

〈Original article〉

시설오이에서 총채벌레류 발생소장 및 5 지역계통 꽃노랑총채벌레의 약제반응

정인홍 · 박부용 · 박세근 · 이상범 · 전성욱*

농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과

Occurrence of Thrips in Greenhouse Cucumber and Insecticidal Activity of Five Local Western Flower Thrips Populations

In-Hong Jeong, Bueyong Park, Se-Keun Park, Sang-Bum Lee and Sung-Wook Jeon*

Division of Crop Protection, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

Abstract - The purpose of this study was to investigate the density of thrips, and insecticidal resistance for effective control of Western flower thrips in greenhouse. The presence and density of the thrips was investigated using yellow colored-sticky trap in a cucumber field from May to August in Cheon-an. The results of the investigation revealed the existence of the following thrips species; *Frankliniella occidentalis*, *F. intonsa*, *Thrips palmi*, *T. tabaci*, *Scirtothrips dorsalis*, *Microcephalothrips abdominalis*, and *T. nigropilosus*. The predominant pest was found to be the western flower thrips. To survey the western flower thrips insecticidal resistance, we established the discriminating concentration (DC), recommended concentration (RC) and 2×recommended concentration (2×RC) of nine insecticides; Emamectin benzoate EC, spinetoram SC, Chlorfenapyr EC, Spinosad SC, Cyantraniliprole EC, Acetamiprid WP, Dinotefuran WG, thiacloprid SC and thiamethoxam SC. The bioassay of about five local populations was conducted using the leaf-dipping method. In all local populations, insecticidal resistance in western flower thrips had not developed in emamectin benzoate EC (RC, 10.8 μL L⁻¹), chlorfenapyr EC (RC, 50.0 μL L⁻¹), spinetoram SC (RC, 25.0 mg L⁻¹), and spinosad SC (RC, 50.0 mg L⁻¹). However, insecticidal resistance in RC was found to have developed in cyantraniliprole EC (RC, 50.0 μL L⁻¹) and four insecticides of neonicotinoid type. Insecticidal activity of 95% or more was observed in each population when cyantraniliprole EC tested in 2×RC. However, the neonicotinoid types showed different insecticidal activity in 2×RC.

Keywords : *Frankliniella occidentalis*, greenhouse, cucumber, occurrence, insecticidal resistance

서 론

총채벌레는 대표적인 미소해충으로 전 세계적으로 약 5,000

여종 이상이 알려져 있으며, 이들 중 약 87종이 작물에 피해를 주고 있다(Pelikan 1998; Demirozer *et al.* 2012). 꽃노랑 총채벌레는 미국이 원산지로서 유럽을 거쳐 전 세계 모든 지역에 전파되었다(You *et al.* 2002). 유럽에서는 독일에서 최초 발견되었고(Ananthakrishnan 1993), 중국에서는 2000년(Li *et al.* 2016), 우리나라는 1993년에 제주도 감귤 농가에서 최

* Corresponding author: Sung-Wook Jeon, Tel. 063-238-3312, Fax. 063-238-3838, E-mail. sw3109@gmail.com

초 발견되었으며(Woo *et al.* 1994), 이후 국내 시설재배 작물에도 전파되어 큰 피해를 주고 있다(Cho *et al.* 1998; Lee *et al.* 2001). 꽃노랑총채벌레는 고추, 가지, 토마토, 오이 등의 채소과작물과 백합, 카네이션, 장미 등 화훼작물 및 감귤, 사과, 복숭아를 비롯한 거의 모든 원예작물에 존재하여 꽃과 과실을 가해하므로 상품성을 떨어뜨리고(Rosenheim *et al.* 1990) 섭취 과정에서 TSWV 등의 식물바이러스를 매개하는 2차적 피해를 끼치는 것으로 알려져 있다(Boonham *et al.* 2002; Demirozer *et al.* 2012). 우리나라에서는 1960년대 이후 비닐 하우스 보급으로 다양한 작물 재배와 연작 재배가 가능하여 총채벌레류의 피해가 증가하고 있는 실정이다(Woo 1972). 최근 시설 오이재배지에서 오이총채벌레(*Thrips palmi*)와 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)의 방제에 어려움을 겪고 있다. 총채벌레류는 자연 증식이 빠르고, 살충제에 대한 저항성이 빠르게 발달하는 것으로 알려져 있어(Morishita 1993; Choi *et al.* 2005), 밀도는 더욱 증가되고 있다(Helyer and brobyn 1992; Immaraju *et al.* 1992; Ananthakrishnan 1993). 우리나라 일부 시설재배 농가에서 총채벌레류 방제를 위해 천적을 활용하고 있으나, 대부분의 농가는 화학적 방제에 의존하고 있는 실정이다(Denoyes and Bordat 1986). 특히 네오니코티노이드계통 살충제의 지속적 사용으로 인해 약제 저항성 발달과 교차저항성 형성에 따른 방제 효율 저하로 이어지고 있다(Choi *et al.* 2005; Lee *et al.* 2017). 살충제에 대한 해충의 저항성 발달은 작물 생산성 감소는 물론 방제를 위한 비용 및 노동력 증가로 이어져 결국 작물 생산 비용의 증가로 이어진다(Jeon *et al.* 2017). 따라서 효율적인 해충 방제를 위해서는 약제 저항성 발달 검정 및 신속한 약제 살포 기술이 매우 중요하다. 해충의 약제 저항성 검정은 생물검정법(bioassay)을 통해 평가된다. 생물검정 방법으로는 단일 판별약량 접근법(single discriminating dose approach), 약량-반응 접근법(dose-response approach), 2약량 접근법(two dose approach), 그리고 생화학적 마커를 활용하는 접근법(biochemical approach) 등이 있다(Stanley 2014). 우리나라에서는 약량-반응 접근법을 이용하여 해충의 약제 효율을 검정하여왔다. 살충제에 대한 평가는 연구자마다 다양한 생물검정법을 사용하고 있으며, 특히 약효에 대한 판독시간에 따라 약효의 상이한 차이를 보이고 있다. 따라서 살충제에 대한 약효

판독시간은 약제의 특성에 따라 시간을 달리해야 한다(Jeon *et al.* 2017). 최근 들어 Jeon *et al.* (2017)이 오이총채벌레에서 단일 농도를 이용한 단일 판별약량 접근법을 이용하여 약제 효율 및 약제 특성에 따른 판독시간을 제시하였다. 이를 토대로 본 연구에서는 꽃노랑총채벌레의 약제 저항성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 총채벌레 밀도 조사

총채벌레의 발생 밀도 조사는 국내 오이 주산지인 충청남도 천안시 병천면 오이 시설하우스에서 2018년 4월 01일부터 8월 14일까지 약 3개월간 실시하였다. 조사 방법은 500m² (10 m × 50 m)의 하우스 2동에 각각 황색끈끈이트랩(그린아그로텍, 10 cm × 15 cm)을 높이 1.2 m, 거리 4 m 간격으로 각 동마다 10장을 설치 한 후, 10일 간격으로 수거하고 실체현미경(Olympus SZX12, Japan)을 이용하여 종 동정 및 발생 밀도를 조사하였다.

2. 시험 곤충 채집 및 사육

약제반응 시험에 사용한 꽃노랑총채벌레의 채집지역은 Table 1과 같다. 채집은 2017~2018년 국내 대표적 시설오이 주산지인 평택, 안성, 상주, 창녕, 장성 등 5지역이며, 시험곤충은 채집 즉시 성충만을 선발하여 아크릴케이지(25 × 25 × 30 cm³)에 넣어 1~2세대 증식하며 안정화 시킨 후 시험에 사용하였다. 실내 사육 조건은 25 ± 2°C, 60 ± 5% RH, 16L: 8D이며, 꽃노랑총채벌레의 사육 먹이로는 강낭콩 잎을 공급하였다. 강낭콩 잎은 25~35°C의 유리온실에서 플라스틱 원형 포트(Φ8 × 7.5 cm²)안에 원예용상토(바로커, 서울바이오)를 채우고, 콩을 2~3립 파종하여 본 잎이 3~4장이 되면 사육케이지에 넣어 기주로 공급하였다.

3. 시험약제 및 생물검정

시험에 사용한 살충제는 항생제계통 1종, 디아미드계 1

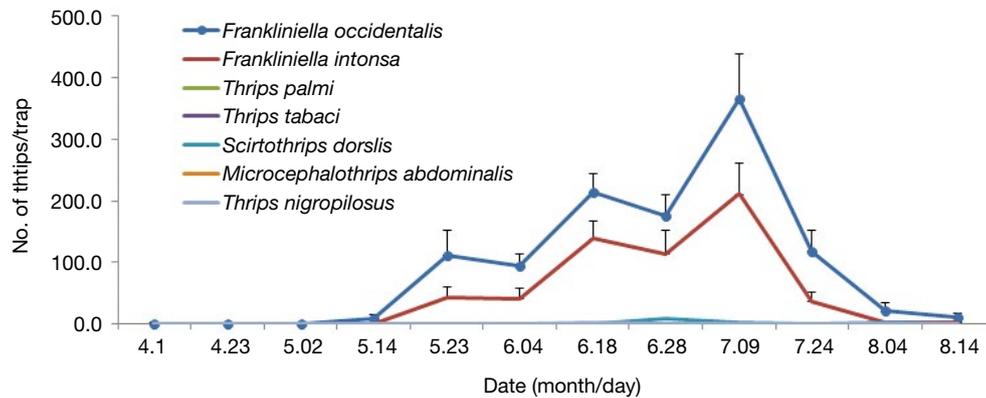
Table 1. Collection sites of *Frankliniella occidentalis*

Collection site	Collection date	Coordinates
Anseong	Jun. 09. 2017	37°02'23.1" N 127°12'24.0"E
Pyeongtaek	Aug. 03. 2018	36°14'36.7" N 127°09'53.4"E
Jangseong	Apr. 03. 2018	35°14'50.4" N 126°48'08.2"E
Sangju	Jul. 27. 2017	36°23'10.9" N 128°10'10.0"E
Changnyeong	Jul. 28. 2017	35°24'45.4" N 128°28'47.0"E

Table 2. Insecticides and their recommended concentration

Chemical groups	Insecticides	Supplier	Recommended concentration
Antibiotics	Emamectin benzoate EC ^a	Syngenta Korea Ltd.	10.8 $\mu\text{L L}^{-1}$
Diamides	Cyantraniliprole EC	Kyung Nong Co., Ltd.	50.0 $\mu\text{L L}^{-1}$
Neonicotinoids	Acetamiprid WP ^d	Kyung Nong Co., Ltd.	40.0 mg L^{-1}
	Dinotefuran WG ^c	NongHyup Chemical Co., Ltd.	20.0 mg L^{-1}
Pyrroles	Thiacloprid SC ^b	Bayer CropScience Co., Ltd.	50.0 mg L^{-1}
	Thiamethoxam SC	Syngenta Korea Ltd.	50.0 mg L^{-1}
	Chlorfenapyr EC	Hankook Samgong Co., Ltd.	50.0 $\mu\text{L L}^{-1}$
Spinosyns	Spinetoram SC	Dongbang Agro Corp.	25.0 mg L^{-1}
	Spinosad SC	Farm Hannong Co., Ltd.	50.0 mg L^{-1}

^aEC; Emulsifiable concentrate, ^bSC; Suspension concentrate, ^cWG; Water dispersible granule, ^dWP; Wettable powder

**Fig. 1.** Captured density of thrips species using yellow-colored sticky traps in cucumbers.

중, 파이롤계 1종, 스피노신계 2종 그리고 네오니코티노이드계 4종으로, 총 9종의 약제를 사용하였으며 (Table 2), 시험 약제 농도 조절은 증류수를 이용하였다.

생물검정방법은 엽침지법 (leaf dipping method)을 이용하였다 (Lee *et al.* 2017). 먼저, 직경 3.5 cm의 강낭콩 잎 디스크 절편을 만든 후 실험농도에 맞게 증류수로 희석한 살충제에 강낭콩 절편을 넣고 30초간 침지한 후, 후드 안에서 30분간 음건하였다 (Jeon *et al.* 2017). 침지한 강낭콩 잎이 음건되는 동안 가열 교반기를 이용하여 0.8%의 agar 배지를 만들고, 뚜껑이 망사 처리된 페트리디쉬 ($\Phi 5 \times 1.5 \text{ cm}^2$, SPL #310050)에 Micro pipette를 이용하여 약 4 mL 씩 분주하였다. Agar가 굳은 후, 음건한 강낭콩 절편은 뒷면이 위로 향하게 올려놓은 후, 페트리디쉬 당 성충을 20~23마리씩 접종하고 항온기 ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\% \text{ RH}$, 16L:8D)에서 살충효율을 검정하였다. 검정 시간은 Jeon *et al.* (2017)의 방법을 따라 약제 특성별로 24, 48, 72, 96시간에 맞추어 사충수를 조사하였고, 모든 실험은 3반복으로 실시하였다. 성충의 사망 유무는 실험현미경 (Olympus SZX12, Japan)을 이용하여 시험 곤충을 곤충편으로 건드려 움직임이 없는 개체는 죽은 것으로 판단하였다. 살

충활성은 무처리 자연사망률을 제한 보정사충률 (%)을 사용하였다.

4. 판별농도와 배량농도 설정

꽃노랑총채벌레 5지역 계통에 대한 10종 약제의 살충활성 검정은 추천농도 (Recommended concentration; RC), 판별농도 (Discriminating concentration; DC) 및 배량농도 ($2 \times \text{RC}$)에서 실시하였다. 먼저 추천농도에서 엽침지법을 이용하여 꽃노랑총채벌레의 지역계통 별 살충활성을 검정하고 살충활성이 90% 이상이면 약량을 낮추어 판별농도에서 검정하고, 추천농도에서 90% 미만의 살충활성을 보인 약제는 약량을 두 배로 늘려 배량농도에서 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 꽃노랑총채벌레의 발생 밀도

천안시 병천면 오이 시설재배지에서 황색끈끈이 트랩을

이용한 총채벌레의 밀도 조사는 Fig. 1과 같다. 시설 오이재배지에서 발생하고 있는 총채벌레류는 꽃노랑총채벌레 (*Frankliniella occidentalis*), 대만총채벌레 (*F. intonsa*), 오이총채벌레 (*Thrips palmi*), 파총채벌레 (*T. tabaci*), 볼록총채벌레 (*Scirtothrips dorsalis*), 좀머리총채벌레 (*Microcephalothrips abdominalis*), 미나리총채벌레 (*T. nigropilosus*) 등 총 7종이 발생하고 있었다. 가장 많은 발생을 보인 종은 꽃노랑총채벌레였고, 그 다음으로는 대만총채벌레로 나타났다. 조사 기간 동안 오이총채벌레, 파총채벌레, 볼록총채벌레, 미나리총채벌레는 간헐적으로 극히 미미한 발생량만을 보였다 (Fig. 1). Lee *et al.* (2017)의 경기지역 장미, 체리, 오이, 가지작물의 총채벌레류 조사에서도 꽃노랑총채벌레와 대만총채벌레는 거의 모든 지역에서 발생하였고 우점종으로는 꽃노랑총채벌레였다. 오이총채벌레는 화성지역 장미에서만 발생하고 있었으며, 다른 종에 대하여는 발생이 보고되지 않았다. Cho *et al.* (2000)는 장미 시설재배에서 꽃노랑총채벌레가 7월 초순에 가장 높은 발생밀도를 보인다고 하였다. 본 조사에서 꽃노랑총채벌레는 5월 중순부터 밀도가 증가하여 총 조사 기간 동안 3회의 밀도 변화를 보였고, 7월 초순에 발생 최성기를 보였다. 대만총채벌레도 꽃노랑총채벌레와 비슷한 발생 패턴을 보였으나 꽃노랑총채벌레에 비해 발생량은 적었다 (Fig. 1). 대만총채벌레의 경우 국내에서 무화과를 가해하여 과실의 상품가치를 떨어뜨린다는 보고가 있으나 (Kim *et al.* 2014), 오이에서의 피해는 아직까지 보고되지 않았다.

꽃노랑총채벌레에 의한 피해는 작물을 직접 가해하는 1차적 피해와 INSV (impatiens necrosis spot virus), CSNV (chrysanthemum stem necrosis virus), TSWV (tomato spotted wilt virus) 등의 바이러스를 매개하는 2차적 피해로 나뉜다 (Boonham *et al.* 2002; Demirozer *et al.* 2012). 특히 작물 생산에 있어 TSWV는 심각한 피해를 준다 (Demirozer *et al.* 2012). 약제를 이용한 방제는 발생 초기 낮은 밀도에서 약제 살포가 이루어져야 효과적인 방제가 가능하므로 (Park *et al.* 2007), 본 조사의 결과를 볼 때 꽃노랑총채벌레의 방제의 적정 시기는 최초 밀도가 증가하는 5월 14일 이전인 5월 초순과 6월 초순 그리고 6월 하순에 걸쳐 3회 이상의 약제 살포가 이루어져야 효과적인 방제가 가능할 것으로 판단된다.

2. 판별농도와 배양농도에서의 살충 활성

단일농도 기반의 살충제의 약효 판단은 계통별, 연도별 약제저항성 수준 판단에 있어서 매우 유용한 검증법이다 (Stanley 2014). 우리는 2017년 오이총채벌레에 대한 단일 약량 농도를 기반으로 판별농도 및 약제반응 판별시간을 제시하였고 (Jeon *et al.* 2017), 본 연구에서는 단일 농도를 기반으로

꽃노랑총채벌레에 대한 판별농도와 배양농도에서의 살충 활성을 검증하여 효율적인 방제약제를 선별하고자 하였다. 지역계통별 꽃노랑총채벌레의 판별농도와 배양농도는 Fig. 2와 같다. Emamectin benzoate EC는 추천농도에서 90% 이상의 살충활성을 보였다. 지역계통 간 살충활성의 차이를 보기 위해 추천농도 보다 낮은 약량의 판별농도에서 검정을 실시한 결과 창녕계통이 98.3%으로 살충활성이 가장 높았고, 그 다음으로 상주 (63.3%), 가장 낮은 지역은 장성계통 (5.1%)으로 나타났다. 판별농도의 경우 추천농도의 약 1/800의 농도 ($0.013 \mu\text{L L}^{-1}$)지만 약제에 대한 지역 간 차이가 발생하고 있는 것을 알 수 있었다. Choi *et al.* (2005)와 Yu *et al.* (2002)의 보고에서 emamectin benzoate의 추천농도에서 꽃노랑총채벌레는 높은 살충활성을 보였으며, Chung *et al.* (2000)도 총채벌레에 방제효과가 좋아 지속적인 사용이 가능함을 시사하였다. Chlorfenapyr EC는 추천농도에서 모든 지역계통이 100.0%의 살충활성을 보였고, 판별농도에서는 창녕계통에서 72.3%로 가장 높았으며, 그 다음으로 상주 (50.6%), 안성 (42.9%), 장성 (36.7%)과 평택 (33.3%)계통 순으로 나타났다. Choi *et al.* (2005)는 수원지역 콩 작물과 과천지역 장미 재배지에서 채집한 꽃노랑총채벌레가 chlorfenapyr에 저항성이 발달하지 않았음을 보고하였다. 본 연구에서도 추천농도에서 모든 지역계통이 95% 이상의 살충활성을 보여 약제에 대한 저항성 문제는 없는 것으로 판단된다. Yu *et al.* (2002)는 본 시험 결과와 달리 진천지역 장미 재배지에서 채집한 꽃노랑총채벌레는 추천농도에서 85.4%의 살충활성을 보였고, Lee *et al.* (2017)도 국화에서 채집한 꽃노랑총채벌레의 살충활성이 90% 이하로 다소 떨어짐을 보고하였다. 이와 같이 화훼작물의 경우엔 지역 간, 작물 간 다양한 결과를 보는데 이는 화훼작물 재배 특성상 대부분 폐쇄된 공간에서 년 중 약제 살포횟수 및 초과 약량 살포로 인하여 대상 해충의 저항성 발달이 농가마다 다르고 일반 재배작물들에 비해 저항성도 빠르게 발달할 것으로 생각된다. Spinetoram SC은 추천농도에서 안성 (100.0%), 창녕 (100.0%), 상주 (98.3%), 평택 (93.3%)계통에서 90%이상의 살충활성을 보였으나, 장성지역계통에서는 86.7%로 다소 낮은 살충활성을 보였다. 판별농도에서는 평택 (95.0%), 안성 (95.0%) 상주 (95.0%), 창녕 (95.0%)계통에서 90% 이상의 살충활성을 보였고, 장성지역계통에서만 15.8%의 값을 보였다. Spinosad SC는 추천농도에서 평택 (91.0%), 안성 (100.0%), 상주 (100.0%), 창녕 (100.0%)계통에서 90% 이상의 살충활성을 보였으나, 장성지역계통에서는 spinetoram의 결과와 유사한 83.2%의 값을 보였다. 판별농도에서는 안성지역계통에서 85.5%로 가장 높은 값을 보였고, 그 다음으로 창녕, 상주, 평택, 장성 순으로 나타났다. Choi *et al.* (2005)는 꽃노랑총채벌레 약제 감수성 실험에서

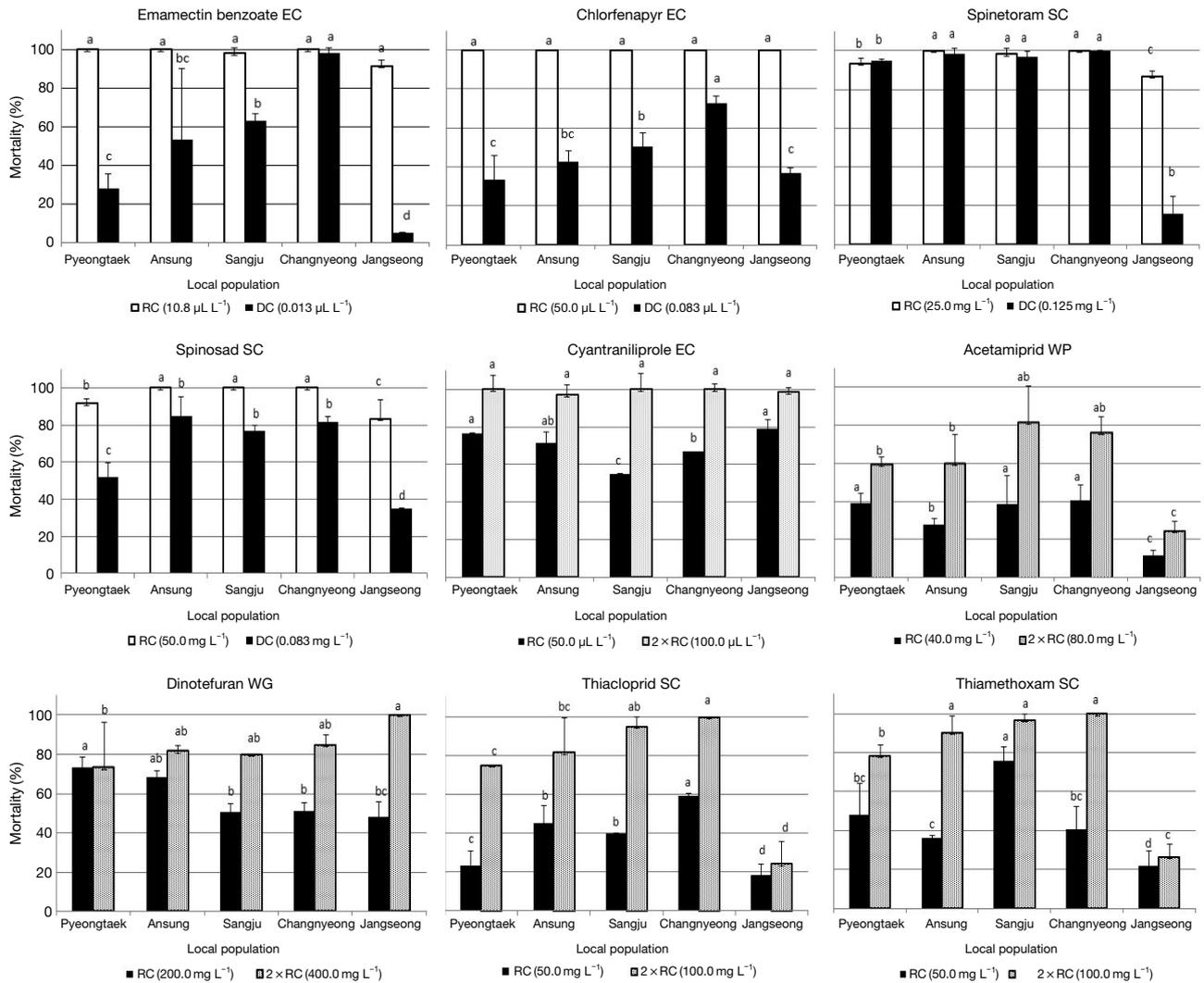


Fig. 2. Mortalities (mean ± S.E., %) in five local *Frankliniella occidentalis* populations exposed to discriminating concentration (DC), recommended concentration (RC), and 2 × RC. The same letter on each bar in each treatment mean no significant difference at $p = 0.05$ (Tukey's HSD test).

spinosad가 장성을 비롯한 6개 지역계통에서 살충효율이 매우 높았음을 보고하였다.

Cyantraniliprole EC는 추천농도에서 살충활성은 장성 (79.0%), 평택 (76.7%), 안성 (71.7%), 창녕 (66.7%), 상주 (55.0%)계통 순으로 나타나 모든 지역계통의 살충활성이 80% 미만의 값을 보였고, 지역계통 간 통계적으로도 유의한 차이를 보였다. 따라서 꽃노랑총채벌레는 cyantraniliprole에 대하여 저항성이 발달하고 있는 것으로 판단되며, 배량농도에서는 모든 지역계통은 95% 이상의 살충활성을 보였다. Lee *et al.* (2017)는 콩 작물과 국화에서 cyantraniliprole의 방제효율이 각각 40%, 60% 미만이라 보고하였다. 따라서 cyantraniliprole은 실제 포장에서 꽃노랑총채벌레 방제에 사

용하고자 할 때는 보다 신중한 선택이 필요할 것으로 생각된다. Neonicotinoid계의 acetamiprid WP는 추천농도에서 지역계통별 살충활성이 40% 이하였고, 배량농도에서도 살충활성이 가장 높은 지역은 상주계통으로 81.7%이었다. Dinotefuran WG는 추천농도에서 지역별 살충활성이 80% 미만이었 고 가장 높은 지역계통은 평택 (73.5%)으로 나타났다. 배량농도에서는 장성계통이 100%의 살충활성을 보인 반면 나머지 지역계통에서는 85% 이하의 값을 보였다. Thiacloprid SC는 추천농도에서 지역별 살충활성이 59.3% 미만이었 고, 배량농도에서는 상주 (95.0%)와 창녕계통 (100.0%)에서만 90% 이상의 살충효율을 보였고, 평택, 안성, 장성계통에서는 각각 75.0%, 81.7%, 24.2%로 나타났다. 특히 장성계통은 추천농

도와 배량농도 모두에서 살충활성이 낮아 저항성발달이 높은 것으로 판단된다. Thiamethoxam SC의 추천농도 살충활성은 상주계통에서 75.6%로 가장 높은 값을 보였으나, 배량농도에서는 안성(90.2%), 상주(96.7%), 창녕(100.0%)계통에서만 살충활성이 높았고, 평택, 장성계통에서는 각각 78.3%, 26.5%의 값을 보였다. 이상 결과를 볼 때 neonicotinoid계 4종 약제는 추천농도에서 모든 지역계통의 살충활성이 80% 미만으로 neonicotinoid계통의 약제에 대하여 높은 저항성을 갖고 있으며, 약제들 간 교차저항성도 높을 것으로 판단된다. neonicotinoid계통에 대하여 Choi *et al.* (2005)는 2003년 조사에서 꽃노랑총채벌레가 neonicotinoid계통인 thiamethoxam과 acetamiprid에 대하여 장성계통을 비롯한 6지역에서 저항성이 발달하고 있음을 언급하였고, Lee *et al.* (2017)도 neonicotinoid계통 약제는 재배지역과 재배작물에 관계없이 높은 저항성을 나타냈다고 하였다. Jeon *et al.* (2017)은 neonicotinoid계통 약제에 대하여 국내 7지역 오이총채벌레가 높은 저항성이 발달함을 보고하였고, 약제들 간 교차저항성 및 저항성 관리의 필요성을 언급하였다.

살충제는 대상 해충에 대하여 최적 약량이 설정되어 있고, 그 약량을 토대로 생물검정(bioassay)을 통해 포장에서의 방제효과에 대한 예측이 가능하다(Jeon *et al.* 2017). 따라서 생물검정을 통한 약제 평가는 매우 중요하며, 지역계통별 해충에 대한 약제 차이를 분석하고 방제 약제를 선발하는 하나의 수단이 될 수 있다(Roush and Miller 1986). 꽃노랑총채벌레의 방제를 위해 10종 약제에 대한 살충활성에서 antibiotics 계열의 emamectin benzoate와 pyrroles계열의 chlorfenapyr, 그리고 spinosyns계열의 spinetoram, spinosad는 추천농도에서 살충활성이 높아 일부지역을 제외하고 대부분의 지역에서 꽃노랑총채벌레의 방제에 적극 추천할 수 있을 것이며, diamides계통의 cyantraniliprole과 neonicotinoids계통의 dinotefuran, imidacloprid, thiacloprid, thiamethoxam은 추천농도에서의 살충활성이 낮아 약제에 대한 저항성 발달 가능성으로 꽃노랑총채벌레 방제의 사용 주의가 필요할 것으로 생각된다. Neonicotinoid계통의 살충제는 전 세계적으로 다양한 해충에서 약제 저항성 문제가 보고되었고(Wang *et al.* 2008; Bass *et al.* 2015; Huseeth *et al.* 2016), 국내에서도 꽃노랑총채벌레, 담배가루이 등에서 저항성에 관해 언급되고 있다(Lee *et al.* 2012; Lee *et al.* 2017).

살충제의 방제효율을 측정하기 위한 생물검정에는 다양한 방법들이 쓰이고 있으나(Paramassivam and Selvi 2017), 본 실험에서 사용한 단일 약량 농도법은 해충의 저항성 발달을 알아보기 위한 방법 중의 하나로 발생 해충에 대한 약제 및 지역계통 간 살충활성 차이를 비교해 볼 수 있고(Roush and Miller 1986; Jeon *et al.* 2017), 판별 농도 및 배량농도에서도

비교가 가능하므로 기존 약량-반응 접근법보다 실험조작이 단순하고 더 빠르게 결과를 도출할 수 있다. 또한 매년 지속적인 자료 축적 및 모니터링이 가능하여 대상해충에 대한 저항성 발달 정도를 파악하기에도 용이하다(Jeon *et al.* 2017). 따라서 단일 약량 농도를 기반으로 한 살충활성 검정을 활용한다면 대상 해충에 대한 신속한 약제 선발 및 방제에 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

적 요

국내 시설 오이재배지에서 총채벌레류 방제를 위해 황색 끈끈이트랩을 이용한 밀도 조사 및 생물검정을 통해 효율적 약제를 선발하였다. 총채벌레류 밀도 조사는 천안시 병천면 오이 시설재배지에서 2018년 4월 01일부터 8월 14일까지 약 3개월간 실시하였고, 그 결과 오이에 발생하는 총채벌레류는 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*), 대만총채벌레(*F. intonsa*), 오이총채벌레(*Thrips palmi*), 파총채벌레(*T. tabaci*), 볼록총채벌레(*Scirtothrips dorsalis*), 좀머리총채벌레(*Microcephalothrips abdominalis*), 미나리총채벌레(*T. nigropilosus*) 등 총 7종이었고, 가장 많은 발생량을 보인 종은 꽃노랑총채벌레로 나타났다. 꽃노랑총채벌레의 약제저항성 발달을 알아보기 위해 10종 약제에 대하여 판별농도(discriminating concentration; DC), 추천농도(recommended concentration; RC), 배량농도($2 \times$ recommended concentration; $2 \times$ RC)를 설정하고 엽침지법을 이용하여 지역계통별 생물검정을 실시하였다. 생물검정 결과 emamectin benzoate EC (RC, $10.8 \mu\text{L L}^{-1}$), chlorfenapyr EC (RC, $50.0 \mu\text{L L}^{-1}$), spinetoram SC (RC, 25.0 mg L^{-1}), spinosad SC (RC, 50.0 mg L^{-1})는 추천농도에서 90% 이상의 살충활성을 보였으나, cyantraniliprole EC (RC, $50.0 \mu\text{L L}^{-1}$)과 neonicotinoid계통 4종 약제는 추천농도에서 모든 지역계통의 살충활성이 80% 미만이었으며, cyantraniliprole EC는 배량농도에서 95% 이상의 살충활성을 보인 반면 neonicotinoid계통은 배량농도에서 다양한 살충활성을 보였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 아젠다 과제(과제번호: PJ01181201)의 지원에 의한 연구 결과의 일부입니다.

REFERENCES

- Ananthkrishnan TN. 1993. Bionomics of thrips. *Ann. Rev. Entomol.* 38:71-92.

- Bass C, I Denholm, MS Williamson and R Nauen. 2015. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pest. Biochem. Physiol.* 121:78–87.
- Boonham N, P Smith, K Walsh, K Tame, J Morris, N Spence, J Bennison and I Barker. 2002. The detection of tomato spotted wilt virus (TSWV) in individual thrips using realtime fluorescent RT-PCR (TaMan). *J. Virol. Methods* 101:37–48.
- Cho JR, YJ Kim, YJ Ahn, JG You and JW Lee. 1998. Monitoring of acaricide resistance of two-spotted mite, *Teranychus urticae* Koch in wild type. *Korean J. Appl. Entomol.* 34:40–45.
- Cho MR, HY Jeon and SY Na. 2000. Occurrence of *Frankliniella occidentalis* and *Tetranychus urticae* in rose greenhouse and effectiveness of different control methods. *J. Bio-Environ. Control* 9:179–184.
- Choi BY, SW Lee, HM Park, JK Yoo, SG Kim and CH Baik. 2005. Monitoring on insecticide resistance of major insect pests in plastic house. *Korean J. Pestic. Sci.* 4:380–390.
- Chung BK, SW Kang and JH Kwon. 2000. Chemical control system of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in greenhouse eggplant. *J. Asia Pac. Entomol.* 3:1–9.
- Demirozer O, K Tyler-Julian, J Funderburk, N Leppla and S Reitz. 2012. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. *Pest Manag. Sci.* 68:1537–1545.
- Denoyes B and D Bordat. 1986. A new pest of vegetable crops in Martinique: *Thrips palmi* (Karny). *Agro. Trop.* 41:167–169.
- Helyer NL and PJ Brobyn. 1992. Chemical control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* Pergande). *Ann. Appl. Biol.* 121:219–231.
- Huseth AS, TM Chappell, K Langdon, SC Morsello, S Martin, JK Greene, A Herbert, AL Jacobson, FP Reay-Jones, T Reed, DD Reising, PM Roberts, R Smith and GG Kennedy. 2016. *Frankliniella fusca* resistance to neonicotinoid insecticides: an emerging challenge for cotton pest management in the eastern United States. *Pest Manag. Sci.* 72:1934–1945.
- Immaraju JA, TD Paine, JA Bethke, KL Robb and JP Newman. 1992. Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in coastal California greenhouse. *J. Econ. Entomol.* 85:9–14.
- Jeon SW, BY Park, SK Park, SG Lee, HJ Ryu, SB Lee and IH Jeong. 2017. Establishment of discriminating concentration based assessment for insecticide resistance monitoring of palm thrips. *Korean J. Environ. Biol.* 35:557–567.
- Kim DH, MR Choi, CY Yang, TJ Kang, HH Kim and SW Jeon. 2014. Occurrence and damage by Thrips on greenhouse-cultivated Fig. *Korean J. Appl. Entomol.* 53:485–490.
- Lee GS, JH Lee, SH Kang and KS Woo. 2001. Thrips species (Thysanoptera: Thripidae) in winter season and their vernal activities on Jeju island, Koera. *J. Asia Pac. Entomol.* 4:115–122.
- Lee YS, HA Lee, HJ Lee, SS Hong, CS Kang, YS Choi and HH Kim. 2017. Insecticide susceptibility of western flower thrip, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on horticultural crops in Gyeonggi area. *Korean J. Appl. Entomol.* 56:179–186.
- Lee YS, JY Kim, SS Hong, J Park and HH Park. 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.
- Li DG, XY Shang, R Stuart, N Ralf, ZR Lei and SH Lee. 2016. Field resistance to sponosad in western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *J. Integr. Agric.* 15:2803–2808.
- Morishita M. 1993. Toxicity and synergism of some insecticides against larvae of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 37:153–157.
- Paramasivam M and C Selvi. 2017. Laboratory bioassay methods to assess the insecticide toxicity against insect pests-A review. *J. Entomol. Zool. Stud.* 5:1441–1445.
- Park HH, JH Lee and KB Uhm. 2007. Economic thresholds western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) for unripe red pepper in greenhouse. *J. Asia Pac. Entomol.* 10:45–53.
- Pelikan J. 1998. *Thrips palmi* (Thysanoptera) threatens European glasshouse crops. *Plant protection-UZPI* 34:39–42.
- Rosenheim JA, SC Welter, W Johnson, RFL Mau and LR Gusukuma-Minuto. 1990. Direct feeding damage on cucumber by mixed-species infestation of *Thrips palmi* and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera, Thripidae). *J. Econ. Entomol.* 83:1519–1525.
- Roush RT and GL Miller. 1986. Considerations for design of insecticide resistance monitoring programs. *J. Econ. Entomol.* 79:293–298.
- Stanley BH. 2014. Monitoring resistance. pp. 485–513. In *Insect Resistance Management* (Ostard DW ed.). Academic Press. Amsterdam.
- Wang Y, J Chen, YC Zhu, C Ma, Y Huang and J Shen. 2008. Susceptibility to neonicotinoids and risk of resistance development in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Pest Manag. Sci.* 64:1278–1284.
- Woo KS. 1972. Studies on the thrips (Thysanoptera) unrecorded in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 11:45–54.
- Woo KS, SB Ahn, SH Lee and HW Kwon. 1994. First record of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Per-

- gande), in Korea. Proceedings of the Autumn meeting of the Korean Soc. Appl. Entomol. p. 127.
- You JS, JI Kim and KH Kim. 2002. Monitoring of insecticidal sensitivity collected western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera, Thripidae) in rose agriculture. Korean J. Pestic. Sci. 4:380-390.
- Yu JS, JI Kim and GH Kim. 2002. Insecticide susceptibilities of rose field-collected population of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in Korea. Korean J. Pestic. Sci. 6:80-86.

Received: 11 October 2018

Revised: 5 November 2018

Revision accepted: 21 November 2018