한국응용곤충학회지
Korean J. Appl. Entomol. 55(4): 483-487 (2016)
DOI: http://dx.doi.org/10.5656/KSAE.2016.11.0.072

ⓒ The Korean Society of Applied Entomology
pISSN 1225-0171, eISSN 2287-545X

제주도에서 볼록총채벌레의 1차 기주식물 과원과 감귤원에서 발생양상과 피해

황록연 · 김동순[1]* · 현재욱
국립원예특작과학원 감귤연구소, [1]제주대학교 생명자원과학대학(SARI) 식물자원환경전공

Occurrence Pattern and Damage of *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) in Primary Host and Citrus Orchards on Jeju Island

Rok-Yeun Hwang, Dong-Soon Kim[1]* and Jae-Wook Hyun
Citrus Research Institute, National Institute of Horticultural & Herbal science, Rural Development Administration 63607, Korea
[1]Faculty of Bioscience and Industry, College of Applied Life Science, SARI, Jeju Nat'l. Univ., Jeju 63243, Republic of Korea; The Research Institute for Subtropical Agriculture and Biotechnology, Jeju National University

ABSTRACT: The damage of citrus fruits caused by *Scirtothrips dorsalis* Hood has being increased in Jeju, Korea. The seasonal abundance of *S. dorsalis* and its injury symptoms in citrus orchards have been studied since the endemic outbreak in Jeju, but studies for the occurrence pattern of *S. dorsalis* in citrus orchards influenced by adjacent primary hosts have not been fully conducted yet. We selected kiwi- and mango-citrus adjacent orchards to study the migration pattern of *S. dorsalis* toward to citrus orchards. Yellow-colored sticky traps were used for monitoring the seasonal abundance of *S. dorsalis* and their migration pattern in two orchards. In citrus orchards, also, we placed sticky traps at 0, 5, 10, 15 and 20 m apart from the border of kiwi orchard, and 0, 7 and 20 m apart from the border of mango orchard. The seasonal occurrence pattern of *S. dorsalis* caught on sticky traps were similar between two adjacent orchards. However, the abundances in kiwi or mango orchard was much higher than those of citrus. Also, it was found that densities, distribution and damage of *S. dorsalis* in citrus orchards depend highly on the distance from the border of kiwi and mango orchards. This result suggested that the primary hosts such as kiwi and mango plants influence the occurrence of *S. dorsalis* in adjacent citrus orchards. And this information may provide a basic direction for establishing the management strategy of *S. dorsalis* in citrus orchards.

Key words: Citrus, Scirtothrips dorsalis, Host, Mango, Kiwi

초 록: 최근 감귤에서 볼록총채벌레의 피해가 증가하고 있다. 볼록총채벌레의 발생시기 및 피해증상에 관한 연구는 진행되었으나 주변 기주식물과의 관계에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구는 볼록총채벌레 기주식물 150여 가지 중 제주도에 넓은 면적으로 재배되고 있는 망고, 키위 등의 1차 기주식물과 2차 기주식물인 감귤에서의 볼록총채벌레 발생의 유연관계를 구명하기 위해 수행되었다. 그 결과 1차 기주식물과원과 인접 감귤원의 볼록총채벌레 발생양상의 경우 밀도의 차이가 있을 뿐 발생 시기는 거의 동일하거나 감귤원에서의 발생이 약 1주일 가량 지연되어 나타났다. 1차 기주식물과원과 인접 감귤원의 트랩설치간격별 발생밀도의 경우 트랩설치간격이 짧을수록 총채벌레 포획수가 유의미하게 많았으며 과실 피해도 또한 유의미하게 높았다. 이는 1차 기주식물인 망고, 키위, 녹차 등이 인접 감귤원의 볼록총채벌레 발생에 직접적인 영향을 주고 있는 것을 나타내며 이는 추후 감귤원의 볼록총채벌레 방제연구에 기초자료로 활용 될 수 있을 것으로 생각된다.

검색어: 감귤, 볼록총채벌레, 망고, 키위, 기주식물

볼록총채벌레(*Scirtothrips dorsalis* Hood)는 총채벌레목(Thysanoptera) 총채벌레과(Thripidae)에 속한 곤충으로 아시아, 호주, 태평양 연안 섬지역, 남아공 일부지역에 분포하며 동남아지역 아열대 및 열대기후의 감귤에서 중요한 해충으로 인식되고 있다(smith and Pena, 2002). 미국의 경우도 2004년부터 볼록총채벌레를 가장 위험한 외래해충 중 하나로 분류하고

***Corresponding author:** dongsoonkim@jejunu.ac.kr
Received October 27 2016; **Revised** November 8 2016
Accepted November 8 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

있다(Nietschke et al., 2008; Seal et al., 2006). 제주도 감귤의 경우 경미한 피해만 보고되다가 2007년 이후 감귤에 국부적으로 다발생하여 심한 피해를 주고 있으며 점차 피해지역이 증가하고 있다(Hyun, 2008). 지구온난화가 진행됨에 따라 제주도 감귤산업에 심각한 피해를 줄 것으로 예상되고 있다(Kim et al., 2009).

볼록총채벌레의 경우 최소한 40과 112종의 식물에서 발생하는 것으로 알려져 있다(Venette and Davis, 2004). 이 중 전체 생활사를 완성할 수 있는 1차 기주식물로는 키위, 망고, 아스파라거스, 포도, 녹차, 고추, 콩, 배, 감자, 딸기 등이 있으며, 감귤은 전체 생활사에서 일부 발육단계 만을 완성할 수 있는 2차 기주식물로 분류되어있다(Nietschke et al., 2008).

감귤원에 피해를 주는 볼록총채벌레 개체군의 공급원은 주변 야생기주식물인 것으로 알려져 있으며, 과원 내 잡초 등의 기주식물에서 증식한 성충이 침입(이주)하여 피해를 유발되는 것으로 추정하고 있다(Ohkubo, 2001; Masui, 2007). 볼록총채벌레 성충이 감귤원으로 침입하는 시기는 주변 야생기주에서의 발생에 영향을 받는 것으로 나타났다(Masui, 2007). 국내에서는 감귤원 주변의 기주식물 수목류 23과 39종, 초본류 10과 15종 총 32과 54종에서 볼록총채벌레가 발견되었다(Song et al., 2013). Masui (2008)는 적산온도를 이용하여 각 발생세대의 발생최성기를 예측하는 모형을 제시한 바 있다.

감귤원 중 볼록총채벌레 피해가 심각한 곳은 방제를 여러 차례 실시하여도 그 피해가심각한 경우가 많다. 이러한 과원은 대부분 주변 기주식물로부터 이주해 온 볼록총채벌레에 의해 피해를 보는 경우가 많은 것으로 생각되었다. 본 연구는 제주도 감귤원에 발생하는 볼록총채벌레와 주변 1차 기주식물 중 제주도에 넓은 면적으로 재배되는 기주식물과의 관계를 구명하고 그 경로 및 원인을 파악하여 효율적으로 방제하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

키위(1차 기주식물과원)와 인접 감귤원에서 발생밀도 조사

2013년부터 2015년에 걸쳐 볼록총채벌레 발생이 비교적 많은 지역인 제주특별자치도서귀포시 남원읍(Hyun, 2008)일대의 감귤원과 감귤원에 인접한 키위과원 3곳(공천포, 의귀리, 신례리)에서 볼록총채벌레 발생밀도를 황색 끈끈이트랩을 이용하여 조사하였다. 황색 끈끈이트랩(15 × 25 cm, Green Agro Tech, Korea)은 한 면만 사용되었으며, 과원 인접부에서 5 m~10 m 지점에 설치하였다. 감귤원의 경우 약 1.5 m 높이에 설치되었고 키위과원의 경우 약 1.7 m 높이의 과실 근처 덕에 설치되었다. 트랩은 각 과원별 3~5개씩 설치하였으며 1주일 간격으로 교체하였고 육안 및 현미경(×10)을 이용하여 포획 성충수를 조사하였다. 대상 조사과원 모두 관행재배를 실시하고 있었으며, 감귤원은 살충제를 연 6~7회, 키위과원은 연 1~3회 깍지벌레 방제를 위해 살포하였다. 초생관리는 공천포와 의귀리 감귤원의 경우 제초제를 이용하여 꾸준히 관리 하였으며, 신례리 감귤원은 들묵새를 이용한 인공초생을 조성하여 관리하였다.

1차 기주식물 과원으로부터 거리별 발생밀도 및 피해 조사

발생조사. 2015년 9월부터 2015년 10월에 걸쳐 서귀포시 남원읍 일대의 1차 기주식물인 키위과원 1곳(공천포)과 망고과원 1곳(의귀리)을 선정하여 인접하고 있는 감귤원에서 이격거리별 볼록총채벌레 포획 성충수를 황색끈끈이트랩(15 × 25 cm, Green Agro Tech, Korea)을 이용하여 매주 1회 조사하였다. 키위과원의 경우 0(경계부), 5, 10, 15, 20 m 트랩설치간격별로 조사를 실시하였으며 망고과원의 경우 0, 7, 14 m 트랩설치간격별로 조사를 실시하였다. 트랩은 1차 기주식물 과원의 경우 3개씩 설치하였으며 감귤원의 경우 트랩설치간격별 10개씩 설치하였고, 성충 포획수를 육안 및 현미경(×10)을 이용하여 조사하였다.

피해도 조사. 2015년 11월 위와 동일한 과원에서 과원 경계부에서 트랩설치간격에 따른 볼록총채벌레 피해도 조사를 실시하였다. 1차 기주식물 과원으로부터 0, 5, 10, 15, 20 m 떨어진 감귤나무의 과실을 각각 300개씩 임의로 선택하였다. 각 과실의 피해정도는 6단계(0-피해면적: 0, A-피해면적: < 1%, B-피해면적: 1~5%, C-피해면적: 6~25%, D-피해면적: 26~50%, E-피해면적: 51~100%)로 구분하였다. 이를 이용한 과실의 피해정도(degdeg of fruit injuary)는 Hyun et al. (2005)의 방법에 따라 ((1A+3B+5C+7D+9E) / (9×표본수)) × 100(%)와 같이 계산하였다.

통계분석

트랩설치간격별 볼록총채벌레 발생밀도의 차이와 트랩설치간격별 피해도의 차이는 SAS의 PROG GLM (SAS Institute, 2010)을 이용하여 ANOVA분석 및 처리 평균 간 비교를 실시하였다. 처리 평균간 비교결과에 통계적 유의성이 있는 경우($P < 0.05$), LSD 사후검정을 실시하였으며, 각 결과간 $P < 0.05$범위에서 유의성 검정을 수행하였다.

결 과

1차 기주식물(키위) 및 인접 감귤원(2차 기주)에서 볼록총채벌레 발생밀도 변화

2013년부터 2015년에 걸쳐 1차 기주식물인 키위과원 및 인접해 있는 감귤과원에서 볼록총채벌레 발생밀도를 비교한 결과 Fig. 1과 같았다. 키위와 감귤원에서 발생시기(peak)는 비슷하거나 감귤원에서 다소 지연되어(약 1주 내외) 나타나는 경향이었다. 두 과원 간 발생량의 크기를 비교할 때, 공천포와 의귀리 조사장소에서는 전체적으로 키위과원에서 밀도가 훨씬 높았다. 특히, 키위과원에서는 6월 하순에서 7월 상순 경 높은 유살량이 관측되었으며, 이에 반해 감귤원에서는 상대적으로 낮은 유살량이 나타났다. 기타 시기에는 키위과원 발생피크에 대응하여 감귤원에서는 작지만 분간할 수 있는 작은 피크가 나타나거나 유의미한 피크가 나타나지 않는 경우도 있었다. 또한 가을철 생육후기에는 감귤원 피크와 키위과원 피크가 비슷하게 나타나는 경우도 있었다.

공천포와 의귀리 과원의 양상과는 달리 신례리에서는 감귤원에서 발생이 우세한 경향을 보였다. 2014년 조사의 경우 뚜렷하게 발생피크가 높았으며, 2015년에도 여름철 초반까지는 키위과원에서 발생이 명확하지 않은 채 감귤원에서 뚜렷한 피크가 나타났다.

1차 기주식물로부터 거리별 발생밀도 및 피해

1차 기주식물인 키위 또는 망고 과원과 인접한 감귤과원에서 조사한 거리별 볼록총채벌레 포획 성충수는 바로 인접한 경계부(0 m)에서 유의하게 높았으며(키위 인접과원: df = 4, F = 2.633,

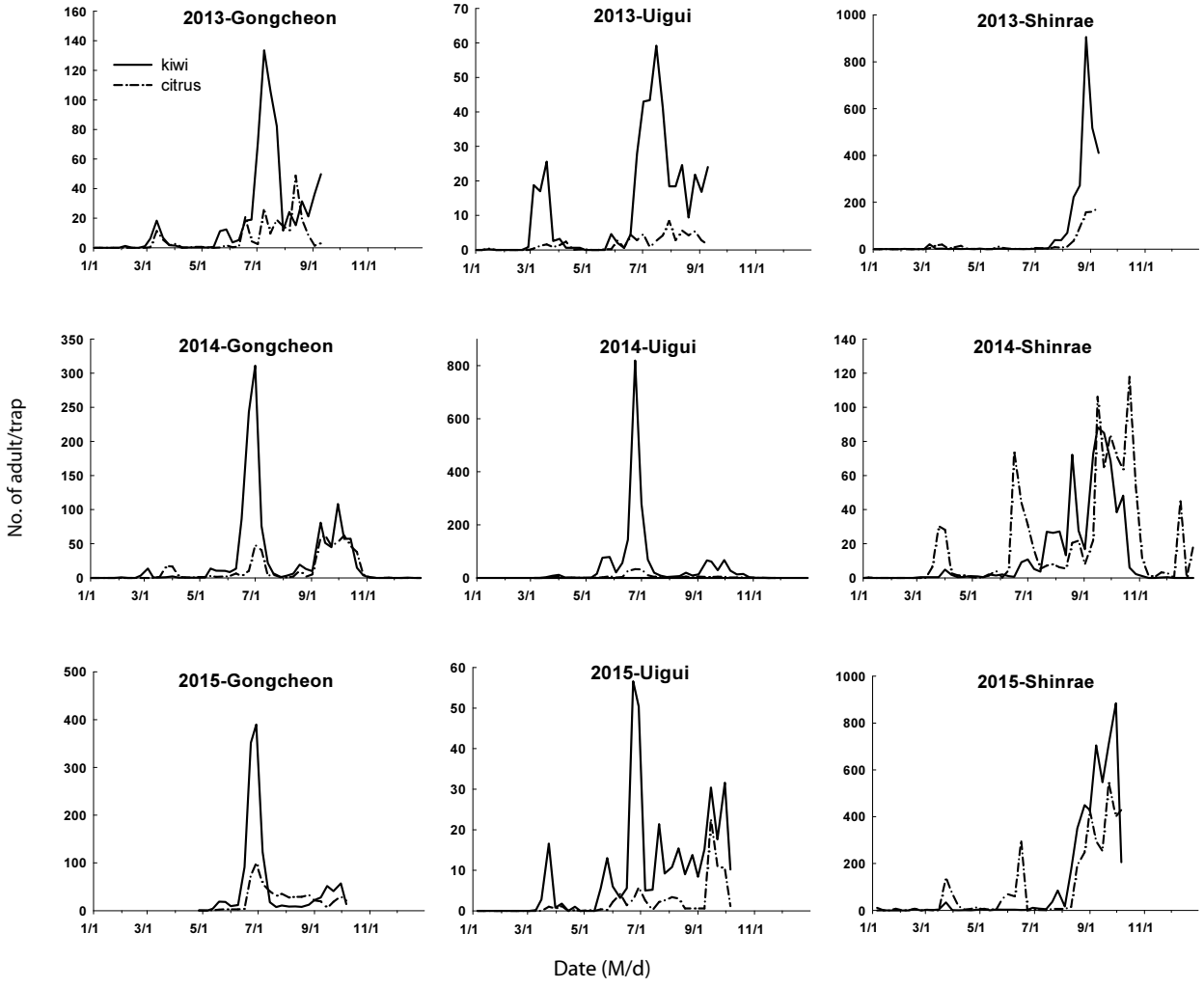

Fig. 1. The seasonal abundance of *S. dorsalis* in kiwi and their adjacent citrus orchards.

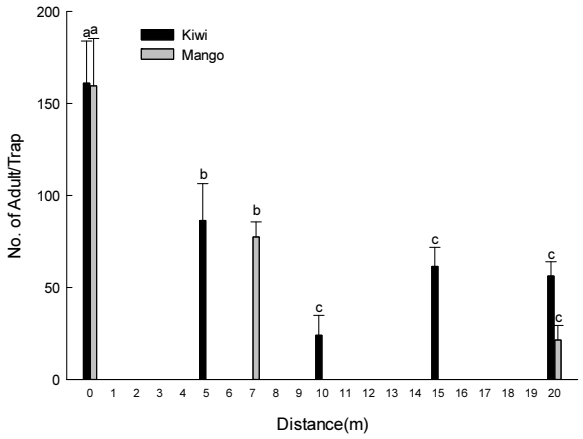

Fig. 2. The number of *S. dorsalis* caught on yellow-colored sticky trap in citrus orchards according to distance from the border of kiwi or mango orchard. The same letters on the bars indicate no significant differences among distance (LSD test, $P < 0.05$) in each kiwi and mango.

Table 1. The degree of fruit injury (%; from Hyun et al., 2005) caused by *S. dorsalis* in citrus orchards according to the distance from the primary host orchards

Distance	Citrus orchard	
	Kiwi-adjacent	Mango-adjacent
0 m	19.5	44.0
5 m	16.9	27.4
10 m	18.1	15.0
15 m	10.5	9.2
20 m	4.9	3.8

$P = 6.927$; 망고 인접과원: df = 2, $F = 3.885$, $P = 0.001$) 거리가 멀어질수록 낮았다(Fig. 2). 키위 인접과원에서 경계부 유살량은 20 m 보다 약 3배 높았으며, 망고 인접과원에서는 약 7.5배의 차이가 있었다.

키위과원과 인접한 감귤원의 트랩설치거리별 볼록총채벌레 피해도(Fig. 2)의 경우 0 m의 경우 19.5%로 가장 높았으며, 15 m 까지는 큰 차이가 없었으나 5 m에서는 4.9%로 크게 감소하였다. 망고과원과 인접한 감귤원의 경우는 거리에 따른 피해도의 구배가 경시적으로 뚜렷하게 나타났는데, 인접부 피해도 44.0%에서 20 m 지점 3.8%로 상대적으로 낮은 피해도를 나타내었다.

고 찰

본 연구에서는 감귤원에서 나타나는 볼록총채벌레의 피해를 이해하기 위하여 1차 기주식물과 연관하여 볼록총채벌레의 발생양상과 피해를 조사하였다. 감귤은 볼록총채벌레의 2차 기주식물로 분류되고 있는데(Nietshke et al., 2008; Seal et al., 2006), 감귤에서 볼록총채벌레의 성충수명이 4일로 매우 짧고 산란수는 1.4개에 불과하다는 Tatara (1994)의 실험자료로 뒷받침될 수 있다. 다만, 약충 발육단계는 감귤나무에서 정상적인 발육을 할 수 있어 전형적인 2차 기주식물의 특성을 보인다. 이것은 감귤에서 피해는 볼록총채벌레의 약충 개체군과 밀접히 관계되어 있다는 보고와 일치한다(Nietschke et al., 2008). 약충은 비산능력이 없기 때문에 볼록총채벌레 성충 개체군이 1차 기주식물에서 비산하여 유입되어야 만 감귤에서 피해를 이해할 수 있다.

본 연구의 공천포와 의귀리 결과는 발생피크의 크기나 시기로 보았을 때 1차 기주식물인 키위과원에서 2차 기주식물인 감귤원으로 볼록총채벌레가 유입될 수 있다는 것을 보여주었다. 또한 피해도 분포도 인접한 1차 기주식물 과원으로부터 거리에 따라 일정한 양상이 나타났다. 이러한 결과를 종합해 볼 때 감귤원 주변의 볼록총채벌레 1차 기주식물 과원은 감귤피해를 유발하는데 중요한 요인이 되는 것으로 판단되면, 일본 감귤에서도 같은 결과가 보고된 바 있다(Masui, 2007). 다만, 신례리의 경우는 감귤원에서 볼록총채벌레의 발생양상(끈적이 트랩 유살량)으로 볼 때 인접한 키위과원에서 유래했다고 판단하기 어려웠다. 제주지역에서 감귤원 주변에 볼록총채벌레의 1차 기주식물이 다양하게 분포하고 있기 때문에(Song et al., 2013), 만일 야생 기주식물이 감귤원 주변에 우세하게 분포한다면 이와 같은 발생양상도 일어날 수 있다고 생각된다. 즉, 키위, 망고, 녹차와 같은 1차 기주식물 과원이 주변에 없는 경우도 볼록총채벌레 피해가 감귤에 나타나는 경우가 종종 관찰되는데(Personal observation), 야생의 1차 기주식물이 요인이 되는 것으로 볼 수 있다. 뿐만 아니라 초생재배가 볼록총채벌레의 발생에 영향을 미칠 수 있는데 들묵새 초생재배의 경우 자연초생보다 1.5배 정도 높은 것으로 보고되었다(Choi et al., 2007).

황색 끈끈이트랩에 유살된 볼록총채벌레 발생피크 중에서 3월 달 피크는 월동성충의 활동시기와 일치하고(Kang et al., 2015), 6월 하순에서 7월 상순의 큰 피크는 3세대 성충발생기에 해당된다(Hwang et al., 2013). 특히, 3세대 발생기는 키위의 새순발생이 왕성하는 시기로 볼록총채벌레 개체군이 크게 증가할 수 있고, 이 때 키위 여름순 전정실시에 따라 성충의 비산을 유발시킬 수 있다. 또한, 같은 시기 감귤 새순(봄순)이 굳어져 있는 상태로 있기 때문에 비산 개체군이 어린 과실을 집중적으로 가해하여 조기 피해를 유발할 수 있다.

감귤원에서 볼록총채벌레 피해는 주로 착색전 9월 중순부터 급격히 증가하는데(Hyun et al., 2012), 8월 하순에서 9월 상순

비산한 성충이 산란한 알에서 부화한 약충 개체군의 가해가 큰 영향을 미치는 것으로 보이며, 이 때의 키위 여름순 전정 시기와 밀접히 관련되어 있는 것으로 보인다.

감귤원에서 볼록총채벌레 피해가 키위 등과 같이 재배법이 일정한 1차 기주작물과 관련된 경우는 1차 기주의 새순생장과 전정 등 재배주기에 맞추어 방제계획을 수립할 수 있다. 하지만, 야생잡초가 주요한 원인이 되는 경우는 방제주기를 결정하기 쉽지 않다. 우선, 재배적으로 감귤주변의 야생 기주식물을 모니터링하고 제거하는 방법을 적용할 수 있을 것이다. 더 나아가서는 비산 성충 개체군의 후속세대가 피해를 주기 때문에 황색 끈끈이트랩 유살량을 바탕으로 방제여부를 판단할 수 있는 기술이 개발되어야 볼록총채벌레의 방제체계를 근본적으로 개선시킬 수 있을 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구과제 '감귤 주요 병해충 발생 예측 모형 개발' (과제번호: PJ01128301)의 지원에 의해 수행되었습니다.

Literature Cited

Choi, K.S., Kim, D.H., Kwon, H.M., Yiem, Hyun, S.O., 2007. Occurrence pattern of citrus pests according to different weed species in citrus orchards. Research Report of National Institute of Horticultural & Herbal science, No. REM0095006, pp. 24-49. (The title was translated to English by authors).

Hwang, R.Y., Hyun, J.W., Kim, D.-S., 2013. Models of forecasting the generation peak time of *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) adults based on degree-days on Jeju Island, Korea. Korean J. Appl. Entomol. 52, 415-425.

Hyun, J.W., Ko, S.W., Kim, D.H., Han, S.G., Kim, K.S., Kwon, H.M., Lim, H.C., 2005. Effective usage of copper fungicides for environment-friendly control of citrus diseases. Res. Plant. Dis. 11.2, 115-121.

Hyun, J.W., Hwang, R.Y., Lee, K.S., Song, J.H., Lee, P.H., Kwon, H.M., Hyun, D.H., Kim, K.S., 2012. Seasonal occurrence of yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) in citrus orchards and its damage symptoms on citrus fruits. Korean J. Appl. Entomol. 51, 1-7.

Hyun, J.W., 2008. Survey for citrus pests, pp. 551-565. In: Annual Research Report for 2008, Jeju citrus Research Station, RDA, Jeju, Korea (in Korean).

Kang, S.H., Lee, J.-H. Kim, D.-S., 2015. Temperature-dependent fecundity of overwintered *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) and its oviposition model with field validation. Pest Manag. Sci. 71, 1441-1451.

Kim, D.-S, Choi, K.S., Jang, Y.S., Song, J.H., 2009. The effects of elevated temperatures on the population phenology and abundance of citrus pests in Jeju, Korea. International Symposium on Climate Change and Insect Pest, Ramada Plaza Jeju Hotel, Jeju, Republic of Korea. 28-30 October, 2009.

Masui, S., 2007. Synchronism of immigration of adult yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) to citrus orchards with reference to their occurrence on surrounding host plants. Appl. Entomol. Zool. 42, 517–23.

Masui, S., 2008. Estimation of the immigration time of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) adults in citrus orchards as a function of the total effective temperature. Appl. Entomol. Zool. 43, 511–517.

Nietschke, B.S., Borchert, D.M., Magarey, R.D., Ciomperlik, M. A., 2008. Climatological potential for *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) establishment in the United States. Flo. Entomol. 91, 79-86.

Ohkubo, N., 2001. Host preference and infestation process on citrus of yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood. Bull. Nagasaki Fruit Tree Exp. Stn. 8, 1–3 (in Japanese with English summary).

Seal, D.R., Ciomperlik, M.A., Richards, M. L., Klassen, W., 2006. Distribution of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae), in pepper fields and pepper plants on St. Vincent. Flo. Entomol. 89. 3, 311-320.

Smith, D., Pena, J.E., 2002. Tropical citrus pests. pp. 57-101. In: Tropical fruit pests and pollinators, Biology, economic importance, natural enemies and control, eds. by J.E. Pena, J.L. Sharp and M. Wysoki. 430 pp. CAB International, UK.

Song, J. H., Kim, C. S., Yang, Y. T., Hong, S. Y., Lee, S. C., 2013. Annual occurrence pattern of *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on citrus trees and surrounding host plants. Korean J. Appl. Entomol. 52, 185-191.

Tatara, A., 1994. Effect of temperature and host plant on the development, fertility and longevity of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). Appl. Entomol. Zool. 29, 31-37.

Venette, R.C., Davis, E.E., 2004. Chilli thrips/yellow thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) Mini Pest Risk Assessment. Univ. of Minnesota, St. Paul, MN. 31 pp.