general cultivation conditions.

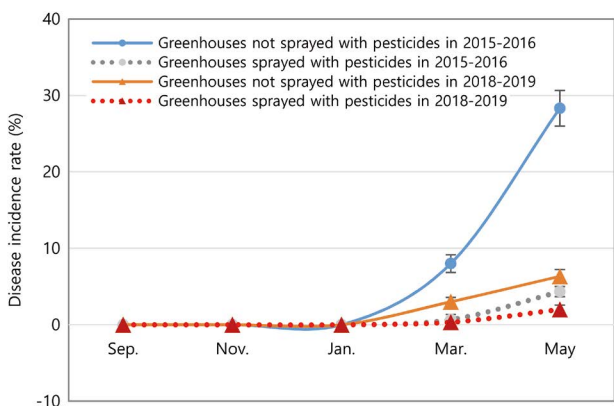


Fig. 3. Tomato chlorosis virus incidence in 2016 and 2018 in tomatoes grown in plastic greenhouses in pesticide-free and general cultivation conditions.

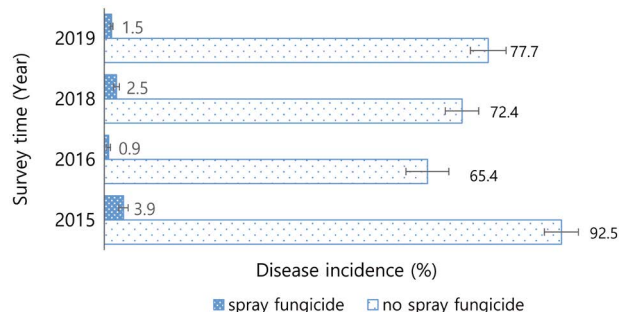


Fig. 4. The degree of powdery mildew incidence depending upon whether pesticides were used during the cultivation period.

이 흰가루병의 방제효과가 83.8%이고(Nam *et al.* 2010), 대항 추출물을 처리하면 60% 방제효과가 있으므로(Kim *et al.* 2003) 유기농자재류나 미생물제제를 활용하여 발생 초기부터 살포를 하여 병 발생을 억제하여 피해를 경감시켜야 할 것으로 판단된다.

#### 4) 박과류 바이러스 발생 상황

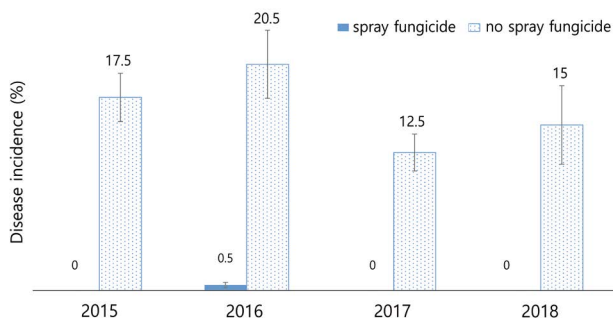
과채류를 유기재배하는 농가에서 잎이 엽맥을 따라 연한색을 나타내며 기형으로 변형되어 마디와 마디 사이가 매우 짧아져 생육이 위축되는 주키니황화모자이크바이러스병이 발생하였다. 바이러스병에 감염된 잎은 부분적으로 부풀어 오르거나 기형적으로 자라면서 부분적으로 볼록한 형태의 모양이 잎 전체에 퍼지고 잎 가장자리가 삐죽하게 되면서 위축되는 증상이 관찰되었다. 열매는 표면에 울퉁불퉁한 얼룩형태로 비뚤어지고 뒤틀리는 증상을 나타냈다. 기형증상을 보이는 식물체를 대상으로 바이러스 발생 상황을 조사한 결과 애호박재배지에서는 0.1~60%까지 발병을 하여 피해를 주는 것으로 조사되었다(Table 4). 주키니황화모자이크바이러스병은 육묘나 재배시기에 따라서 병 발생이 달라지는 것으로 조사되어 4월 상순부터 하순까지 육묘하여 4월 하순에 정식하는 작형에서 바이러스 발생이 많은 것으로 조사되었다(Table 4). 4월 하순에 정식하여 6월부터 수확을 하는 작기에서는 5월 하순부터 발생을 보이기 시작하여 수확 말기까지 지속적으로 나타나 평균적으로 28.8%의 발생을 하는 것으로 조사되었으며, 7월 중순에 정식한 작기에서는 정식 한 달 뒤인 8월 중순부터 발생을 보이기 시작하여 약 5%의 발생을 보였다. 2월 상순에 정식하여 다른 작형보다 일찍부터 수확이 시작된 포장에서는 수확 말기에 주로 발생하여 4월 하순에 정식한 포장에 비해 피해가 적은 것으로 조사되었다. 바이러스 증상을 보이는 애호박 잎을 채취하여 과채류에 발생 가능한 바이러스의 종류별 진단특이프라이머를 이용하여

진단한 결과 주키니황화모자이크(Zucchini yellow mosaic virus)에 감염된 것으로 진단되었다. ZYMV에 감염된 애호박은 열매가 울퉁불퉁하게 위축되는 기형증상이 심하여 판매를 할 수 없는 비상품과이므로 출하를 하지 못하고 폐기조치를 할 수밖에 없으며, 병이 발생하면 잎은 황화되고 모자이크 증상을 나타내어 병반이 서로 합쳐져 확대되고 요철증상이 심해져 왜소해지고 전개가 불량하여 생육이 불량하고, 정상형태의 열매를 수확할 수 없으므로 농가 소득을 현저히 감소시키는 피해를 초래하였다. 수박, 오이 등의 작물에서도 애호박에서 발생한 주키니황화모자이크바이러스병 증상과 동일한 증상이 발생하였다. 잎이 황화되면서 위축되고 뒤틀리는 이상증상이 관찰되어 시료를 채취하여 진단프라이머를 이용하여 유전학적으로 진단한 결과 동일한 바이러스인 것으로 확인되었다. 바이러스가 발생되어 피해가 심한 농가의 육묘장을 조사한 결과 육묘시기부터 진딧물이 식물체를 흡즙하여서 감염시켰거나, 정식한 뒤 진딧물의 시설 내 유입으로 인해 직접적으로 감염시켜 발생이 확산된 것으로 판단되었다. Kim *et al.* (2012)이 온도는 곤충의 발생시기, 발생밀도, 분포 등 개체군 기초 생태에 영향을 미치는 가장 중요한 물리적 요인이며 온도가 올라갈수록 발육기간이 짧아지고 4월 중순 이후 5월까지의 예측값보다 더 빠르게 성충이 나타나는 것으로 보고한 바와 같이, 특히 겨울철과 봄철 이상고온의 등으로 인하여 매개충인 진딧물의 밀도가 높아져 육묘 중이나 본 밭에 정식한 초기에 감염되어 확산된 것으로 판단된다(Soh *et al.* 2018).

주키니황화모자이크바이러스병은 바이러스를 보독한 진딧물이 건전한 식물체를 흡즙하여 감염시키며, 감염된 식물체를 통해서 시설 내 매개 진딧물과 농작업 중 사람 손을 접촉하여 확산되어 피해가 심하다. 따라서 매개충인 진딧물에 대한 적기방제가 중요하며, 발생 초기부터 예찰을 철저히 하여 발생 확산되기 전에 예방적으로 바이러스

**Table 4.** Zucchini yellow mosaic virus outbreak according to squash cultivation patterns

Cultivation pattern		Disease incidence (%)	Occurrence time
Seedling period	Cultivation period		
Early Jan.-Early Feb.	Early Feb.-Late Jun.	5 (0.1-10)	Late May
Early Apr.-Late Apr.	Late Apr.-Early Jul.	28.8 (5-60)	Late May
Late Jun.-Mid-Jul.	Mid-Jul.-Late Nov.	5 (0.5-12)	Mid-August



**Fig. 5.** The degree of occurrence of zucchini yellow mosaic virus disease in cucurbit grown in plastic greenhouses during the period from 2015 to 2018.

를 조기에 차단시켜야 할 것으로 판단된다. 또한, 매년 발생 최성기에 박과류에서 발생하는 추키니황화모자이크 발생 상황을 2015년부터 2018년까지 조사한 결과 육묘기간 중이나 정식 직후부터 매개충인 진딧물의 적용약제를 주기적으로 살포한 포장에서는 0.5% 이하로 발생이 거의 없었다. 그러나 유기농 재배를 위해 적용약제 사용을 하지 않고 무농약으로 재배한 포장에서는 12.5~20.5%의 발생을 하는 것으로 조사되었다(Fig. 5). 애호박에 발생하는 바이러스병은 누른모자이크바이러스병 등 8종이 보고되어 있으며(The Korean society of plant pathology 2009) 바이러스병에 의한 피해가 매년 증가하고 있으며, 애호박 바이러스의 평균 발병률은 50%까지 발생하여 생산량 및 품질을 저하시키는 주원인이며(Kwon *et al.* 2008), Cho *et al.* (2019)에 의하면 시설재배 멜론에서 ZYMV의 발생이 90% 이상으로 수량의 90% 이상 손실을 초래한 바 있어, 일반재배뿐만 아니라 유기농재배지에서도 중요한 문제로 대두되고 있다. 바이러스병에 감염된 박과류 작물 들은 생육이 불량하고 비상품과 생산이 많아져 수량감소로 인한 심각한 피해를 초래하게 된다. 바이러스에 의한 피해는 유기농재배지에서뿐만 아니라 일반 관행재배 농가에서도 피해가 심하고, 특히 추키니황화모자이크바이러스병은 최근 박과작물을 중심으로 피해가 증가하고 있어서 앞으로 전염원인 매개충의 적기방제 및 발생 초기 확산 차단을 위한 연구가 심도있게 이루어져야 할 것으로 판단된다. 그러므로 유기농산물을 생산하기 위해 재배하는 경우 병해 방제를 위해 농약을 사용하여 관행으로 방제하는 포장에 비해 농가재처리효과가 저조하므로 발생한 이후부터 살포하는 것보다는 병이 발생하기 전부터 예방적으로 관리하는 것이 무엇보다 중요하며, 유기농재배에 필수적이다. 또한, 시설재

배를 할 경우에는 외부로부터 미소 해충들의 유입이 많으므로 하우스 출입구 차단망 설치나 트랩 등을 활용하여 방제를 철저히 해야 하며, 특히 바이러스를 매개하는 진딧물이나 총채벌레 등은 발생 전부터 세심한 예찰을 통해 발생 초기에 유기농업자재 등을 활용하여 방제하는 것이 병해충 피해를 최소화하고 더불어 우수한 유기농산물 생산을 촉진하므로 유기농 재배를 실천하는 근본이 될 것으로 판단된다.

## 적 요

토마토와 박과류채소의 유기농산물을 생산하기 위하여 무농약으로 재배하는 시설하우스에서 최근 문제되는 병해를 조사한 결과 토마토 잎곰팡이병과 토마토반점위조바이러스병, 토마토퇴록바이러스병, 박과류 추키니황화모자이크바이러스병, 박과류 흰가루병 등의 피해가 심한 것으로 조사되었다. 농약을 사용하여 일반재배를 하는 시설하우스에 비해 무농약재배 하우스에서 재배되는 작물에서 병 발생 시기가 더 빠르고 병 발생도 심한 것으로 나타났으며, 총채벌레와 진딧물 등에 의해 매개되는 바이러스병 피해가 심한 것으로 조사되었다. 따라서 우수한 유기농산물을 생산하기 위해서는 병해충방제를 효율적으로 하는 것이 중요하며, 병 발생 피해를 최소화기 위해서는 포장위생과 물리적 차단, 유기농업자재나 미생물제 등을 종합적으로 활용하여 예방적으로 방제하는 것이 가장 중요하다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구과제 자가제조 유기농업자재의 작물 병 방제효과 평가 및 제조기술 표준화(세부과제번호: PJ01338804)의 지원으로 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Chang TH. 2009. Disease control efficacy of chitosan preparations against tomato leaf mold. *Res. Plant Dis.* 15:248-253.
- Cho IS, BN Chung, SJ Kwon, JY Yoon, GS Choi, BR Kim, J Hammond and HS Lim. 2019. First report of zucchini yellow



- mosaic virus in muskmelon (*Cucumis melo*) in Korea. J. Plant Pathol. 101:771.
- Cho JD, JH Lee, SJ Ko, HS Choi, SH Lee, GS Choi and JS Kim. 2011. Symptoms of cucumber virus diseases occurred in Sangju and Gurye in 2006 and 2007. Res. Plant Dis. 17:196-204.
- Hong SJ, JH Park, YK Kim, HJ Jee, EJ Han, CK Shim, MJ Kim, JH Kim and SH Kim. 2012. Study on the control of leaf mold, powdery mildew and gray mold for organic tomato cultivation. Korean J. Org. Agric. 20:655-668.
- Kang HJ, YS Kim, BT Han, JG Noh, TI Kim, MH Kim, JY Kim, YJ Jeong, SJ Shin and IK Kim. 2013. Development of Control Strategy Against Powdery Mildew on Watermelon in Green House to Reduce Fungicide Application. Rural Development Administration, Jeonju, Korea. p. 38.
- Kim CG, TY Kim and SC Seo. 2005. Analysis of Consumer Preferences and Purchasing Behaviors Towards environmentally friendly. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea. p. 106.
- Kim DI, DS Choi, SJ Ko, BR Kang, CG Park, SG Kim, JD Park and SS Kim. 2012. Comparison of development times of *Myzus persicae* (Hemiptera:Aphididae) between the constant and variable temperatures and its temperature-dependent development models. Korean J. Appl. Entomol. 51:431-438.
- Kim JH, KK Lee, JR Yim, J Kim, IY Choi, SJ Jang, JH Kim and YJ Song. 2016. Yield loss assessment and determination of control thresholds for powdery mildew of eggplant (*Solanum melongena*). Korean J. Pestic. Sci. 20:145-151.
- Kim JH, SS Cheong, KK Lee, JR Lim, HS Shim and WH Lee. 2015. Yield loss assessment and determination of control thresholds for powdery mildew of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). Korean J. Pestic. Sci. 19:113-118.
- Kim JS, KY Cho, KS Hong, JC Kim, C Song, KJ Choi, UG Shin and BH Lee. 2003. Development of Biopesticide using Higher Plant-Derived Natural Products. Ministry of Science and Technology, Sejong, Korea. p. 244.
- Kim JY. 2007. Survey and Control of the Tospovirus Outbreak in Gyeonggi Area. Report of Gyeonggi Agricultural Research and Extension Services, Hwaseong, Korea. pp. 560-573.
- Kim JY, SS Hong, JG Lee, KY Park, HG Kim and JW Kim. 2006. Determinants of economic threshold of powdery mildew on cucumber. Res. Plant Dis. 12:231-234.
- Kim MG, MS An, JH Lee, CR Lee, SB Lee, KL Hong and SG Hong. 2017. Survey on occurrence and management of disease and pests in organic peach orchards. Korean J. Org. Agric. 25:603-617.
- Kim YH, YE Na, MJ Kim, BR Choi, HC Jo and SI Kim. 2015. Evaluation of insecticidal and antifeeding activities of eco-friendly organic insecticides against agricultural insect pests. Korean J. Appl. Entomol. 54:99-109.
- KOSIS. 2020. Agricultural statistical information. Korean Statistical Information Services. [http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M\\_01\\_01&vwcd=MT\\_ZTITLE&parmTabId=M\\_01\\_01#SelectStatsBoxDiv](http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01#SelectStatsBoxDiv). Accessed on Feb. 06, 2020.
- Kwon SB, SJ Heo, KH Kim, HM Lee, SH Bae and JK Choi. 2008. Development of Control Technique of Viral Diseases Infecting Summer Pumpkin of Mid-Northern Area in Gangwon Province. Rural Development Administration, Jeonju, Korea. p. 47.
- Lim KH, SG Kim, KJ Choi, DI Kim, SG Kim and YH Lee. 2007. Survey of disease and weed control in organic and free-pesticide cultivation of Chunnam area 'Ssam' vegetable. Korean J. Org. Agric. 15:109-121.
- Myung IS, SK Hong, YK Lee, HW Choi, HS Shim, JW Park, KS Park, SY Lee, SD Lee, SH Lee, HS Choi, YG Kim, DB Shin, DS Ra, WH Yeh, SS Han and WD Cho. 2006. Review of disease incidences of major crops of the South Korea in 2005. Res. Plant Dis. 12:153-157.
- Nam KW and SH Kim. 2003. Effect of agro-chemical alternatives on the yield and fruit quality of apple. Korean J. Org. Agric. 11:91-101.
- Nam MH and JP Choi. 2010. Controlling activity of *Bacillus subtilis* KB-401 against cucumber powdery mildew caused by *Sphaerotheca fusca*. Korean J. Pestic. Sci. 14:49-53.
- Oliver RP, B Henricot and G Segers. 2000. *Cladosporium fulvum*, cause of leaf mould of tomato. pp. 65-91. In: Fungal Pathology (Kronstad JW ed.). Springer press. Switzerland.
- Park EW, DK Kang, SK Kim, SS Hong and JS Yang. 1996. Use of an automated weather station for determining spray schedules to control leaf mold of tomatoes. Daesan Agriculture 4:63-79.
- Park SS, TY Kwon, YS Lim, KC Jung and BS Choi. 1996. Disease survey in melon, watermelon, and cucumber with different successive cropping periods under vinylhouse conditions. Korean J. plant pathol. 12:428-431.
- Rural Development Administration. 2003. Research and Survey Guideline of Agricultural Science Technology. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. p. 838.
- Small J. 1930. The relation of atmospheric temperature and humidity to tomato leaf mould (*Cladosporium fulvum*). Ann. Appl. Biol. 17:71-80.
- Soh BSB, S Kekeunou, SN Nafgna, M Dongmo and H Rachid. 2018. Effect of temperature on the biological parameters of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*. Ecol. Evol. 3:11819-11832.
- The Korean Society of Plant Pathology. 2009. List of Plant Diseases in Korea (5th). Korean Society of Plant Pathology, Seoul. p. 853.
- Thomma BPHJ, HP van Esse, PW Crous and PJGM DeWit.

2005. *Cladosporium fulvum* (syn. *Passalora fulva*), a highly specialized plant pathogen as a model for functional study. *Mol. Plant Pathol.* 6:379–393.
- Winspear KW, JD Postlethwaite and RF Cotton. 1970. The restriction of *Cladosporium fulvum* and *Botrytis cinerea*, attacking glasshouse tomatoes, by automatic humidity control. *Ann. Appl. Biol.* 65:75–83.
- Yim CH, YN Yun and IH Park. 2003. Integrated Pest Management Systems of Exporting Tomato for Low Pesticide Residue. Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, and Forestry, Naju, Korea. p. 177.
- Yoon SW and JH Lee. 2000. An analysis on organic farming management. *Korean J. Org. Agric.* 8:17–38.