



## ORIGINAL ARTICLES

## 경상북도 시설 고추재배지 발생 꽃노랑총채벌레에 대한 11종 살충제의 약제 반응

최재혁<sup>1,2</sup> · 이호욱<sup>1</sup> · 이종원<sup>1,2</sup> · 김이슬<sup>3</sup> · 유황빈<sup>1</sup> · 김민재<sup>1</sup> · 장 철<sup>3</sup> · 이동운<sup>1,3,4\*</sup><sup>1</sup>경북대학교 생태과학과, <sup>2</sup>(주)누보 중앙연구소, <sup>3</sup>경북대학교 질병매개무척추동물연구소, <sup>4</sup>경북대학교 곤충생명과학과Evaluation of Insecticide Activities Against the Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), Collected from Greenhouse Pepper Cultivation Areas in Gyeongsangbuk-doJae-hyeok Choi<sup>1,2</sup>, Ho-wook Lee<sup>1</sup>, Jong-won Lee<sup>1,2</sup>, Yi-seul Kim<sup>3</sup>, Hwang-bin Yu<sup>1</sup>,  
Min-jae Kim<sup>1</sup>, Cheol Jang<sup>3</sup>, Dong-Woon Lee<sup>1,3,4\*</sup><sup>1</sup>Department of Ecological Science, and <sup>4</sup>Department of Entomology, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea<sup>2</sup>R&D Center, Nousbo Co., Ltd. Suwon 16619, Republic of Korea<sup>3</sup>Research Institute of Invertebrate Vector, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea

(Received on September 8, 2023. Revised on September 17, 2023. Accepted on September 18, 2023)

**Abstract** In pepper cultivation areas, Western flower thrips (WFT), *Frankliniella occidentalis* not only cause direct damage to pepper fruits, but also cause damage by causing viral diseases. A variety of pesticides are used to control WFT, but problems with drug resistance are occurring. Therefore, in this study, we investigated the insecticide response to 11 types of insecticides (acrinathrin, acetamiprid, dinotefuran, spinetoram, emamectin benzoate, abamectin, Chlorfluazuron, chlorfenapyr, cyclaniliprole, fluxametamide, flometoquin) on WFT collected from greenhouse pepper (Andong, Bonghwa, and Yeongyang) in the northern region of Gyeongsangbuk-do, the largest pepper production region in Korea. There were differences in insecticide response depending on the type of pesticide, and there were also differences in insecticide response among local populations. The resistance ratios of flometoquin, and fluxametamide were the lowest. On the other hand, acrinathrin showed a high resistance ratio. Spinetoram showed a high resistance ratio in Yeongyang populations. Cyclaniliprole showed a high resistance ratio in Andong populations. It is believed that it is necessary to prepare a plan that can be effectively used in regional WFT management strategies based on insecticide response data for local populations.

**Key words** Acrinathrin, flometoquin, hot pepper, insecticide resistance, local population

## 서 론

총채벌레는 전 세계적으로 다양한 원예 및 화훼작물에 경제적으로 큰 피해를 일으키는 주요 해충의 하나이다(Kirk and Terry, 2003; Reitz et al., 2020). 총채벌레는 구멍을 뚫고 빨아들이는 구기를 가져 다양한 유형의 식물 세포를 먹

음으로써 기형유발, 식물 생육 부진 등으로 인해 수확량 손실을 유발한다(Leiss et al., 2009). 또한 관상용 식물의 경우 흡즙흔에 의한 반점 형성으로 상품성을 저하시킨다(De Jager et al., 1995; Leiss et al., 2009). 특히 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)의 경우 직접적인 섭식에 의한 기주식물 손상 외에도 식물 바이러스인 INSV (impatiens necrosis spot virus), TSWV (tomato spotted wilt virus), MCMV (Maize chlorotic mottle virus)를 전파하여 식물에 2차적인 피해를 준다(Jones, 2005; Whitfield et al., 2005;

\*Corresponding author  
E-mail: whitegrub@knu.ac.kr

Zhang et al., 2022).

꽃노랑총채벌레는 미국 서부지역에서 처음 발생하여 1970년대 원예작물의 국제교역이 활발해 지면서 유럽을 포함해 전세계적으로 확산되었다(Kirk and Terry, 2003; Zhang et al., 2003; Demirozer et al., 2012). 우리나라에서는 1993년 제주도 감귤하우스에서 처음으로 발견되었고(Woo et al., 1994), 이후 전국적으로 광범위하게 퍼져 채소와 과일 등 다양한 원예작물에 경제적으로 중요한 1차 해충으로 간주되고 있다(Cho et al., 2018; Kim et al., 2018; Lee et al., 2017; Park et al., 2007).

이로 인해 꽃노랑총채벌레를 비롯한 총채벌레류가 발생하여 피해를 주는 작물에 관해서 다양한 방법으로 방제를 실시하고 있다. 실질적인 총채벌레 관리 방법으로는 살충제를 사용하는 화학적 방제가 주요 관리 수단으로 이용되고 있으며(Reitz et al., 2020) 곤충병원성 선충, 포식성 곤충 또는 진드기를 이용한 생물학적 방제(Pozzebon et al., 2015), 총채벌레 방지 그물이나 UV 반사 덮개를 이용하는 물리적 방제(Kigathi and Poehling, 2012), 저항성 품종 및 윤작 등과 같은 재배적 기술 등도 사용되고 있다(Demirozer et al., 2012).

카바메이트계, 유기인계, 피레스로이드계, 네오니코티노이드계, 스피노신계 등 다양한 계통의 살충제들이 총채벌레류 방제에 보편적으로 사용되고 있지만 작은 몸집과 높은 번식력, 짧은 세대와 광범위한 분포와 같은 총채벌레류의 생물학적 특징들로 인해 방제에 제한점들이 발생하고 있다. 즉 살충제 처리 후 살아남은 일부 개체들이 매우 짧은 번식 주기로 인해 빠르게 증식되어 저항성 문제를 유발시키고 있다(Gao et al., 2014; Zhang et al., 2022). 꽃노랑총채벌레에 대한 살충제 저항성은 1961년 꽃노랑총채벌레의 살충제 저항성에 대한 첫 기록이후부터 전 세계적으로 175건 이상의 저항성 사례가 보고되었다(Race, 1961; Sanches and Wise, 2020). 저항성은 지속적인 살충제 노출과 꽃노랑총채벌레의 높은 번식률과 짧은 세대로 인해 발달된다(Brodsgaard et al., 1989; Reitz et al., 2020). 특히 동일한 계통의 살충제를 계속 사용하는 것은 저항성을 가속화 시키기 때문에(Espinosa et al., 2002), 교차 저항성이 알려져 있지 않은 다른 계통의 살충제들을 교차 살포하여 높은 효능을 유지해야 한다. 따라서 살충제 감수성 수준을 지속적으로 모니터링하여 특정 지역에서의 꽃노랑총채벌레 관리에 적절한 살충제를 선택하는데 필요한 정보를 제공하고 저항성 발생 가능성을 제한하거나 지연시키는 것이 중요하다(Kliot and Ghanim, 2012).

본 연구에서는 우리나라의 채소 중 가장 넓은 재배면적과 높은 생산액을 차지하는 주요 채소인 고추를 대상으로 우리나라 최대 고추 생산지인 경상북도 중 가장 넓은 재배면적을 포함하고 있는 경북 안동시, 영양군, 봉화군 지역의 고추 재배지(KOSIS, 2023)에서 채집된 꽃노랑총채벌레를 대상으로 다양한 살충제 계통에 대한 저항성 수준을 평가하여 효

율적인 방제의 기초 자료를 제공하기 위하여 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시험곤충의 채집과 사육

꽃노랑총채벌레 야외 계통의 채집은 경상북도 안동시 와룡면, 봉화군 명호면, 영양군 수비면의 시설고추 재배지에서 수행하였다. 2022년 6월 중, 하순에 각 지역에서 꽃이 핀 고추를 대상으로 타락법을 이용해 채집하였다. 각 지역에서 채집된 꽃노랑총채벌레는 온도  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 광주기 16L:8D 조건에서 1세대 이상 사육하여 안정화 시킨 후 시험에 이용하였다. 채집한 총채벌레는 육안으로 종분류를 실시하였으며(Kim, 2016; Kim et al., 2022), 각 지역 꽃노랑총채벌레 집단은 다른 지역 집단과 격리하여 사육하였다. 저항성 비교를 위하여 (주)경농 중앙연구소에서 2020년에 분양 받은 감수성 개체를 실험실에서 3년간 모든 살충제에 노출시키지 않으면서 누대 사육하였다. 꽃노랑총채벌레 사육은 수분을 공급해 준 90 mm 크기의 filter paper (Model No. 2, ADVANTEC, Japan)가 깔린  $100 \times 40$  mm 크기의 Insect breeding dish (Model No. 310102, SPL, Korea)에 파종 4일된 강낭콩 떡잎을 공급해주었으며, 온도  $25^\circ\text{C} \pm 1$ , 습도 50-60%, 일장 16L:8D 조건에서 사육 후 성충 개체가 산란한 알에서 부화한 성충을 시험에 이용하였다.

### 시험약제

본 시험에 사용한 살충제는 고추에 등록되어 사용되고 있는 꽃노랑총채벌레 등록약제 중(KCPA, 2022) 계통별로 Pyrethroids계 1종 (acrinathrin), Neonicotinoids계 2종 (acetamiprid, dinotefuran), Spinosyns계 1종 (spinetoram), Avermectins계 2종 (emamectin benzoate, abamectin), Benzoylurea계 1종 (Chlorfluazuron), Pyrroles계 1종 (chlorfenapyr), Diamides계 1종 (cyclaniliprole), Isoxazolines계 1종 (fluxametamide), Flometoquin계 1종 (flometoquin) 등 단계 11종을 사용하였으며 각 살충제에 대한 일반명, 유효성분, 제형 및 추천농도 (ppm), 계통 등의 정보는 Table 1과 같았다. 시험약제는 작물보호제 시판상이나 회사로부터 공급받아 사용하였다.

### 시험약제에 대한 기초 살충 활성 검정

꽃노랑총채벌레에 대한 살충활성 생물검정은 IRAC검정법(Test method video No. 10)에 준하여 옆 침지법으로 수행하였다(IRAC, 2022). 기초 살충 활성 검정은 각 약제의 권장량을 기반으로 활성을 검정하였는데 야외 채집 계통들은 추천농도와 추천농도의 2배, 추천농도의 1/2배 농도에서 검정하였으며 실험실 계통은 추천농도와 추천농도의 1/2배, 추천농도의 1/4배로 희석하여 검정하였다.

Insect breeding dish에 filter paper를 5장을 깔고, 증류수

**Table 1.** Insecticides used in this study

Insecticide	A.I. <sup>a)</sup> (%)	Formulation <sup>b)</sup>	Recommended concentration (ppm)	Chemical class	IRAC mode of action classification
Abamectin	1.8	EC	6	Avermectins	6
Acetamiprid	5	SL	50	Neonicotinoids	4a
Acrinathrin	5.7	SC	28.5	Pyrethroids	3a
Chlorfenapyr	5	EC	50	Pyrroles	13
Chlorfluazuron	5	EC	25	Benzoylureas	15
Cyclaniliprole	4.5	SL	22.5	Diamides	28
Dinotefuran	10	SL	100	Neonicotinoids	4a
Emamectin benzoate	2.15	EC	10.75	Avermectins	6
Fluxametamide	9	EC	45	Isoxazolines	30
Flometoquin	10	SC	100	Flometoquin	34
Spinetoram	5	WG	25	Spinosyns	5

<sup>a)</sup> A.I.; Active ingredient.

<sup>b)</sup> SC; suspension concentrate, SL; Soluble concentrate, WG; Water dispersible granule, EC; Emulsifiable concentrate.

를 충분히 적신 후 5 × 5 cm 정사각형 parafilm (Bemis, America)을 filter paper 위에 깔았다. 5 cm 미만의 고추 잎을 농도별로 살충제에 30초 침지 후 30분간 fume hood (SAMIN SCIENCE, Korea)에서 음건하였다. 각각의 parafilm이 깔린 충분히 적신 Insect breeding dish 중간부분에 음건된 고추 잎을 놓은 후 꽃노랑총채벌레 암컷 성충 10마리씩을 붓으로 접종하였다. 접종 후 온도 25 ± 1°C, 습도 50-60%, 일장 16L:8D 조건에서 보관하였고, 접종 72시간 후 사충수를 조사하였는데, IGR 계통 약제의 경우 1령충 20마리씩을 접종한 뒤 7일 후 사충수를 조사하였다. 치사충의 판정은 붓으로 건드렸을 때 몸길이만큼 움직이지 않는 개체는 치사한 것으로 간주하였다. 모든 시험은 3반복으로 수행되었으며, 생충률(%)은 [(처리구 생충수/처리구 총마리수) × 100]으로 계산하였고, 보정사충률은 [(무처리구생충율-처리구 생충율)/무처리구 생충율 × 100]으로 계산하여 살충제간 치사율 차이를 비교하였다.

### 시험약제별 저항성 검정

저항성 평가 실험은 IRAC에서 제시하고 있는 시험법을 근거로 하였으며 기초 살충 활성 검정(추천농도의 2배, 추천농도, 추천농도의 1/2배) 결과를 기반으로 꽃노랑총채벌레의 치사율이 0% 부터 100%까지 나타나는 구간을 약제 별 공비를 두어 7단계의 농도 구간을 결정하였다. 앞선 살충 활성 검정 실험과 동일한 방법으로 진행하였으며, 대조군으로는 살충제 대신 증류수에 고추 잎을 30초 침지 후 30분간 fume hood (SAMIN SCIENCE, Korea)에서 음건 시킨 후 공급하였다. 꽃노랑총채벌레 암컷 10마리씩을 접종 후 온도 25 ± 1°C, 습도 50-60%, 일장 16L:8D 조건에서 보관하였고, 접종 72시간 후 사충수를 조사하였는데, IGR 계통 약제의 경우 1령충 20마리씩을 접종한 뒤 7일 후 사충수를 조사하

였다. 꽃노랑총채벌레의 생사 판정은 붓으로 건드렸을 때 몸길이만큼 움직이지 않는 개체를 치사한 것으로 간주하였다. 모든 시험은 3반복으로 수행되었다. 각 지역별 살충제 저항성 수준은 저항성비(Resistance ratio, RR)와 방제 효과지수(Control efficacy index, CEI)로 표기하였다. RR<sub>50</sub>은 (약의 계통 LC<sub>50</sub> / 실험실 계통 LC<sub>50</sub>)으로 계산하였고, CEI<sub>90</sub>는 (약의 계통 LC<sub>90</sub> / 권장농도)로 계산하여 저항성 수준을 판별하였다.

### 통계처리

약제별 살충효과 비교는 보정사충율을 arcsin으로 변환하여 처리평균간의 차이를 Tukey test (PROC ANOVA, SAS/STAT® 9.3 user's guide, 2011)로 분산분석하였다. 또 지역별 약제의 감수성은 Probit 분석(PROC PROBIT, SAS/STAT® 9.3 user's guide, 2011)을 이용하여 치사농도 구간 값을 구한 후 비교하였다.

## 결 과

### 시험약제에 대한 기초 살충 활성 검정

각 시험약제들에 대한 경상북도 3개 지역 채집 계통 꽃노랑총채벌레의 약제 반응은 다양하게 나타났다. 아바멕틴 권장농도 처리에서는 모든 지역 계통이 30% 미만의 낮은 살충효과를 보였으며, 영양지역 개체군에서는 0%의 낮은 살충률을 보였다(df=3, 8, F = 12.65, p = 0.0021). 아세타미프 리드 처리의 경우 모든 지역에서 10% 미만의 낮은 살충율을 나타내었다(df = 3, 8, F = 21.73, p = 0.0003). 아크리나트린에 대한 살충효과 검증 결과 모든 지역 계통에서 낮은 치사율을 보였으나 통계적유의성은 없었다(df=3, 8, F = 1.96,

**Table 2.** Comparison of insecticidal activity of *F. occidentalis* field populations

Insecticide	Strain <sup>a)</sup>	% Mortality (mean ± SD)			
		1/4 x recommended concentration (RC)	1/2 x RC	RC	2 x RC
Abamectin	AD	N/D <sup>b)</sup>	6.67 ± 11.55a <sup>c)</sup>	24.44 ± 7.70a	43.33 ± 5.77a
	BH	N/D	13.7 ± 15.17a	26.67 ± 15.28a	33.33 ± 20.82a
	YY	N/D	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00b
	LAB	2.18 ± 3.08	4.36 ± 3.78a	4.36 ± 3.78b	N/D
Acetamiprid	AD	N/D	3.33 ± 5.77c	6.67 ± 11.55bc	13.33 ± 5.77b
	BH	N/D	0.00 ± 0.00c	0.00 ± 0.00c	0.00 ± 0.00c
	YY	N/D	15.45 ± 4.72b	16.36 ± 6.3b	30.00 ± 10.00a
	LAB	30.77 ± 9.42	41.92 ± 5.84a	65.39 ± 11.54a	N/D
Acrinathrin	AD	N/D	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00b
	BH	N/D	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00b
	YY	N/D	6.15 ± 10.65a	10.00 ± 10.00a	31.48 ± 12.29a
	LAB	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00a	16.67 ± 22.54a	N/D
Chlorfenapyr	AD	N/D	23.33 ± 23.09b	26.67 ± 5.77b	30.00 ± 20.00a
	BH	N/D	46.67 ± 23.09ab	56.67 ± 15.28ab	62.5 ± 37a
	YY	N/D	10.71 ± 6.18b	23.81 ± 23.24b	39.28 ± 16.37a
	LAB	76.67 ± 4.71	86.67 ± 11.55a	90.00 ± 10.00a	N/D
Cyclaniliprole	AD	N/D	6.67 ± 5.77a	6.67 ± 5.77a	10.00 ± 10.00a
	BH	N/D	0.00 ± 0.00a	3.33 ± 5.77a	13.33 ± 23.09a
	YY	N/D	0.00 ± 0.00a	7.14 ± 6.18a	14.28 ± 10.72a
	LAB	0.00 ± 0.00	3.33 ± 5.77a	23.33 ± 15.28a	N/D
Chlorfluazuron	AD	N/D	0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00b
	BH	N/D	4.76 ± 4.45b	2.38 ± 1.68b	4.17 ± 3.67b
	YY	N/D	6.67 ± 8.17b	2.43 ± 3.43b	0.60 ± 0.86b
	LAB	N/D	50.00 ± 21.67a	64.56 ± 11.57a	81.04 ± 10.63a
Dinotefuran	AD	N/D	3.33 ± 5.77b	3.33 ± 5.77b	6.67 ± 5.77ab
	BH	N/D	0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00b
	YY	N/D	5.81 ± 5.04b	6.67 ± 11.55b	10.44 ± 1.17a
	LAB	10.26 ± 9.59	57.42 ± 14.47a	61.11 ± 36.63a	N/D
Emamectin benzoate	AD	N/D	10.83 ± 1.44b	30.0 ± 17.32a	90.00 ± 10.00a
	BH	N/D	50.00 ± 10.00a	56.67 ± 28.87a	75.93 ± 25.05a
	YY	N/D	33.33 ± 5.77ab	48.33 ± 20.21a	53.33 ± 23.09a
	LAB	34.23 ± 12.95	37.69 ± 20.77ab	68.85 ± 17.99a	N/D
Flometoquin	AD	N/D	93.33 ± 5.77a	96.3 ± 6.41a	100.00 ± 0.00a
	BH	N/D	64.45 ± 3.85ab	76.67 ± 5.77b	93.33 ± 5.77a
	YY	N/D	75.00 ± 12.37ab	81.28 ± 14.72ab	92.86 ± 6.18a
	LAB	34.48 ± 4.87	44.83 ± 21.54b	75.86 ± 5.97b	N/D
Fluxametamide	AD	N/D	76.67 ± 20.82ab	76.67 ± 11.55ab	90.00 ± 10.00a
	BH	N/D	43.33 ± 32.15b	50.00 ± 40.00b	53.33 ± 15.28b
	YY	N/D	57.14 ± 10.72b	66.66 ± 28.25ab	75.00 ± 6.18ab
	LAB	83.39 ± 12.76	100.00 ± 0.00a	100.00 ± 0.00a	N/D
Spinetoram	AD	N/D	93.33 ± 5.77a	93.33 ± 5.77a	100.00 ± 0.0a
	BH	N/D	86.67 ± 11.55a	93.33 ± 5.77a	93.64 ± 5.53a
	YY	N/D	0.00 ± 0.00b	6.67 ± 11.55b	13.33 ± 11.55b
	LAB	7.82 ± 6.97	21.54 ± 13.11b	55.00 ± 26.13a	N/D

<sup>a)</sup> LAB represents laboratory strain. For other strains, refer to Table 1, AD : Andong-si, BH : Bonghwa-gun, YY : Yeongyang-gun.

<sup>b)</sup> N.D. : No data.

<sup>c)</sup> Means followed by same lower letters in each insecticide column are not significantly different (Tuckey's HSD test,  $P < 0.05$ ).

$p = 0.1991$ ). 클로르페나피르에 대한 살충효과 검증 결과 권장농도에서 영양지역계통이 23.8%로 가장 낮은 살충효과를 보였으며, 실험실계통에서 90%의 높은 살충효과를 나타내었다( $df = 3, 8, F = 8.05, p = 0.0084$ ). 클로르플루아주론에 대한 살충 효과는 권장농도처리 시 모든 지역 계통에서 낮았다( $df = 3, 8, F = 38.88, p < 0.0001$ ). 사이클라닐리프롤에 대한 살충효과 검증 결과 권장농도에서 모든 지역계통이 30%미만의 낮은 살충율로 살충효과가 낮았으나 통계적 유의성은 없었다( $df = 3, 8, F = 2.71, p = 0.1156$ ). 디노테푸란에 대한 살충 효과도 세 지역 계통 모두 실험실 계통에 비해 현저히 낮은 10%미만의 살충효과를 보였으며, 실험실계통의 경우 61.1%의 살충 효과로 지역 간에 유의한 차이를 보였다( $df = 3, 8, F = 7.8, p = 0.0093$ ). 에마멕틴벤조에이트 권장농도 처리에서는 지역간 방제효과의 차이는 통계적으로 차이를 보이지 않았다( $df = 3, 8, F = 1.67, p = 0.2495$ ). 플록사메타마이드에 대한 살충 효과 검증 시 권장농도에서 실험실계통은 100%의 살충률로 살충효과가 가장 높게 나타났으나 지역 계통들은 50~76.7%의 낮은 살충률을 보였다( $df = 3, 8, F = 3.98, p = 0.0523$ ). 플로메토퀸 처리에서는 권장농도에서 모든 지역계통들이 75%이상의 살충효과가 나타났으며, 가장 높은 살충효과를 나타낸 계통은 안동지역계통으로 살충효과가 96.3%이었다( $df = 3, 8, F = 5.23, p = 0.0274$ ). 스피네토람 처리의 경우 권장농도에서 안동지역계통과 봉화지역계통이 93%이상의 높은 살충 효과를 나타내었으나 영양지역 계통의 경우 6.7%로 매우 낮은 살충효과를 보였다( $df = 3, 8, F = 17.99, p = 0.0006, Table 2$ ).

### 시험약제별 저항성 검증

Avermectins계통인 아바멕틴과 에마멕틴벤조에이트에 대

한 저항성 검증 결과 아바멕틴은  $RR_{50}$ 에서 3배정도 낮은 수준의 저항성이 발현되었다. 에마멕틴벤조에이트의 경우 안동지역계통에서는  $RR_{50}$ 이 2배 미만으로 저항성이 발현되지 않았으며, 봉화, 영양지역계통에서는  $RR_{50}$ 이 20배이상으로 높은 수준의 저항성이 발현되어 지역간 저항성비의 차이를 보였다. Benzoylurea계통인 클로르플루아주론은 세 지역 계통 모두에서  $RR_{50}$ 이 300배 이상으로 높게 나타났다. Diamides계통인 사이클라닐리프롤에 대해 세 지역 계통이 모두 전반적으로  $LC_{50}, LC_{90}$  값이 높게 나타났으며, 안동, 봉화지역계통은 높은 농도에서 90% 이상의 치사가 관찰되지 않았다. 안동, 봉화, 영양지역계통이 실험실 계통 대비  $RR_{50}$ 이 40배 이상,  $RR_{90}$ 이 200배 이상으로 사이클라닐리프롤에 대하여 높은 수준의 저항성이 발현되었다. Flometoquin계통인 플로메토퀸에 대해서도 세 지역 계통 모두  $RR_{50}$ 이 1미만으로 저항성이 발현되지 않았다. Isoxazolines계통인 플로사메타마이드는 모든 지역 계통에 대하여  $RR_{50}$ 이 2미만으로 저항성이 발현되지 않았다. Pyrethroids계통인 아크리나트린에 대하여 안동, 봉화, 영양지역계통이 전반적으로  $LC_{50}, LC_{90}$  값이 높게 나타났는데 실험실 계통 대비  $RR_{50}$ 이 300배이상,  $CEI_{90}$ 이 600배 이상으로 아크리나트린에 대하여 높은 수준의 저항성이 발현되었다. Neonicotinoids계통인 아세타미프리트와 디노테푸란에 대하여 약제 반응 검증 결과 아세타미프리트는 안동, 봉화, 영양 지역계통에 대하여 높은 수준의 저항성이 발현되었으며, 봉화지역이 특히 높은 저항성을 나타내었다. 디노테푸란도 모든 지역계통에 대하여 높은 수준의 저항성이 발현되었는데 안동지역이 가장 높은 저항성을 나타내었다. Spinosyns계통인 스피네토람에 대하여 지역간에 큰 저항성 차이를 보였는데 안동과 봉화지역계통에서는  $RR_{50}$ 이 1배 미만으로 저항성이 발현되지 않았으나 영양지역

**Table 3.** Resistance levels of *F. occidentalis* field populations to eleven insecticides

Chemical class	Insecticide	Strain <sup>a)</sup>	N <sup>b)</sup>	LC <sub>50</sub> (ppm) (95%FL)	LC <sub>90</sub> (ppm) (95%FL)	Slope	Slope SE <sup>c)</sup>	RR <sub>50</sub> <sup>d)</sup>	CEI <sub>90</sub> <sup>e)</sup>
Avermectins	Abamectin	AD	235	128 (79.049-216)	2929 (1298.000-10470)	0.94	0.12	2.97	488.17
		BH	226	128 (100-162)	552 (392-917)	2.02	0.25	2.98	92.03
		YY	240	130 (96.753-177)	885 (546-1858)	1.54	0.19	3.02	147.55
		LAB	228	43.065 (31.181-60.890)	305 (184-654)	1.51	0.18	1.00	50.95
	Emamectin benzoate	AD	240	1.690 (1.330-2.161)	6.826 (4.845-11.189)	2.11	0.24	1.87	0.63
		BH	237	18.423 (14.318-24.209)	81.794 (55.47-145)	1.98	0.23	20.39	7.61
		YY	177	21.898 (17.069-28.267)	67.627 (48.542-113)	2.62	0.36	24.23	6.29
		LAB	239	0.904 (0.679-1.185)	4.858 (3.315-8.482)	1.75	0.21	1.00	0.45

Table 3. continued

Chemical class	Insecticide	Strain <sup>a)</sup>	N <sup>b)</sup>	LC <sub>50</sub> (ppm) (95%FL)	LC <sub>90</sub> (ppm) (95%FL)	Slope	Slope SE <sup>c)</sup>	RR <sub>50</sub> <sup>d)</sup>	CEI <sub>90</sub> <sup>e)</sup>
Benzoylureas	Chlorfluazuron	AD	361	9790 (5924-21268)	207950 (65095-2909683)	0.97	0.18	512.12	8318.00
		BH	360	7354.000 (5181-11327)	140003 (62112-568752)	1.00	0.14	384.69	5,600.12
		YY	360	8790 (5481-17035)	391415 (121306-3310828)	0.78	0.12	459.81	15,656.60
		LAB	360	19.117 (15.657-23.344)	92.928 (66.529-151)	1.87	0.21	1.00	3.72
Diamides	Cyclanilprole	AD	231	>1,000,000	>1,000,000	0.39	0.41	>11,020.74	>44,444.44
		BH	209	3673 (2028-8232)	101604 (32724-742460)	0.89	0.13	40.48	4515.73
		YY	241	22338 (8376-147300)	1,891,265 (241132-163196149)	0.66	0.13	246.18	84,056.22
		LAB	230	90.738 (68.579-119)	473 (320-838)	1.79	0.21	1.00	21.03
Flometoquin	Flometoquin	AD	226	41.388 (27.433-60.519)	506 (271-1460)	1.18	0.18	0.40	5.06
		BH	240	67.109 (50.256-89.402)	442 (278-927)	1.56	0.21	0.65	4.42
		YY	236	55.676 (39.980-77.987)	442 (267-941)	1.42	0.17	0.54	4.43
		LAB	240	102 (92.525-114)	207.961 (174-273)	4.20	0.55	1.00	2.08
Isoxazolines	Fluxametamide	AD	234	14.028 (10.411-18.705)	84.601 (55.518-159)	1.64	0.20	0.73	1.88
		BH	240	9.647 (5.269-17.186)	393 (168-1400)	0.80	0.10	0.50	8.75
		YY	240	37.306 (15.243-69.909)	2967 (1034-23169)	0.67	0.12	1.95	65.93
		LAB	237	19.139 (15.566-23.431)	67.335 (50.193-104)	2.35	0.28	1.00	1.50
Neonicotinoids	Acetamiprid	AD	229	717 (424-1119)	4919 (2863-11731)	1.53	0.23	14.23	98.38
		BH	219	2034 (1304-3193)	25751 (13701.000-65110)	1.16	0.14	40.31	515.02
		YY	167	1043 (857-1261)	2171 (1721.000-3152)	4.03	0.62	20.67	43.42
		LAB	234	50.459 (36.772-69.171)	370 (229-775)	1.48	0.19	1.00	7.41
	Dinotefuran	AD	203	9865 (7569-12936)	33008 (23418-54716)	2.44	0.31	117.02	330.08
		BH	180	3114 (1990-4842)	14979 (8555-44918)	1.88	0.33	36.94	149.79
		YY	240	1928 (1495-2507)	8985 (6174-15528)	1.92	0.22	22.87	89.85
		LAB	228	84.300 (65.114-108)	435 (282-934)	1.80	0.28	1.00	4.35

Table 3. continued

Chemical class	Insecticide	Strain <sup>a)</sup>	N <sup>b)</sup>	LC <sub>50</sub> (ppm) (95%FL)	LC <sub>90</sub> (ppm) (95%FL)	Slope	Slope SE <sup>c)</sup>	RR <sub>50</sub> <sup>d)</sup>	CEI <sub>90</sub> <sup>e)</sup>
Spinosyns	Spinetoram	AD	240	1.014 (0.776-1.301)	4.535 (3.242-7.322)	1.97	0.23	0.10	0.18
		BH	240	0.683 (0.353-1.247)	35.080 (14.468-135)	0.75	0.10	0.07	1.40
		YY	240	1084 (713-1814)	15503 (7062-56388)	1.11	0.15	112.09	620.12
		LAB	237	9.671 (7.124-12.829)	57.182 (38.208-104)	1.66	0.21	1.00	2.29
Pyrethroids	Acrinathrin	AD	213	>1,000,000	>1,000,000	0.47	0.52	>5,313.78	>35,087.72
		BH	240	>1,000,000	>1,000,000	0.26	0.37	>5,313.78	>35,087.72
		YY	238	74185 (36157-682723)	685099 (159766-81392332)	1.33	0.37	394.20	24,038.56
		LAB	237	188 (141-251)	1099 (718-2072)	1.67	0.20	1.00	38.56
Pyrroles	Chlorfenapyr	AD	231	21.330 (11.225-40.878)	1,230 (451-5840)	0.73	0.09	14.07	24.60
		BH	240	28.623 (19.361-42.129)	273 (161-574)	1.31	0.14	18.88	5.46
		YY	240	218 (157-311)	1809 (1052-4159)	1.40	0.17	144.13	36.18
		LAB	238	1.516 (1.047-2.073)	11.412 (7.369-22.306)	1.46	0.19	1.00	0.23

<sup>a)</sup> LAB represents laboratory strain. For other strains, refer to Table 1, AD : Andong-si, BH : Bonghwa-gun, YY : Yeongyang-gun.

<sup>b)</sup> Number of thrips tested.

<sup>c)</sup> Slope standard error.

<sup>d)</sup> Resistance ratio,  $RR_{50} = LC_{50}$  of a field strain /  $LC_{50}$  of LAB strain.

<sup>e)</sup>  $CEI_{90} = LC_{90}$  of a field strain / Recommended concentration.

계통에서는 높은 수준의 저항성이 발현되었다. Pyrroles계통인 클로르페나피르에 대한 저항성 검정 결과 세 지역계통 모두 높은 저항성을 나타내었다(Table 3).

## 고 찰

경북은 우리나라에서 가장 넓은 고추 재배지역이다(KOSIS, 2023). 고추에는 다양한 병해충들이 발생하여 피해를 주고 있는데 병의 경우 경북북부 지역에서는 9종의 병이 보고되었고, 이들 중 바이러스에 의한 모자이크병의 발병율이 가장 높은 것으로 보고되고 있다(Seo et al., 2011). 해충의 경우 진딧물류와 총채벌레, 가루이, 응애, 담배나방 등이 주로 피해를 주고 있는데 경북 북부지역 시설 고추재배지에서는 총채벌레류의 발생에 의한 직간접적 피해가 가장 심각하다(Kim et al., 2012; 2021; 2022). 고추에서 꽃노랑총채벌레와 대만총채벌레(*F. intonsa*)는 토마토반점위조바이러스(TSWV) 매개체로 칼라병을 유발하는 간접적 피해를 유발하는 주요 해충인데 꽃노랑총채벌레는 대만총채벌레와 달리 8월부터 9월 사이에 2차 발생 피크를 보여 직접적인 피해가 많을 것

으로 평가되고 있다(Kim et al., 2021; 2022). 고추 재배지에서 총채벌레류의 발생이 6월부터 이루어짐으로 인해(Kim et al., 2022) 농가에서는 이 시기부터 수확기까지 총채벌레류 방제를 위해 다양한 약제들을 살포하고 있는데 Kim et al.(2021)은 경북 청송지역 노지 고추 재배지에서 총채벌레류 방제를 위해 6월 초순부터 7월 초순까지 총채벌레류 방제를 위해 4회 약제처리 방제력 시험을 수행 하기도 하였다.

꽃노랑총채벌레의 피해가 발생하는 작물에서는 직간접적 피해를 받아 수량손실과 상품성 저하가 유발되기 때문에 현실적 대안으로 화학적 방제에 의존하고 있고, 짧은 생활사와 높은 번식력으로 인해 약제 사용의 빈도가 높은 편이다. 이로 인하여 우리나라에서도 꽃노랑총채벌레 피해 작물에서 채집된 야외 개체군들에 대한 약효 검정 연구들이 2000년대 초반부터 이루어졌는데 장미나 국화와 같은 원예작물 중심의 연구들이 수행되었다(Yu et al., 2002; Lee et al., 2017; Cho et al., 2018; Yoon et al., 2020). 그러나 작물의 종류나 재배 작형, 지역 등에 따라 방제력의 차이가 있고, 이에 따라 약제에 대한 반응도 차이를 보인다. 따라서 본 연구에서는 경북지역의 주요 고추 주산지에서 꽃노랑총채벌레에 대

한 약제 반응을 조사하였는데 약제간, 지역간 차이를 보였다.

각 계통별 약제에 대한 지역간의 살충효과 검증 결과 모든 지역계통에서 전반적으로 살충효과가 높게 나타난 약제는 플록사메타마이드와 플로메토킨이었다. 이들 약제들은 최근에 개발되어 우리나라에서 사용이 오래되지 않은 약제여서 약제에 대한 노출이 적어 저항성이 발현되지 않은 것으로 판단된다. 플로메토킨은 전자 전달 시스템을 억제하는 작용을 하는 것으로 알려져 있으며, 2018년도 3월에 일본에서 등록되었다. 해당 약제는 나비목, 파리목, 노린재목 및 응애 방제에 효과적이라고 알려져 있다. Isoxazolines계통 플록사메타마이드 약제는  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA)-gated chloride channels (GABACs)과 glutamate-gated chloride channels (GluCl)을 억제하는 작용을 하는 것으로 알려져 있으며, 2019년 1월 일본에 등록되었다. 해당 약제는 나비목, 딱정벌레목, 진드기, 총채벌레목 등에 대한 방제효과가 우수하다고 알려져 있다(Umetsu and Shirai, 2020).

반면 Pyrethroids계통 아크리나트린의 경우 지역에 관계 없이 매우 높은 저항성비를 보였는데 2018~2019년 창녕의 국화재배지에서 채집된 꽃노랑총채벌레는 총태에 관계없이 높은 치사율을 보여(Yoon et al., 2020) 본 연구 결과와 차이가 있었다. 이러한 차이는 작물의 종류별에 따라 사용 약제의 종류나 횟수에 차이가 있기 때문으로 생각되며 고추 재배지에서는 사용에 주의를 기하여야 할 것으로 생각된다.

Diamides계 약제인 사이클라닐리프롤도 높은 저항성비를 보였는데 특히 안동지역 개체군에 대한 저항성비가 높게 나타났다. Diamides계 약제인 사이안트라닐리프롤에 대한 꽃노랑총채벌레 지역 개체군에 대한 약제반응은 2015~2016년 경기도 원예작물 재배지에서 채집된 개체군과 2014년 김해 장미재배지에서 채집된 개체군 모두 추천농도에서 15% 이하의 치사율을 보여(Lee et al., 2017; Cho et al., 2018) 약제에 대한 저항성이 이전부터 발생하고 있었던 것으로 판단된다.

Neonicotinoids계 아세타미프리와 디노테푸란에 대해서도 대부분 지역에서 높은 수준의 저항성이 발현되었는데 천안지역 오이재배지에서 채집된 꽃노랑총채벌레에 대한 아세타미프리트 처리 시 권장농도에서 40% 미만의 낮은 살충효과를 보였으며, 디노테푸란 처리도 권장농도에서 지역별 살충효과가 80% 미만으로 나타났다고 언급하였다(Jeong et al., 2018). 또한, 경기지역 원예작물에서 채집된 꽃노랑총채벌레에 대한 Neonicotinoids계 약제의 살충 효과에서도 재배작물과 재배지역에 관계없이 Neonicotinoids계 약제에 낮은 약효를 보였으며(Lee et al., 2017) 2014년 김해지역 장미 재배지에서 채집된 꽃노랑총채벌레도 Neonicotinoids계 약제에 대해 낮은 살충력을 보였다(Cho et al., 2018)

Spinosyns계 스피네토람, Pyrroles계 클로르페나피르, avermectine계의 에마멕틴벤조에이트의 경우 지역간에 큰 저항

성 차이를 보였는데 스피네토람과 클로르페나피르에 대해 영양지역 개체군들은 높은 저항성 비를 보였고, 에마멕틴벤조에이트는 안동지역 개체군들에서 낮은 저항성비를 보였다. 이러한 저항성비의 지역간 차이는 보편적인 것으로 2001년 우리나라의 장미 재배지 지역 개체군들의 약제 반응 평가에서 클로르페나피르는 지역 개체군간 1000배 이상의 저항성비의 차이가 있었다(Yu et al., 2002). 본 연구와 같은 지역별 저항성 모니터링의 가장 중요한 목적 중 하나는 이러한 지역간 약제 반응 차이를 조사하여 각 지역에 적합한 해충 관리 대책을 강구하는 것이다. 따라서 경북 북부지역의 꽃노랑총채벌레 방제약제들에 대한 본 연구 결과들은 해당 지역의 고추 재배지에서 약제 선정과 사용에 참고가 될 것으로 판단된다. 하지만 농가별 약제 살포 이력에 차이가 있기 때문에 지역 전체에 포괄적으로 적용하는 것은 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 감사의 글

This study was carried out with the support of ‘Investigation of pesticide resistance to major pests and diseases occurring in crops (Project No. “PJ016960”)’ provided by Rural Development Administration. We would like to express our gratitude to the farmers who helped us collect Western flower thrips in each region. This paper was written based on the first author’s master’s thesis.

## Author Information and Contributions

Jae-hyeok Choi: Kyungpook National University, Master, ORCID <http://orcid.org/0009-0001-6853-1428>.

Jong-won Lee, Ho-wook Lee, Hwang-bin Yu: Kyungpook National University, Doctor student

Min-jae Kim: Kyungpook National University, Master student

Yi-seul Kim, Cheol Jang: Kyungpook National University, Doctor

DongWoon Lee, Kyungpook National University, Professor, ORCID <http://orcid.org/0000-0001-9751-5390>.

Research design; Lee DW, Jang C, Investigation; Choi J, Lee H, Lee J, Kim Y, Yu H, Kim M, Data analysis; Lee DW, Choi J, Lee H, Writing – original draft preparation; Lee DW, Choi J, Writing – review & editing; Lee DW, Choi J, Lee H, Lee J, Kim Y, Yu H, Kim M, Jang C.



## 이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

## Literature Cited

- Broadbent AB, Pree DJ, 1997. Resistance to insecticides in populations of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) from greenhouses in the Niagara region of Ontario. *The Canadian Entomologist*, 129(5):907-913.
- Cho SW, Kyung Y, Cho SR, Shin S, Jeong DH, et al., 2018. Evaluation of susceptibility of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) and garden thrips (*F. intonsa*) to 51 insecticides. *Korean J. Appl. Entomol.* 57(3):221-231. (In Korean)
- De Jager CM, Butôt RPT, Klinkhamer PGL, De Jong TJ, Wolff K, et al., 1995. Genetic variation in chrysanthemum for resistance to *Frankliniella occidentalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 77(3): 277-287.
- Demirozer O, Tyler-Julian K, Funderburk J, Leppla N, Reitz S, 2012. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. *Pest Manage. Sci.* 68(12):1537-1545.
- Espinosa PJ, Bielza P, Contreras J, Lacasa A, 2002. Insecticide resistance in field populations of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in Murcia (south-east Spain). *Pest Manag. Sci.* 58(9):967-971.
- Gao CF, Ma SZ, Shan CH, Wu SF, 2014. Thiamethoxam resistance selected in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae): cross-resistance patterns, possible biochemical mechanisms and fitness costs analysis. *Pesticide Biochem. Physiol.* 114:90-96.
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC), 2022. Test method videos. <https://irac-online.org> (Accessed May. 22, 2022).
- Jeong I, Park B, Park S, Lee S, Jeon S, 2018. Occurrence of thrips in greenhouse cucumber and insecticidal activity of five local Western flower thrips populations. *Korean J. Environ. Biol.* 36(4):517-524. (In Korean)
- Jones DR, 2005. Plant viruses transmitted by thrips. *European J. Plant Pathol.* 113:119-157.
- Kigathi R, Poehling HM, 2012. UV-absorbing films and nets affect the dispersal of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *J. Appl. Entomol.* 136(10):761-771.
- Kim C, Choi D, Lee D, Khan F, Kwon G, et al., 2022. Yearly occurrence of thrips infesting hot pepper in greenhouses and differential damages of dominant thrips. *Korean J. Appl. Entomol.* 61(2):319-330. (In Korean)
- Kim J, Byeon Y, Choi M, Ji C, Heo S, et al., 2012. Control efficacy of natural enemies on four arthropod pests found in greenhouse hot pepper. *Korean J. Appl. Entomol.* 51(2): 83-90. (In Korean)
- Kim JW, Kim SJ, Lee SY, Lee DH, Do YS, et al., 2018. Seasonal occurrence and insecticide susceptibility by thrips on apple orchards in Gyeongbuk Area. *Korean J. Pesti. Sci.* 22(1):1-7. (In Korean)
- Kim SK, 2016. A key to four thrips (Thysanoptera: Thripidae) of agricultural importance in Korea. *J. Agricultural Life Environ. Sci.* 28(2):1-9. (In Korean)
- Kim T, Jang C, Kang H, Choi J, Lee H, et al., 2021. Comparison of pest occurrence and viral disease incidence rate with reduced the application of pesticides in red pepper field. *Korean J. Pestic. Sci.* 25(1):1-10. (In Korean)
- Kirk WD, Terry LI, 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural Forest Entomol.* 5(4):301-310.
- Kliot A, Ghanim M, 2012. Fitness costs associated with insecticide resistance. *Pest Manag. Sci.* 68(11):1431-1437.
- Korea Crop Protection Association (KCPA), 2022. User's guidebook of pesticides. (In Korean)
- Korean Statistical Information Service (KOSIS), 2023. Area of cultivation of outdoor vegetables. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT\\_1AG204033&vw\\_cd=MT\\_ZTITLE&list\\_id=MT\\_CTITLE\\_m\\_001\\_004&scrId=&seqNo=&lang\\_mode=ko&obj\\_var\\_id=&itm\\_id=&conn\\_path=MT\\_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1AG204033&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=MT_CTITLE_m_001_004&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do) (Accessed Aug. 1. 2023). (In Korean)
- Lee YS, Lee HA, Lee HJ, Hong SS, Kang CS, et al., 2017. Insecticide susceptibility of western flower thrip, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on horticultural crops in Gyeonggi area. *Korean J. Appl. Entomol.* 56(2): 179-186. (In Korean)
- Leiss KA, Maltese F, Choi YH, Verpoorte R, Klinkhamer PG, 2009. Identification of chlorogenic acid as a resistance factor for thrips in chrysanthemum. *Plant Physiol.* 150(3): 1567-1575.
- Park HH, Lee JH, Uhm KB, 2007. Economic thresholds of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) for unripe red pepper in greenhouse. *J Asia-Pacific Entomol.* 10(1):45-53.
- Pozzebon A, Boaria A, Duso C, 2015. Single and combined releases of biological control agents against canopy-and soil-dwelling stages of *Frankliniella occidentalis* in cyclamen. *BioControl*, 60(3):341-350.
- Race SR, 1961. Early-season thrips control on cotton in New Mexico. *J. Econ. Entomol.* 54(5):974-976.
- Reitz SR, Gao Y, Kirk WD, Hoddle MS, Leiss KA, et al., 2020. Invasion biology, ecology, and management of western flower thrips. *Annu. Rev. Entomol.* 65:17-37.
- Sanches MD, Wise JC, 2020. The arthropod pesticide resistance database. Michigan State University. <http://www.pesticideresistance.org>.
- SAS/STAT® 9.3 user's guide, 2011. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

- Seo J, Yi Y, Kim B, Hwang JM, Choi SW, 2011. Disease occurrence on red-pepper plants surveyed in Northern Kyungbuk province, 2007-2008. *Res. Plant Dis.* 17(2):205-210. (In Korean)
- Umetsu N, Shirai Y, 2020. Development of novel pesticides in the 21st century. *J. Pestic. Sci.* 45(2):54-74.
- Whitfield AE, Ullman DE, German TL, 2005. Tospovirus-thrips interactions. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43(1):459-489.
- Woo KS, Ahn SB, Lee SH, Kwon HM, 1994. First record of *Frankliniella occidentalis* and its distribution and host plants in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 33:127. (In Korean)
- Yoon JB, Cho YS, Yang CY, Seo MH, 2020. Insecticide susceptibility on developmental stages of *Frankliniella occidentalis* in chrysanthemum cultivation. *Korean J. Pestic. Sci.* 24(2):148-155. (In Korean)
- Yu J, Kim J, Kim G, 2002. Insecticide susceptibilities of rose field-collected populations of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in Korea. *Korean J. Pestic. Sci.* 6(2):80-86. (In Korean)
- Zhang K, Yuan J, Wang J, Hua D, Zheng X, et al., 2022. Susceptibility levels of field populations of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) to seven insecticides in China. *Crop Protec.* 153:105886.
- Zhang Y, Wu Q, Xu B, Zhu G, 2003. The occurrence and damage of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae): A dangerous alien invasive pest in Beijing. *Plant Protec.* 29:58-59. (in Chinese).

## ● ..... ● 경상북도 시설 고추재배지 발생 꽃노랑총채벌레에 대한 11종 살충제의 약제 반응

최재혁<sup>1,2</sup> · 이호욱<sup>1</sup> · 이종원<sup>1,2</sup> · 김이슬<sup>3</sup> · 유황빈<sup>1</sup> · 김민재<sup>1</sup> · 장 철<sup>3</sup> · 이동운<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 생태과학과, <sup>2</sup>(주)누보 중앙연구소, <sup>3</sup>경북대학교 질병매개무척추동물연구소, <sup>4</sup>경북대학교 곤충생명과학과

**요 약** 고추 재배지에서 꽃노랑총채벌레는 고추의 과실에 직접적인 피해를 줄 뿐만 아니라 바이러스병을 유발시키는 피해를 주고 있다. 꽃노랑총채벌레 방제를 위해 다양한 살충제들이 사용되고 있으나 약제에 대한 저항성 문제들이 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 최대 고추 생산지역인 경상북도 북부지역 시설 고추 재배지(안동, 봉화, 영양)에서 채집된 꽃노랑총채벌레에 대한 11종 살충제(acrinathrin, acetamiprid, dinotefuran, spinetoram, emamectin benzoate, abamectin, Chlorfluazuron, chlorfenapyr, cyaniliprole, fluxametamide, flometoquin)에 대한 약제반응을 조사하였다. 살충제별에 따라 약제반응의 차이를 보였으며 지역 개체군 간에도 약제반응의 차이가 있었다. Flometoquin계인 flometoquin과 Isoxazoline계 fluxametamide의 저항성비가 가장 낮았다. 반면 acrinathrin에서는 높은 저항성 비가 나타났다. Spinosyne계인 spinetoram은 영양지역 개체군에서 높은 저항성비를 보였다. Cyaniliprole은 안동지역 개체군에서 높은 저항성비를 보였다. 지역개체군들에 대한 약제반응 자료들을 기반으로 지역별 꽃노랑총채벌레 관리 전략에 효과적으로 이용될 수 있는 방안 마련이 필요할 것으로 생각된다.

**색인어** 아크리나트린, 플로메토퀸, 고추, 살충제 저항성, 지역 개체군

● ..... ●