

국내 주요 토마토 주산지에서 발생하는 가루이류 발생현황

서미혜* · 조영식¹ · 양창열 · 윤정범

국립원예특작과학원 원예특작환경과, ¹국립원예특작과학원 사과연구소

Occurrence Status of Whitefly Populations in Major Domestic Cultivation Areas of Tomatoes

Mi Hye Seo*, Young Sik Cho¹, Chang Yeol Yang and Jung Beom Yoon

Horticultural and Herbal Crop Environmental Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

¹Apple Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Gunwi 39000, Korea

ABSTRACT: Whitefly populations found in heated tomato greenhouses were monitored across three locations in Korea (Nonsan and Buyeo, Chungnam Province; Iksan, Jeonbuk Province) from November to May during the 2015 -2018 growing seasons. From May to October, surveys were conducted in Jangsu (Jeonbuk Province), where retarding cultivation was performed. Whitefly populations were classified and quantified by location and year. The dominant species were *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) and *Bemisia tabaci* (Gennadius). The species populations were mixed, but the frequency of occurrence of *B. tabaci* was higher than that of *T. vaporariorum*. Although whitefly populations started to increase in late March, they sharply increased in May and the highest population density was observed at the end of the harvest season. Therefore, the management of greenhouse tomato whiteflies through monitoring should begin in early March. In the case of retarding cultivation, the management of whitefly populations should be implemented in June, before the density of whitefly populations increases.

Key words: Greenhouse tomato, *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*, Occurrence status, Monitoring

조 록: 2015년부터 2018년까지 시설하우스에서 토마토 재배기간인 11월부터 이듬해 5월까지 충남 논산, 부여, 전북 익산에서 가루이의 종류와 발생 현황을 조사하였다. 반면 5월부터 10월까지는 억제재배를 하는 전북 장수지역에서 조사를 수행하였다. 시기별로 가루이를 채집하여 동정한 결과 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)와 담배가루이(*Bemisia tabaci*)의 발생이 확인되었다. 주로 온실가루이와 담배가루이가 혼재되어 있는 경우가 많았으며 두 종 중 담배가루이의 발생이 높게 나타났다. 가루이의 발생은 3월 하순부터 증가하기 시작하여 5월에는 밀도가 급격하게 증가하였고 수확기가 끝나는 시점에서는 밀도가 가장 높았다. 따라서, 시설하우스에서 가루이의 효율적 방제를 위해서는 축성재배는 3월 상순부터, 억제작형은 6월 상순부터 예찰하고 밀도가 증가하기 전에 초기 방제하여야 할 것이다.

검색어: 토마토, 발생 현황, 담배가루이, 온실가루이, 모니터링

토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill.)는 가지과에 속하는 작물로 세계에서 많이 재배되는 과채 중 하나이다. 국내에서도 국민소득이 향상되고 건강에 대한 관심이 높아지면서 V_B, V_C를 비롯하여 라이코펜과 같은 성분을 함유하고 있는 토마토의 생산과 소비가 증가 추세에 있다. 2018년 우리나라 토마토 재

배면적은 6,058 ha이며 그 중 시설재배가 5,706 ha로 대부분 시설에서 재배되고 있다(KSIS, 2018). 시설에서 주로 문제가 되는 해충은 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*), 담배가루이(*Bemisia tabaci*)와 같이 대부분 외래 해충이다. 특히 시설재배 면적의 급격한 증가로 가루이의 월동과 번식에 좋은 조건이 제공되어 그 발생과 피해가 증가하는 추세에 있다(Jeon et al, 2009). 국내에 발생하는 가루이는 온실가루이와 담배가루이가 있으며 기주 범위가 넓고 시설 내에서 발생 세대 수가 많아 이

*Corresponding author: seomh0767@korea.kr

Received February 4 2020; Revised August 19 2020

Accepted November 16 2020

들 해충이 시설 내에 침입 후에는 급격히 피해 밀도가 형성되어 방제가 어렵다(Choi, 1990; Nauen et al., 2002). 온실가루이는 박과작물, 가지과작물, 화훼류 및 관상식물의 잎에 성충과 약충이 서식하며 잎을 흡즙하고 감로(honeydew)를 분비하여 그를 음병을 발생시켜 피해를 준다(Brown et al., 1995; Johnson et al., 1992, Ahn et al., 2001). 담배가루이는 약충과 성충이 잎을 흡즙하여 피해를 주기도 하지만 감로 분비에 의한 피해와 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV: tomato yellow leaf curl virus)를 포함하는 100종 이상의 바이러스를 매개 할 수 있는 것으로 알려져 더욱 주의가 요구된다(Matsui, 1992; Brown et al., 1995; Berlinger et al., 1996; Rubinstein et al., 1999). 토마토에 발생하는 가루이는 한 세대가 증식하는 기간이 짧고 약제에 대한 내성이 강해 발생 밀도가 낮더라도 초기에 방제하는 것이 무엇보다 중요하다. 담배가루이의 약충과 번데기는 주로 잎 뒷면에서 생활하고 성충은 크기가 작고 비행성을 가지므로 초기발견이 어려워 방제 시기를 놓쳐 피해가 증가하고 있다(Choi, et al., 2014; Park et al., 2014; Lee et al., 2014)

특히 담배가루이는 세대기간이 짧고 다양한 약제에 대한 저항성으로 방제가 곤란한 해충(Wardlow et al., 1976; Horowitz and Lichtengerg, 1994; Devine et al., 1999; Kim et al., 2000)으로 보고되어 있으며, 특성상 방제 시기를 놓치면 방제가 어려운 문제점을 가진다(Nauen et al., 2002; Omer et al., 1992).

본 연구에서는 주산지를 중심으로 축성재배와 억제재배에서 발생하는 가루이류 조사를 통해 최적의 예찰 시기를 제공하여 초기 방제할 수 있도록 기초자료를 확보하고자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

가루이 밀도 조사

주산지를 중심으로 2015년 11월부터 2018년 6월까지 7개월 동안 충청남도 논산시(3농가), 부여군(3농가), 전라북도 익산시(3농가)에서 가루이의 발생 밀도를 조사하였다. 2018년 6월부터 2019년 10월까지의 전라북도 장수(3농가)지역에서 황색평판끈끈이트랩(15 × 25 cm, Greenagrotech, Korea)을 이용하여 가루이의 밀도를 조사하였다(Fig. 1). 시설하우스 중앙에 심겨진 토마토 한 개 이랑을 선택하고 황색평판끈끈이트랩은 토마토로부터 30 cm 높이에 3 m 간격으로 총 5장을 설치하여 조사하는 Song et al. (2014)의 방법을 따랐다. 2주 간격으로 한 달에 2번 교체하면서 트랩을 수거하였다. 수거한 황색평판끈끈이트랩은 실체현미경(SteREO Discovery. V8, Carl Zeiss,

Germany)을 이용하여 100배의 배율로 가루이의 성충 수를 조사하였다.

가루이의 동정

시험기간 동안 과실과 잎 뒷면에 붙어 있는 가루이를 조사지역당 3개 농가에서 월 1회 20마리씩을 채집하였다. 지역 당 60마리씩 채집한 개체를 실체현미경을 이용하여 관찰한 뒤 평균값을 구하여 가루이의 종류별 발생율을 조사하였다. 개체의 일부는 genomic DNA (gDNA)를 추출하여 PCR 주형으로 이용하였다. gDNA는 DNeasy Blood and Tissue kit (Qiagen, Inc)를 이용하여 kit의 protocol에 따라 추출하였다. 증폭은 2종의 프라이머(5'-TTGATTTTTGGTCATCCAGAAGT-3', 5'-TXXAATGCACTAATCTGCCATATTA-3')를 이용하였다. gDNA 1 μL를 넣은 PCR반응액 50 μL(2.0 mM MgCl₂, 0.2 mM dNTP, 0.2 μM primer를 각각 1 x PCR buffer)에 1 U Taq DNA polymerase (Bioneer, Korea)를 첨가하여 PCR을 증폭하

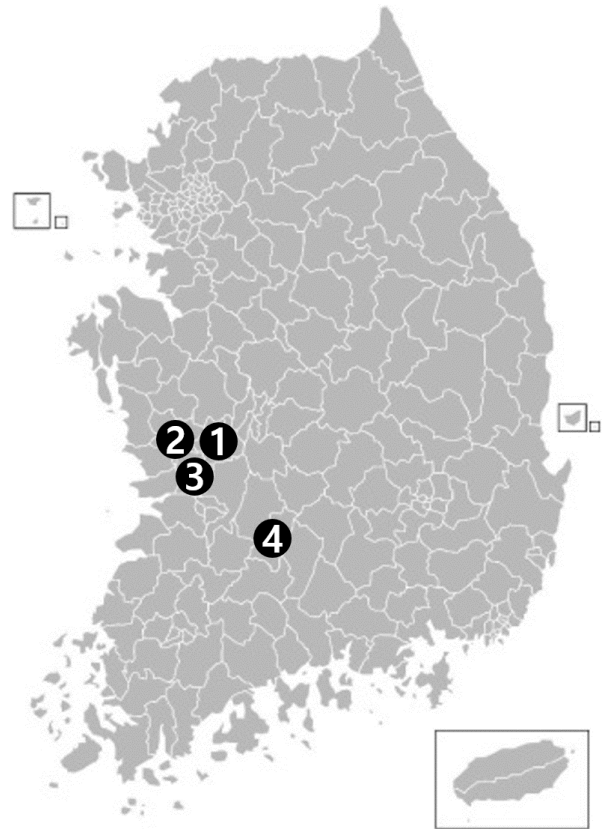


Fig. 1. Sampling location of whiteflies in greenhouse-cultivation areas in Korea. (1) Nonsan-si, Chungcheongnam-do; (2) Buyeo-gun, Chungcheongnam-do; (3) Iksan-si, Jeollabuk-do; (4) Jangsu-gun, Jeollabuk-do.

였다. 증폭 조건은 Thermal cycler (TP600, TakaRa, Japan)를 이용하여, 94°C에서 10분간 denaturation을 실시한 후 50°C에서 1분간 annealing, 72°C에서 30초 extension 반응을 35회 반복한 후, 4°C에서 반응을 종료하였다. 증폭된 PCR 생산물의 5 µL를 2% agarose gel (TAE buffer)에 전기영동을 이용하여 증폭 여부를 확인하고, 남은 PCR 결과산물을 Qiaquick PCR Purification Kit (Qiagen, USA)을 이용하여 정제하였다. 정제된 PCR 생산물은 10 µL에 제한효소 Hinf I 0.5 unit을 처리하고 37°C에서 2시간 동안 반응시키고, 다시 65°C에서 20분간 제한효소를 불활성화 한 후, 2% agarose gel에서 전기영동하여 제한효소에 의해 절단된 DNA 단편 패턴을 확인하였다.

결과 및 고찰

PCR-RFLP에 의한 가루이 동정

토마토의 잎 뒷면으로부터 가루이를 채집하여 PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction-Restriction Fragment Length Polymorphism)를 수행한 결과 온실가루이와 담배가루이의 발

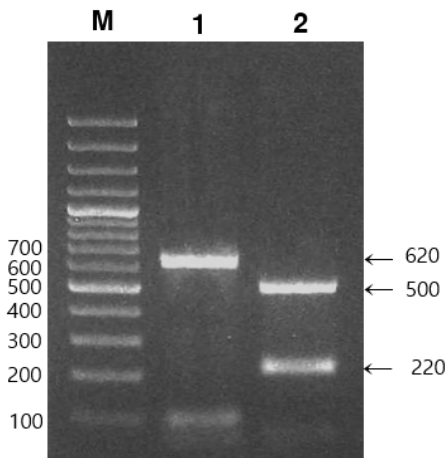


Fig. 2. PCR-RFLP pattern of (1) *Trialeurodes vaporariorum* and (2) *Bemisia tabaci*. M; 700bp ladder, 1,2; Enzyme cut with HinfI. Arrows indicate respective PCR products with their expected sizes.

생이 확인되었다. PCR 생성물을 제한효소 HinfI로 처리하였을 때 가루이 단편 패턴은 620 bp는 온실가루이, 220, 500 bp는 담배가루이(Fig. 2)로 확인되었다.

2019년 2월부터 4월에 채집하여 동정한 가루이를 분석한 결과(Table 1) 온실가루이와 담배가루이가 혼재되어 발생하는 경우가 많았다. 논산(성동면, 10월 상순 정식, 토경재배)과 부여(세도면, 11월 상순 정식, 토경재배)의 경우 온실가루이에 비해 담배가루이의 발생 밀도가 높게 나타났으나 익산(석탄동, 10월 상순 정식, 토경재배) 지역에서는 온실가루이의 밀도가 높게 나타났다. 담배가루이의 발생 비율은 논산의 경우 2월에는 발생이 되지 않다가 3월부터 증가하기 시작하여 4월로 넘어가는 시기에 오히려 감소하는 추세를 보였는데 이는 아마도 이 시기에 조사 농가에서 방제가 이루어진 것으로 판단된다. 부여 지역은 2월부터 4월까지 담배가루이의 밀도가 증가하는 추세를 보였는데 날씨가 점차 따뜻해짐에 따라 발생이 증가한 것으로 보인다. 익산은 조사지역 3곳 중 가장 온실가루이의 발생 비율이 높게 나타났으며 담배가루이의 발생보다도 높았다. 3월에 온실가루이의 발생이 증가한 후 4월에는 감소 추세를 보였는데 이 시기에 논산지역과 유사하게 조사 농가에 의해 방제가 이루어진 것으로 보인다. 이는 지역에 따라 발생하는 종이 다르다는 것을 의미하며 추가로 더 많은 지역에서 발생 밀도 조사가 이루어져야 할 것으로 보인다. 온실가루이와 담배가루이의 방제에 일반적으로 사용하고 있는 방법은 약제 방제이다. 그러나 담배가루이는 온실가루이보다 발육기간이 짧아 연간 발생횟수가 많아서 실제 농가에서 살충제에 의한 도태의 기회가 많아지므로 살충제에 대한 저항성이 빠르게 나타남으로 담배가루이와 온실가루이를 구별하여 방제할 필요성이 있다(Ha et al., 2003). 본 연구에서는 서해지역의 토마토 주산지를 중심으로 가루이의 발생 현황을 조사한 것으로 담배가루이의 생태형을 분석하지는 않았다. 그러나 담배가루이의 생태형에 따라 기주범위, 번식률, 농약에 대한 저항성의 정도가 다르며 박과류 작물에서 특이적으로 은빛잎 증상(squash silverleaf symptom)이라는 생리적 장애를 유발하는 특성(Costa et al., 1993; Beitia et al., 1997; Lee and De Barro, 2000)을 보이기도 하는 것으로 보아 이에 한 조사도 이루어져야 할 것이다. 토마토 가루이를 방제하기 위한

Table 1. The ratios of Whiteflies at tomato in Nonsan, Buyeo and Iksan in 2018

Whiteflys	Nonsan			Buyeo			Iksan		
	Feb .	Mar .	Jun .	Feb .	Mar .	Jun .	Feb .	Mar .	Jun .
<i>Trialeurodes .vaporariorum</i>	0	1.7	1.7	0	0	1.7	0	77.6	51.7
<i>Bemisia . tabaci</i>	0	33.3	11.7	1.7	13.3	53.3	0	31.7	31.7

다양한 연구가 진행(Lee et al., 2012)되어 왔다. 그러나 최근에 조사된 결과는 없으며(Lee et al., 2005), 경기(Lee et al., 2012), 제주(Song et al., 2014) 등 일부 지역만을 대상으로 한 조사가 대부분이다. Lee et al. (2012)는 경기지역의 경우 처음 담배가루이가 발견된 이후(Lee and De Barro, 2000) 시설하우스가 상대적으로 많은 남부지역에 확산된 것으로 추측된다고 하였다. 이는 시설하우스가 많은 토마토 주산지 중심으로 담배가루이의 발생이 많을 것으로 보이나 전국을 대상으로하여 누적된 조사 결과가 없어 지역간 비교가 어려워 앞으로 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

가루이 발생현황

Fig. 3은 3월부터 6월까지 황색평판트랩을 이용하여 시설 토마토에서 발생하는 가루이를 중구분 없이 합한 트랩당 발생밀도 결과이다. 트랩은 설치 기간에 지속적으로 가루이를 유인하

고, 평판에 도포된 점착제에 의해 가루이의 형태가 일부 유실되거나, 혹은 정확한 분류가 어렵게 되므로 유인된 가루이의 수를 종합하였다. 가루이의 발생밀도는 논산, 부여, 익산 3지역 모두 3월부터 발생하기 시작하여 5월에 발생 최성기(Fig. 3)를 보였으며, 3지역 중 익산에서 가루이의 발생밀도가 가장 높았다(Fig. 3C). 억제재배를 하는 장수지역은 6월부터 발생하기 시작하여 8월에 소폭 증가하였으며 9월에는 3배정도 밀도가 증가하였다(Fig. 3D). 논산에서 3월부터 발생하기 시작하여 2016년 4월은 가루이의 밀도가 급격하게 증가하였는데 이는 가루이의 발생 초기 방제에 실패한 결과로 생각된다(Fig. 3A). 부여는 3월 발생 이후 4월 소폭증가하였고 5월에는 발생밀도가 가장 높았다(Fig. 3B). 익산 지역에서도 같은 패턴을 보이고 있었으며(Fig. 3C) 6월의 가루이 발생밀도가 높은 이유는 작기의 과실을 마지막으로 수확 후 식물체를 제거하지 않고 방치하여 가루이의 발생이 증가한 것으로 보인다. 논산은 전체적으로 가루이의 발생이 많지는 않지만 이 연구의 결과는 지역 당 3농가의 발생

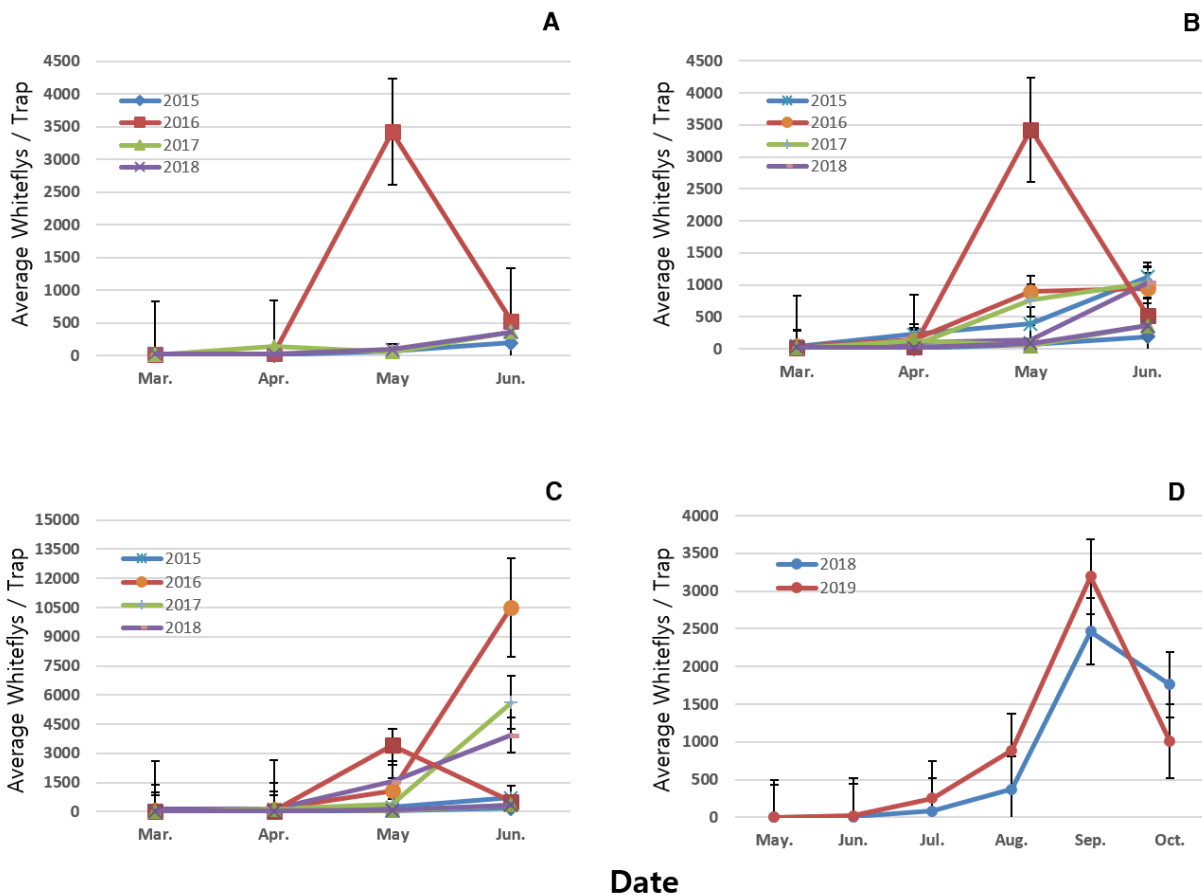


Fig. 3. Population fluctuation of adult whiteflies caught with yellow sticky traps placed on tomatoes in (A) Nonsan, (B) Buyeo, and (C) Iksan from 2015 to 2018, and (D) Jangsu from 2018 to 2019.

밀도를 합산하였기 때문에 농가의 약제방제 시기나 방법적인 차이에 따라 밀도의 증감의 차이가 있을 수도 있을 것으로 판단된다. 3지역(논산, 부여, 익산)에서 2015년부터 2018년의 가루이 발생밀도를 비교하여 보면 다른 연도에 비해 2016년이 가루이의 발생이 전체적으로 높게 나타났다(Fig. 3). 이러한 원인은 2016년은 다른 해에 비해 기온은 유사하나 강수량에 있어 2017년 보다 평균 강수량이 높았고 특히 가루이가 증가하는 4월에서 5월에는 강수량이 3배 정도 차이가 났다(KMA, 2017). 개체수에 영향을 많이 주는 건 온도가 아니라 강수량이며, 비가 내리면 기후가 습해지면서 번데기 과정을 거치는 해충의 번데기 우화와 성장이 촉진되어 그 개체수가 늘어난다고 보고 되어 있다(KIHASA, 2009). 이는 가루이의 발생이 기후 온난화에 의해 기온에도 영향(Kiritani, 2006; Lee et al., 2012)을 받지만 강수량에도 크게 영향을 받는 것으로 추측되며 추가적인 조사가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구조사는 토마토의 주산지 중 특히, 서해안 지역에 위치한 시설재배 토마토 가루이류 발생 조사로 다른 지역에서 발생하는 가루이의 발생소장에 대한 자료는 제시하지 못하였다. 시설의 경우 고온다습하여 지역마다 발생하는 병해충의 추이가 다를 것으로 생각되며 측창이나 입구를 통해 유입되는 해충에 의해 밀도가 변화될 수 있으므로 지역적, 재배 방법별 연구가 추가적으로 필요할 것이다.

본 연구조사 결과, 가루이의 효율적 방제를 위해 발생 최성기 이전인 3월 하순에서 4월 상순, 억제재배의 경우 6월 중순경 이전부터 예찰 하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구과제 담배가루이의 유인제 선발 및 이용방법 개발(세부과제번호: PJ01353801)의 지원으로 수행되었습니다.

저자 직책 & 역할

서미혜: 국립원예특작과학원, 연구사, 논문작성
 조영식: 국립원예특작과학원, 연구관, 논문검토
 양창열: 국립원예특작과학원, 연구사, 데이터분석
 윤정범: 국립원예특작과학원, 연구사, 중동정

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

Literature Cited

- Ahn, K.S., Lee, K.Y., Choi, M.H., Kim, J.W., Kim, G.H., 2001. Effect of temperature and host plant on development and reproduction of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Kor. J. Appl. Entomol.* 40, 203-209.
- Beitia, F., Mayo, I., Robles-Chillida, E.M., Guirao, P., Cenis, J.L., 1997. Current status of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in Spain: The presence of biotypes of this species. *IOBC WPRS Bull.* 20, 99-107.
- Berlinger, J.M., Lebiush-Mordecchi, S., Dahan, R., Taylor, R.A.J., 1996. A rapid method for screening insecticides in the laboratory. *Pestic. Sci.* 46, 345-354.
- Brown, J.K., Frohlich, D.R., Rosell, R.C., 1995. The sweetpotato/silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* genn, or a species complex? *Ann. Rev. Entomol.* 40, 511-534.
- Choi, G.M., 1990. Ecology and control of vegetable insect pests. *NIAST.* p. 224
- Choi, Y.S., Kim, K.S., Jo, H.R., Seo, J.H., Whang, I.S., Kim, G.J., Choe, S.C., 2014. Investigation of trap plants to attract *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Kor. J. Appl. Entomol.* 53, 435-440.
- Costa, H.S., Ullman, D.E., Johnson, M.W., Tabashnik, B.E., 1993. Squash silverleaf symptoms induced by immature, but not adult, *Bemisia tabaci*. *Phytopathology* 83, 763-766.
- Devine, G.J., Ishaaya, I., Horowitz, A.R., Denholm, I., 1999. The response of pyriproxyfen-resistant and susceptible *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to pyriproxyfen and fenoxycarb alone and in combination with piperonyl butoxide. *Pestic. Sci.* 55, 405-411.
- Ha, T.J., Hwang, I.C., Kim, J.K., Song, Y.H., Kim, G.H., Yu, M.Y., 2003. Toxicities and control effect three insecticides to the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* and sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Pestic. Sci.* 7, 207-215.
- Horowitz, J.K., Lichtengerg, E., 1994. Risk-reducing and risk-increasing effects of pesticides. *J. Agri. Eco.* 45, 82-89.
- Jeon, H.Y., Kim, H.H., Yang, C.Y., Kang, T.J., Kim D.S., 2009. A tentative economic injury level for greenhouse whitefly on cucumber plant in the protective cultivation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27, 81-85.
- Johnson, M.W., Capro, L.C., Coughlin, J.A., Tabashnik, B.E., Rosenheim, J.A., Welter, S.C., 1992. Effect of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera Aleyrodidae) on yield of fresh market tomatoes. *J. Econ. Entomol.* 85, 2370-2376.
- Kim, G.H., Lee, Y.S., Lee, I.H., Ahn, K.S., 2000. Susceptibility of sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to commercially resistered insecticides in Korea. *Kor. J. Pestic. Sci.* 4, 51-58.
- Kiritani, K., 2006. Predicting impacts of global warming on

- population dynamics and distribution of arthropods in Japan. *Pop. Ecol.* 48, 5-12.
- KIHASA Open Access Repository Research (KIHASA), 2009. The climate change adaptation strategies for infectious diseases. 154, 23-38.
- Korea Meteorological Administration (KMA), 2017. http://www.climate.go.kr/home/CCS/contents/37_past_analysis.php# (accessed on 5 December 2017).
- Korean Statistical Information Service (KSIS), 2018. KSIS Crop Production survey. http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ET0069&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=F1G&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE (accessed on 23 July 2018).
- Lee, Y.S., Kim, J.Y., Hong, S.S., Park, J.a., Park, H.H., 2012. Occurrence of sweet-potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and its response to insecticide in Gyeonggi area. *Kor. J. Appl. Entomol.* 51, 377-382.
- Lee, M.H., Kang, S.Y., Lee, S.Y., Lee, H.S., Choi, J.Y., Lee, G.S., Kim, W.Y., Lee, S.W., Kim, S.G., Uhm, K.B., 2005. Occurrence of the B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* in Korea. *Kor. J. Appl. Entomol.* 44, 169-175.
- Lee, M.H., Lee, H.K., Lee, H.G., Lee, S.G., Kim, J.S., Kim, S.E., Kim, Y.S., Suh, J.K., Youn, Y.N., 2014. Effect of cyantraniliprole against of *Bemisia tabaci* and prevention of Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV). *Biological Control.* 18, 33-40.
- Lee, M.L., De Barro, P.J., 2000. Characterization of different biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Homoptera:Aleyrodidae) in South Korea based on 16s ribosomal RNA sequence. *Kor. J. Entomol.* 30, 125-130.
- Lee, Y.H., Kim, J.Y., Hong, S.S., Park, J.G., Park, H.H., 2012. Occurrence of Sweet-potato Whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and its response to insecticide in Gyeonggi area. *Korean J. Appl. Entomol.* 51, 377-382.
- Matsui, M., 1992. Irregular ripening of tomato fruit caused by the sweetpotato whitefly *B.tabaci* (Gennadius) in Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol.* 39, 5-12.
- Nauen, R., Stumpf, N., Elbert, A., 2002. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q-type *Bemisia tabaci* (Hemiptera:Aleyrodidae). *Pest. Manag. Sci.* 58, 868-875.
- Omer, A.D., Leigh, T.F., Granett, J., 1992. Insecticide resistance in field populations of greenhouse whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) in the San Joaquin Valley (California) cotton cropping system. *J. Econ. Entomol.* 85, 21-27.
- Park, H.R., Ryu, Y.H., Yeon, I.K., Nam, S.H., Kim, D.G., Han, M.S., 2014. Identification and characterization of entomopathogenic fungi isolated from *Bemisia tabaci* in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 53, 27-34.
- Rubinstein, G., Morin, S., Czosneck, H., 1999. Transcission of tomato yellow leaf curl geminivirus to imidacloprid treated tomato plants by the whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 92, 658-662.
- Song, J.H., Lee, K.J., Yang, Y.T., Lee, S.C., 2014. Sampling plan for *bemisia tabaci* adults by using yellow-color sticky traps in tomato greenhouses. *Kor. J. Appl. Entomol.* 53, 375-380.
- Wardlow, L.R., Ludlam. A.B., Bradley, L.F., 1976. Pesticide resistance in glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) west. *Pest. Manag. Sci.* 7, 320-324.