



경북 북부지역 고추 총채벌레 발생양상 및 방제전략

이대홍^{1,2} · 김찬용¹ · 김광섭¹ · 신지혜¹ · 장길수¹ · 윤영남^{2*}¹경북농업기술원 영양고추연구소, ²충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과

Seasonal Occurrence and Management Strategies for Thrips on Red Pepper in Northern Gyeongbuk Province

Dae-hong Lee^{1,2}, Chan-yong Kim¹, Kwang-seop Kim¹, Ji-hye Shin¹, Kil-su Jang¹, Young-nam Youn^{2*}¹Yeongyang Pepper Research Institute, Gyeongsangbukdo Agricultural Research and Extension Services, Yeongyang 36531, Korea²Department of Applied Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

(Received on October 29, 2022. Revised on November 21, 2022. Accepted on November 21, 2022)

Abstract This study was investigated seasonal occurrence and efficiency test of insecticides focusing on thrips management on red pepper in northern Gyeongbuk province. During the seedling period, thrips were first observed in the greenhouses on February 10th. However, outside populations near greenhouses were first observed on April 14th. In open fields, *Frankliniella occidentalis* and *F. intonsa* were observed for the first time in weedy areas in late April and move to red pepper immediately after transplanting in early May. Thrips density was highest in mid-July in open fields. At efficiency tests of seven insecticides against thrips caught in four sites, all insecticides showed low contact toxicity (lower than 60% mortality) against Yecheon population. At field tests, fluxametamide and spinetoram showed 91.0%, 92.3% control values at seven days after second application in the open field, respectively. Whereas the control values of fluxametamide and spinetoram were 79.9% and 79.6% in the greenhouse, respectively. Control efficiency of insecticide rotation with different application schedules in open field was highest when starting at mid-May.

Key words Red pepper, Thrips, Insecticide, Control, Gyeongbuk

서론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 우리나라 전체 채소 중 가장 많은 재배면적과 생산액을 차지하는 국민 식생활에서 없어서는 안 될 중요한 조미채소로 2022년 재배면적은 29,770 ha로 전체 조미채소 재배면적의 35.6%를 차지하고 있는데 시도별 재배면적은 경북이 7,897 ha로 가장 넓고, 전남 4,531 ha, 전북 3,589 ha 순이다(KOSTAT, 2022). 그 중에서도 안동, 영양, 봉화 등 경북 북부지역의 고추 재배면적은 각각 1,456 ha, 1,190 ha, 960 ha로 국내 최대 고추 주산지로 꼽히고 있다(KOSIS, 2015). 그러나 매년 고추에서 발

생하는 병해충으로 인해 생산량은 감소되고 상품성은 낮아져 경제적 손실이 발생되고 있다.

우리나라에서 고추에 발생하는 병은 곰팡이병 19종과 세균병 5종 및 바이러스병 17종이 보고되고 있다(KSPP, 2020). 고추에 발생하고 있는 해충은 담배나방, 점박이응애, 꽃노랑총채벌레 등 모두 35종이 알려져 있으며(RDA, 2020), 비가림하우스에서는 진딧물, 총채벌레, 가루이, 잎응애, 담배나방 등이 주로 피해를 주고(Kim et al., 2012), 노지 재배지에서는 진딧물, 총채벌레 발생피해(Moon et al., 2006; Seo et al., 2018) 및 바이러스 매개에 의한 피해가 심한 편이다(Kwon et al., 2017). 국내 고추 바이러스 발생과 관련하여 1980년대 후반에는 Tobamovirus인 Tobacco mosaic virus (TMV)가 90% 이상 발생하는 것으로 나타났으나(Kim et al., 1990), 2000년 이후 진딧물 전염성인 Cucumber mosaic

*Corresponding author
E-mail: youngnam@cnu.ac.kr

virus (CMV), Broad bean wilt virus 2 (BBWV2), Pepper mottle virus (PepMoV), Potato virus Y (PVY)와 총채벌레 전염성인 Tomato spotted wilt virus (TSWV) 발생이 많은 것으로 보고되었다(Cho et al., 2007; Kim et al., 2012; Kwon et al., 2017). TSWV는 2003년 충남 예산지역 파프리카에서 발생된 후 서남해안 지역을 중심으로 피해가 발생하였으며(Lee et al., 2015), 2015년 이후 경북 북부지역의 고추 재배지에서도 발생피해가 보고되고 있다(Kwon et al., 2017). TSWV는 고추 잎과 열매에 동심원 모양의 병징을 보이며, 특히 열매 피해 부위가 수확 후 건조 이후에도 퇴색된 상태로 남아있어 상품성이 떨어뜨려 농가 수익에 직접적인 손해를 주는 바이러스이다(Moon et al., 2006; Seo et al., 2018). TSWV를 매개하는 총채벌레는 전 세계적으로 9종이며(Rotenberg et al., 2015) 국내에는 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*), 대만총채벌레(*F. intonsa*), 파총채벌레(*Thrips tabaci*) 그리고 영경퀴총채벌레(*Thrips setosus*) 4종이 분포한다.

고추에 발생하는 총채벌레는 꽃노랑총채벌레와 대만총채벌레 두 종이 우점한다고 알려져 있다(Kim et al., 2021). 대만총채벌레는 국내에서 1971년에 공식적으로 기록되었으며(Woo and Paik, 1971), 꽃노랑총채벌레는 1993년 국내에서 첫 발견(제주도) 이후 전국적 발생이 이뤄졌다(Han et al., 1998). 고추에서 총채벌레 피해는 크게 두 가지로 볼 수 있다. 하나는 직접피해로 섭식 또는 산란에 의해 잎과 과실에 굵은 자국, 은백화, 기형, 탈색 등을 유발한다(Reitz et al., 2020). 다른 하나는 간접피해로 TSWV (칼라병)를 매개하여 피해를 준다(Stafford et al., 2011). Kim et al. (2022)에 의하면 비가림하우스 고추재배지에서 대만총채벌레의 TSWV 보독률(%)은 최대 30%를 기록하며 연중 지속적으로 검출된다고 하였다. TSWV의 발생억제를 위해서는 매개충인 총채벌레의 방제는 매우 중요하다. 꽃노랑총채벌레의 경제적 피해허용수준은 꽃당 0.7~2.1마리로, 세대 주기가 짧고 번식력이 높으며 바이러스와 같은 2차 피해를 일으키므로 낮은 밀도일 때 방제가 수행되어야 한다(Park et al., 2007).

국내에서 총채벌레의 화학적 방제와 관련하여, cabamates계 bufuracarb, pyrroles계 chlorfenapyr, spinosyns계 spinetoram은 우수한 살충효과를 나타낸다고 보고되었으며(Lee et al., 2017; Cho et al., 2018; Yoon et al., 2020), neonicotinoids계 살충제인 acetamiprid, clothianidin, imidacloprid, thiamethoxam 등은 상대적으로 활성이 저조하다고 보고되었다(Lee et al., 2017, Cho et al., 2018). 또한 avermectins계인 emamectin benzoate는 꽃노랑총채벌레에 우수한 활성을 보이기도 하였지만(Yu et al., 2002; Choi et al., 2005; Youn et al., 2020), 반대로 살충활성이 저조하다고 보고되기도 하였다(Lee et al., 2017, Cho et al., 2018). 이처럼 총채벌레의 방제에서 살충제의 사용은 중요한 전략 중 하나이나,

저항성을 유발하기도 한다. 살충제에 대한 꽃노랑총채벌레의 저항성은 1961년 처음으로 보고된 이래 세계적으로 많은 사례가 발표되고 있다(Gao et al., 2012; Jensen, 2000). Gao et al. (2012)에 의하면 대표적인 총채벌레 약제인 Spinosyns계 spinosad의 경우 1998년 일본에서 14배, 2003년 스페인에서 13,500배 이상, 2006년 중국에서 80.8배의 고도저항성이 보고되기도 하였다. 국내에서는 Yu et al. (2002)가 총채벌레 약제인 pyrroles계 chlorfenapyr가 장미 재배지에서 1428.6배 이상의 높은 저항성을 나타내기도 한다고 보고하였다. 또한 최근에는 총채벌레 피해증가 및 저항성발현이 대두되면서 flometoquin계 flometoquin (2020년 등록), isoxazoline계 fluxametamide (2018년 등록) 등의 신규 총채벌레 약제들이 출시되어 고추에서 살포되고 있다(RDA, 2022). 따라서 고추에서 사용되는 총채벌레 약제들에 대한 활성평가와 이를 통한 방제전략 수립이 중요하다.

본 연구에서는 총채벌레 종합방제 기초자료를 제공하기 위하여 육묘하우스 및 노지포장에서 발생양상을 조사하였으며, 총채벌레 적용약제 7종에 대한 경북 북부지역 개체별 실내 효과검토, 비가림하우스(무가온 시설포장) 및 노지포장 효과검토를 수행하였다.

재료 및 방법

육묘기간 발생 모니터링

육묘기간 총채벌레 발생 모니터링은 영양군 내 고추 자가 육묘 하우스 4곳(영양군 수비면 1, 청기면 1, 영양읍 2)에서 수행되었다. 각 하우스 마다 내부 6지점(좌/우, 앞/가운데/뒤), 외부 3지점(앞/가운데/뒤)에 황색끈끈이트랩(150 mm × 250 mm, Greenagrotech, Gyeongsan, Korea)을 반으로 잘라서 설치하였다(Fig. 1). 2022년 2월 7일부터 4월 28일 까지 60일 동안 7일 간격으로 황색끈끈이 트랩을 수거 후 교체하였다. 수거한 트랩은 실험실로 가져와 해부현미경(Discovery.V8, ZEISS, Oberkochen, Germany)하에서 총채벌레 밀도를 조사하였다.

재배포장 내/외부 총채벌레 연중 발생변화

노지포장 내부 및 외부 총채벌레 발생분포를 조사하기 위하여 2022년 4월 28일부터 8월 2일까지 황색끈끈이트랩(150 mm × 250 mm)을 반으로 잘라서 영양고추연구소 노지포장 3곳(정식 5월 4일)의 내부 및 외부에 설치하였다. 10일 간격으로 수거한 트랩은 실험실로 가져와 해부현미경(Discovery.V8)하에서 Kim et al. (2021) 형태동정 기술로 종 동정하였다. 고추 재배포장 내부의 두둑 및 헛골은 흑색 HDPE필름(두께 0.015 mm)으로 4월 25일 멀칭하였으며, 외부는 잡초가 자라도록 멀칭을 실시하지 않았다. 정식은 5월 4일 하였으며, 재배포장 내부의 농약일반방제는 총채벌레에



Fig. 1. Yellow sticky traps installed inside (A) and outside (B) of greenhouses for red pepper seedlings.

Table 1. List of insecticides used for toxicity study of thrips

Chemical Classification (Mode of Action)	Insecticide	AI ^{a)}	Fomulation ^{b)}	RC ^{c)} (ppm)
Avermectins (6)	Abamectin	1.8	EC	30
	Emamectin benzoate	2.15	EC	12.5
Diamides (28)	Cyantraniliprole	5	EC	50
Flometoquin (34)	Flometoquin	10	SC	100
Isoxazolines (30)	Fluxametamide	9	EC	45
Pyrroles (13)	Chlorfenapyr	5	EC	50
Spinosyns (5)	Spinetoram	5	WG	25

^{a)}Active ingredient.

^{b)}EC=Emulsifiable Concentration, SC=Suspension Concentrate, WG=Water dispersibel Granule.

^{c)}Recommended concentration.

활성이 저조한 진딧물 방제제(pyrifluquinazon 6.5% SC, spirotetramat 22% SC, flonicamid 10% WG) 및 살균제로 진행하였다.

시험약제

국내에서 고추에 총채벌레 방제약제로 등록되어 판매되고 있는 단제 7종(abamectin, emamect benzoate, cyantraniliprole, chlorfenapyr, spinetoram, fluxametamide, flometoquin)에 대한 실내 및 포장 효과검토를 진행하였다(Table 1). Neonicotinoids계 약제의 경우 총채벌레 방제약제로 등록이 되어 있지만 진딧물 방제 전문약제이며, 총채벌레에 대한 효과가 저조하다는 여러 연구결과를 참고하여 검토에서 제외하였다 (Yu et al., 2002; Lee et al., 2017; Cho et al., 2018; Kim et al., 2018, Youn et al., 2020).

실내 살충활성 검증

경북 북부지역 비가립하우스 4곳(안동시 와룡면 1, 예천군 개포면 1, 영양군 영양읍 2)에서 2022년 8월에 실내검정에 필요한 꽃노랑총채벌레를 채집하였다. 채집은 insect

breeding dish (100 mm × 40 mm, SPL, Pocheon, Korea)를 사용하였으며 수분유지를 위해 filter paper (두께 0.26 mm, ADVANTEC, Tokyo, Japan)를 지름 98 mm 크기로 잘라서 바닥에 놓은 뒤 증류수 500 µl를 넣어주었다. 채집은 붓을 이용하여 꽃받침을 털어서 진행하였으며, 채집을 한 후 뚜껑 아래에 핸드타올(평량 40 g/m²)을 놓아서 총채벌레의 탈출을 막았다. 채집 후 24시간 이내에 시험을 진행하였다.

총채벌레 실내검정은 침지법을 통하여 섭식독성을 조사하였고, 분무처리법을 통하여 접촉독성을 조사하였다. 침지법은 각 살충제를 추천배수로 희석한 후 파종 7일 지난 대원콩(*Glycine max*) 떡잎을 30초간 침지, 1시간 음건하였다. Insect breeding dish에 지름 98 mm로 자른 filter paper를 올린 후 증류수 500 µl를 넣어주었다. 이 후 정사각형(4 cm × 4 cm)으로 자른 parafilm (M, Bemis, Neenah, Wisconsin, USA)을 놓은 뒤 음건된 콩 떡잎을 한 개씩 올려주고, 총채벌레 성충을 15~20마리씩 붓으로 집중하였다. 분무처리법은 총채벌레 성충 15~20마리씩 insect breeding dish에 분리한 후, 소형분무기(50 mm × 150 mm, DBP, Seoul, Korea)를 이용하여 5회(600 µl) 살포하였다. 이후 침지법과 같은 방법

으로 insect breeding dish에 filter paper와 parafilm을 차례로 올려주고 약제가 처리되지 않은 콩 떡잎을 먹이로 공급한 뒤, 총채벌레를 접종하였다. 뚜껑 아래에 핸드타올을 놓아서 총채벌레 탈출을 막았으며 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 50~60% 조건의 실험실에서 매일 500 μl 증류수를 공급하면서, 접종 48시간, 96시간 후 사충수를 조사하였다. 사충은 붓으로 건드렸을 때 몸길이만큼 움직이지 못하는 것을 기준으로 했으며, 사충률(%)은 사충수/접종마리수 $\times 100$ 으로 산출하였다.

포장 방제효과 검증

포장 방제효과 검증은 영양고추연구소 내 노지포장과 비가림하우스에서 난괴법 3반복으로 수행하였다. 노지포장 시험은 2022년 5월 4일 정식(40 cm \times 120 cm, 한줄 정식)한 고추(PR백두홍)에서 진행하였으며, 무처리 총채벌레 평균밀도가 꽃당 평균 3.0마리 수준일 때 동력분무기(EP-55W4H, ASABA, Nagano, JAPAN)를 이용하여 7일 간격 2회 경엽처리(6월 22일, 6월 29일) 하였다. 비가림하우스 시험은 2022년 4월 25일 정식(50 cm \times 130 cm, 한줄 정식)한 고추(PR백두홍)에서 진행하였으며, 총채벌레 밀도가 꽃당 평균 6.2마리 수준일 때 동력분무기를 이용하여 7일 간격 2회 경엽처리(8월 22일, 8월 29일) 하였다. 노지 시험, 비가림하우스 시험 모두 3회(처리 전, 1회 처리 7일 후, 2회 처리 7일 후) 조사하였으며, 반복당 20꽃에 대한 생충수를 포장에서 루페(10x, Nikon, Tokyo, Japan)를 이용하여 조사하였다. 방제효과(Control value, %)는 $[(a - b) / a] \times 100$ 으로 산출하였으며, a는 무처리 생충률(%), b는 처리구 생충률(%)이다.

총채벌레 방제시기별 효과검정

방제시기별 효과검정은 영양고추연구소 내 노지포장에서 난괴법 3반복으로 수행하였다. 2022년 5월 4일 정식한 고추(PR백두홍)을 대상으로 방제 시작시기를 다르게 한 4개 처리구(5월 중순 시작, 5월 하순 시작, 6월 상순 시작, 6월 중

순 시작)에 대한 총채벌레 생충수(반복당 20꽃)와 피해신초율(반복당 1000엽, 10주, 주당 10가지, 가지당 상위 10엽)을 조사하여 방제효과로 산출하였다. 총채벌레 피해엽은 섭식으로 잎에 기형증상이 생긴 잎을 조사하였다(Fig. 2). 총채벌레 약제처리는 동력분무기를 이용하였으며, 시기 및 순서는 Table 4와 같이 10일~15일 간격으로 진행하였다. 작물의 생육관리를 위해 농약 일반방제는 총채벌레에 활성이 저조한 진딧물 방제제(pyrifluquinazon 6.5% SC, spirotetramat 22% SC, flonicamid 10% WG, chlorantraniliprole 5% WG) 및 살균제로 진행하였다.

통계분석

약제별 효과검정, 처리시기별 효과검정 결과분석은 Duncan's multiple range test로 유의수준 5%에서 생충률(%), 생충수, 피해신초율(%)의 차이를 비교하였다(R version, 4.2.1).

결 과

육묘기간 총채벌레 발생현황

고추 자가육묘 하우스 4곳의 내부에서 총채벌레 발생조사를 한 결과, 영양1 포장에서는 2월 10일부터 총채벌레가 관찰된 후 지속적으로 밀도가 증가하다가 3월 17일에 발생최성기를 보였다. 영양4 포장은 2월 17일부터 총채벌레가 관찰되었으며 3월 24일에 발생최성기를 보였다. 영양2 포장은 3월 24일부터, 영양3 포장의 경우 4월 7일부터 총채벌레가 관찰되었으며, 육묘 재배가 끝나는 4월 말까지 지속적으로 밀도가 증가함을 확인 할 수 있었다(Fig 3A). 반면, 자가육묘 하우스 외부의 경우 4곳 모두 4월 14일부터 총채벌레가 관찰되었으며 4월 말까지 지속적으로 밀도가 증가함을 확인 할 수 있었다(Fig 3B).

노지포장 내/외부 총채벌레 연중 발생변화

노지포장 내부와 외부의 총채벌레 종별 발생추이를 조사



Fig. 2. Pictures of thrips (A) and their damages on leaves (B) in red pepper fields.

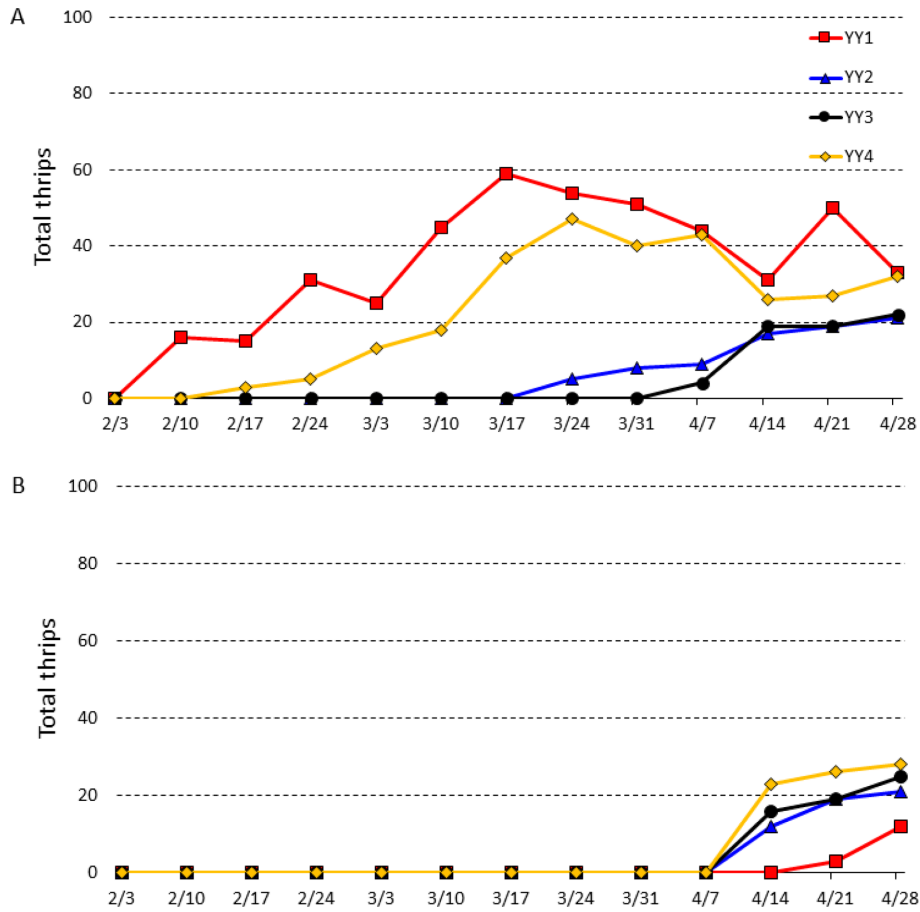


Fig. 3. Thrips occurrence inside (A) and outside (B) of each seedling greenhouse at four places of Yengyang (YY1 - YY4) in 2022.

하였다(Fig. 4). 잡초가 자라는 외부는 4월 28일부터 5월 4일 사이에 꽃노랑총채벌레와 대만총채벌레 발생이 관찰되었으며, 내부는 5월 4일부터 5월 14일 사이에 두 종의 발생이 관찰되었다. 노지포장에서 두 종의 발생은 내부, 외부 모두 대만총채벌레가 우위를 보였다. 대만총채 발생은 내부, 외부 모두 5월 14일부터 5월 24일 사이에 밀도증가(외부 20.0배, 내부 6.7배)가 이루어 졌으며, 7월 3일부터 7월 13일 사이에 발생최성기를 보였다. 꽃노랑총채벌레 발생은 내부에서 7월 3일부터 7월 13일 사이에 발생최성기를 보였고, 외부에서 6월 23일부터 7월 3일 사이에 발생최성기를 보였다. 꽃노랑총채벌레, 대만총채벌레, 기타 총채벌레류 발생비율(%)은(7월 3일~7월 13일 기준) 내부에서 5.9%, 90.1%, 4.0%, 외부에서 8.4%, 77.9%, 13.7%로 나타났다.

지역개체별 실내 살충활성 검정

지경북 북부지역 4개 비가림하우스에서 채집한 꽃노랑총채벌레를 대상으로 실내에서 섭식독성과 접촉독성을 검정한 결과는 Table 2 및 Table 3과 같았다. 7종 약제에 대한 섭식독성 검정 결과, emamectin benzoate, spinetoram은 4개 역 집단 모두에서 90% 이상의 사충률(%) 나타내었

다. cyantraniliprole, fluxametamide는 안동, 영양1, 영양 2 집단에서 90% 이상의 사충률(%) 보였고, abamectin, flometoquin, chlorfenapyr는 안동, 영양1 집단에서 90% 이상의 사충률(%)을 보였다. 채집된 집단별로 보면, 안동, 영양1 집단은 모든 약제가 90% 이상 방제효과를 보였으나, 예천 집단은 emamectin benzoate, spinetoram 2개 약제만 90% 이상 방제효과를 보였다.

접촉독성 검정 결과, cyantraniliprole는 4개 지역 집단 모두에서 60% 이하의 사충률(%)을 나타내어서 섭식독성이 강하게 작용하였다. cyantraniliprole을 제외한 6종 약제는 섭식독성과 함께 접촉독성도 보였다. abamectin과 emamectin benzoate는 안동, 영양1 집단에서 90% 이상의 사충률(%) 보였고, spinetoram은 안동, 영양2 집단에서 90% 이상의 사충률(%) 보였다. Flometoquin, fluxametamide, chlorfenapyr는 각각 1개 지역 집단에서 90% 이상의 사충률(%) 보였다. 채집된 집단별로 보면 예천 집단은 모든 약제가 70% 이하의 낮은 사충률(%) 보였다.

포장 방제효과 검정(노지/비가림하우스)

7종 총채벌레 약제를 대상으로 노지포장 1곳, 비가림하우

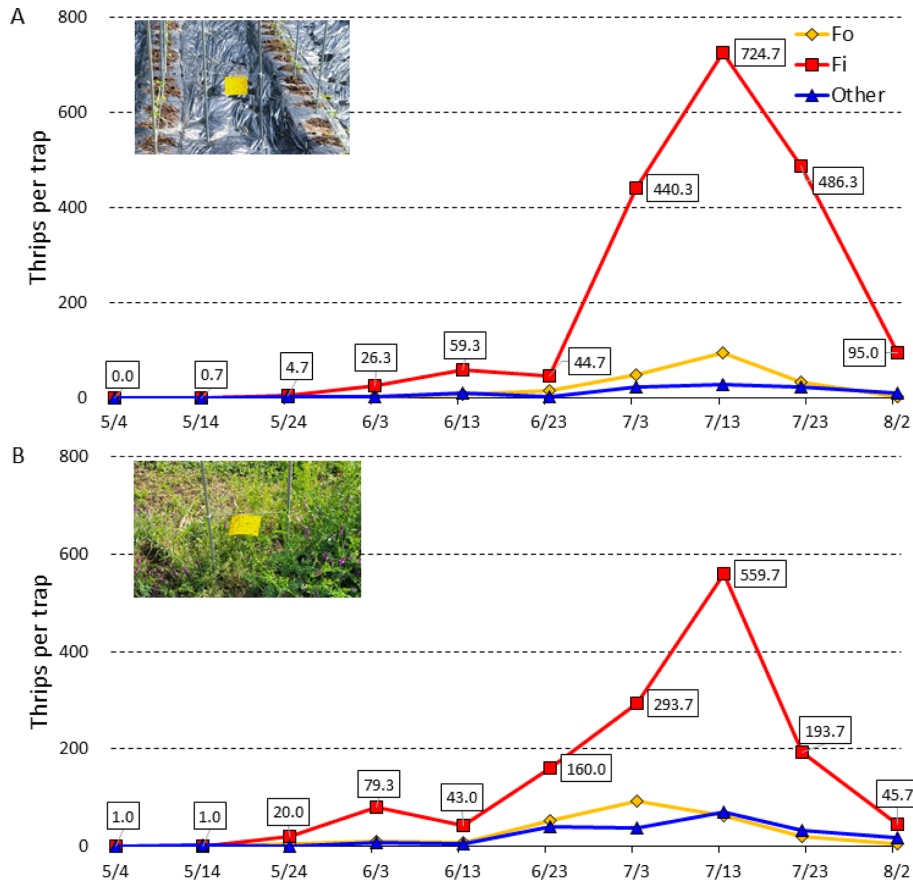


Fig. 4. Population dynamics of thrips and changes of their species composition in red pepper fields (A) and weedy areas around fields (B). Fo; *Frankliniella occidentalis*, Fi; *Frankliniella intonsa*, Other; Other thrips. Traps were installed and monitored every 10 days from April 28 to August 2. Numbers in the boxes indicate *Frankliniella intonsa* per trap.

Table 2. Comparison of toxicity of seven insecticides for *F. occidentalis* adults in four red pepper greenhouses by dipping treatment

Insecticide	Mortality ^{a)} (%, mean ± SE)			
	Andong	Yecheon	Yeongyang 1	Yeongyang 2
Avermectins				
Abamectin	91.7 ± 14.4a ^{b)}	88.5 ± 5.0ab	98.0 ± 3.4a	82.6 ± 13.8ab
Emamectin benzoate	100.0 ± 0.0a	95.9 ± 3.6a	100.0 ± 0.0a	95.6 ± 3.8ab
Diamides				
Cyantraniliprole	95.8 ± 7.2a	78.6 ± 17.1ab	95.4 ± 4.1a	90.7 ± 2.3ab
Flometoquin				
Flometoquin	95.2 ± 8.2a	73.1 ± 16.5b	100.0 ± 0.0a	75.2 ± 18.3b
Isoxazolines				
Fluxametamide	100.0 ± 0.0a	70.5 ± 12.9b	97.9 ± 3.6a	100.0 ± 0.0a
Pyrroles				
Chlorfenapyr	100.0 ± 0.0a	89.1 ± 5.9ab	100.0 ± 0.0a	84.6 ± 21.6ab
Spinosyns				
Spinetoram	100.0 ± 0.0a	90.4 ± 9.4ab	100.0 ± 0.0a	98.0 ± 3.4a
Control	3.7 ± 0.0b	1.7 ± 2.9c	2.6 ± 4.4b	1.4 ± 2.5c

^{a)}Mortality after 96 hours of thrips inoculation.

^{b)}Means followed by the same letter within a column are not significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test (R version, 4.2.1).

Table 3. Comparison of toxicity of seven insecticides for *F. occidentalis* adults in four red pepper greenhouses by spraying treatment

Insecticide	Mortality ^{a)} (%, mean ± SE)			
	Andong	Yecheon	Yeongyang 1	Yeongyang 2
Avermectins				
Abamectin	100.0 ± 0.0a	48.6 ± 33.5a	95.7 ± 3.7ab	83.1 ± 4.6ab
Emamectin benzoate	100.0 ± 0.0a	25.3 ± 38.2ab	92.0 ± 1.0ab	85.0 ± 11.1ab
Diamides				
Cyantraniliprole	58.3 ± 14.4c	30.6 ± 25.6ab	50.8 ± 11.3c	46.7 ± 15.2d
Flometoquin				
Flometoquin	80.2 ± 7.7b	60.6 ± 10.3a	100.0 ± 0.0a	53.3 ± 10.1cd
Isoxazolines				
Fluxametamide	80.6 ± 12.0b	37.2 ± 24.7ab	92.6 ± 12.8ab	69.1 ± 17.0bc
Pyrroles				
Chlorfenapyr	95.8 ± 7.2a	23.7 ± 6.4ab	82.2 ± 20.4ab	70.4 ± 8.0bc
Spinosyns				
Spinetoram	95.8 ± 7.2a	25.4 ± 25.0ab	79.9 ± 8.9b	95.2 ± 8.2a
Control	3.7 ± 0.0d	1.7 ± 2.9b	2.6 ± 4.4d	1.4 ± 2.5e

^{a)}Mortality after 96 hours of thrips inoculation.

^{b)}Means followed by the same letter within a column are not significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test (R version, 4.2.1).

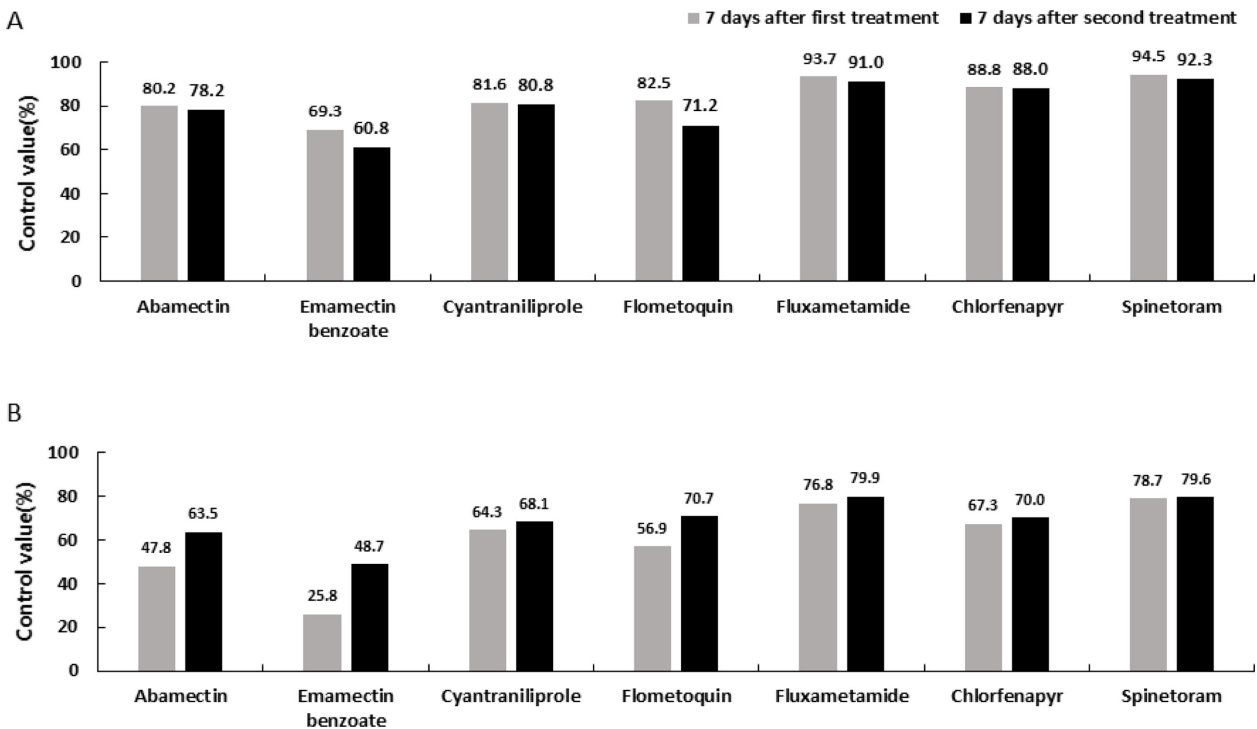


Fig. 5. Field test results of seven insecticides for thrips in open fields (A) and greenhouses (B) of red peppers.

스 1곳에서 포장검정을 수행한 결과는 Fig. 5와 같았다. 모든 약제의 방제효과는 노지포장이 비가림하우스 보다 높게 나타났다. 노지포장에서 spinetoram, fluxametamide 두 약제의 2차 처리 7일 후 방제효과는 90% 이상으로 나타났다. 반면에 emamectin benzoate는 70% 이하의 방제효과를 보였

다. Abamectin, cyantraniliprole, chlorfenapyr, flometoquin은 70%~80% 방제효과를 나타내었다.

비가림하우스에서 모든 약제는 2차 처리 7일 후 80% 이하의 방제효과를 보였다. Spinetoram, chlorfenapyr, fluxametamide, flometoquin은 70% 이상의 방제효과를 보였으나

Table 4. Control efficiency of insecticide rotation with different application schedules in open red pepper fields

Application time for thrips control						June 30		July 10	
5/16	5/31	6/10	6/20	6/30	7/10	Thrips per flower (mean ± SE)	Control value (%)	Damaged leaf rate (%, mean ± SE)	Control value (%)
R1	R2	R3	R4	R5	R6	0.0 ± 0.0c ^{a)}	100.0	0.5 ± 0.4b	86.8
X	R1	R2	R3	R4	R5	0.2 ± 0.1c	92.6	0.7 ± 0.5b	81.6
X	X	R1	R2	R3	R4	0.4 ± 0.2bc	85.2	1.4 ± 0.2b	63.2
X	X	X	R1	R2	R3	1.0 ± 0.2b	63.0	2.9 ± 1.6a	23.7
Control						2.7 ± 1.8a	-	3.8 ± 0.5a	-

X : Not sprayed.

R means insecticide rotation. R1~R4 are insecticides used to control thrips (R1, Chlorfenapyr 5% EC; R2, Fluxametamide 9% EC; R3, Emamectin benzoate 2.15% EC; R4, Spinetoram 5% WG). R5 is for thrips and moths, Fluxametamide 9% EC. R6 is for moths, Flubendiamide 20% SC.

^{a)}Means followed by the same letter within a column are not significantly different at P < 0.05 by Duncan's multiple range test (R version, 4.2.1).

abamectin, emamectin benzoate, cyantraniliprole은 70% 이하의 방제효과를 보였다.

총채벌레 방제시기별 효과검정

노지포장에서 총채벌레 방제시작 시기를 다르게 한 결과는 Table 4와 같았다. 5월 중순과 5월 하순부터 총채벌레 방제를 시작한 경우는 생충수 기준 100%, 92.6% 방제효과를 보였다. 반면 6월 상순과 6월 중순부터 총채벌레 방제를 시작한 경우 생충수 기준 85.2%, 63.0% 방제효과를 나타내어서 총채벌레 방제 시작시기가 늦어질수록 방제효과는 저조하게 나타났다.

고 찰

본 연구는 경북 북부지역 고추 육묘하우스 및 노지포장에서 총채벌레 발생양상을 조사하였으며, 총채벌레 적용약제에 대한 약효평가 및 적정 방제시기 연구를 통하여 총채벌레 및 바이러스 방제에 활용 가능한 자료를 제공하고자 수행하였다.

2022년 고추 육묘기간 황색끈끈이트랩으로 밀도조사를 진행한 결과, 영양지역 자가육묘 하우스 4곳 중 2곳은 2월 중순경부터 총채벌레가 발생하여 지속적으로 밀도가 증가하였다. 2021년 영양지역 3곳의 육묘하우스 총채벌레 초발생일 조사에서도 모두 2월 중하순부터 조사되었다(GARES, 2022). 이는 총채벌레가 갖는 내한성(Katayama and Ikeda, 1995) 및 휴면기작(Lee et al., 2001)으로 육묘하우스 내에서 2월부터 발생 및 증식이 이뤄진 것으로 보인다. 영양을 비롯한 경북 북부지역 육묘재배는 대부분 1월 중하순경에 파종하여 90일~100일 동안 재배를 하며, 육묘기간 동안 총채벌레의 의한 1차 피해(섭식피해), 2차 피해(TSWV)가 발생한다. 육묘에서의 총채벌레 피해를 경감하기 위해서는 2월 중순부터 총채벌레 방제제의 예방적인 살포가 이뤄져야 하며,

트랩을 통한 발생예찰이 중요하다.

노지포장에서 총채벌레의 발생 및 유입시기를 확인하고자 포장 내부와 잡초가 자라고 있는 외부의 밀도변화를 조사한 결과, 외부에서는 꽃노랑총채벌레, 대만총채벌레 발생이 4월 28일부터 5월 4일 사이에 관찰되었으며, 내부는 정식(5월 4일)이 지난 5월 4일부터 5월 14일 사이에 두 종이 관찰되었다. 노지포장 내부는 정식 이후부터 총채벌레가 관찰된 점을 미루어 볼 때, 잡초에 발생한 총채벌레가 정식 후 노지포장내부로 이동하였을 것으로 추측된다. 또한 노지포장 내부, 외부 모두 대만총채벌레가 우점하였으며, 이는 기존 연구논문의 결과와 유사하였다(Moon et al., 2006; Ko et al. 2013; Seo et al. 2018). 대만총채벌레의 밀도증가 시점은 5월 14일부터 5월 24일 사이였으며, 발생최성기는 7월 3일부터 7월 13일 사이로 나타나서, 총채벌레의 방제는 정식 후 5월 중순경부터 시작하여 밀도가 감소하는 7월 하순까지 이루어져야 할 것으로 판단된다.

국내 총채벌레 적용약제에 대한 선행연구 결과, pyrroles계(Mode of Action : 13) chlorfenapyr와 spinosyns계(MoA : 5) spinetoram은 공통적으로 총채벌레에 우수한 살충효과를 보였으며(Lee et al., 2017; Cho et al., 2018; Yoon et al., 2020), 본 연구에서도 spinetoram은 실내검정, 포장검정 모두 우수한 효과를 보였다. 다만 실내 접촉독성 평가시 예천 집단에서 25.4%의 살충효과를 나타내어서, Lee et al. (2017)의 결과와 마찬가지로 살포횟수, 살포량 등에 따라 저항성이 발현될 수도 있다고 판단된다. Chlorfenapyr은 예천과 영양2 집단에서 섭식독성 89.1%, 84.6%, 접촉독성 23.7%, 70.4%의 살충효과를 나타내어 두 집단에서는 저항성 발현 가능성이 있다고 판단된다. 다만 포장검정에서 비교약제들 대비 우수한 효과를 보였고, 안동, 영양1 집단 실내검정에서 90% 이상 살충효과를 보여 총채벌레 방제시 교호살포용 살충제로 활용 가능하다고 판단되며, 지속적인 약제 저항성 관리가 요구된다.

Diamides계(MoA : 28) cyantraniliprole은 곤충 근육의 ryanodine receptor에 작용하여, 총채벌레가 먹이를 섭식할 때 구침을 마비시켜 섭식을 방해한다(Selby et al., 2013). 실내검정 결과(접종 4일 후), 섭식독성이 접촉독성 대비 모든 집단에서 37.5%~48.0% 우수한 효과를 나타내어서 섭식독성이 상대적으로 강하게 작용하는 약제로 판단된다. Cyantraniliprole의 포장 검토결과, 노지와 비가림하우스에서 2차 약제처리 7일 후 각각 80.8%, 68.1% 방제효과를 나타내어 총채벌레 약제 교호살포에 활용 가능할 것으로 판단된다. 다만, 섭식독성이 강한 특성이 있으므로 다발생기 보다는 재배초기에 권장이 필요할 것으로 생각된다.

Isoxazoline계(MoA : 30) fluxametamide와 flometoquin계(MoA : 34) flometoquin은 이전 국내 총채벌레 연구논문에서 검토되지 않은 신규 총채벌레 방제제이며, 총채벌레 저항성관리를 위한 약제의 다양성 확보 차원에서 검토를 하였다. Fluxametamide는 곤충 신경계에서 γ -aminobutyric acid (GABA)가 관여하는 염소채널 작용을 저해하여 신경교란을 일으키는 총채벌레와 나방 전문약제이다(Asahi et al., 2018). 실내검정시 예천 집단을 제외하고는 우수한 살충활성을 보였고, 포장검정 결과 spinetoram과 함께 가장 우수한 방제효과를 나타내어 총채벌레 방제에 효과적인 살충제로 판단된다. Flometoquin은 곤충의 미토콘드리아 전자전달계(complex III)의 에너지 대사작용을 저해하는 약제이며, 총채벌레가 주요 타겟이다(IRAC, 2022). 실내검정시 예천과 영양2 집단에서는 섭식독성 73.1%, 75.2%, 접촉독성 60.6%, 53.3%의 저조한 살충효과를 나타내었으며, 노지와 비가림하우스에서 2차 약제처리 7일 후 70% 수준의 방제효과를 나타내었다.

Avermectins계통인 abamectin과 emamectin benzoate는 토양방선균(*Streptomyces avermitilis*)에서 추출한 천연성분의 유도체로서 총채벌레, 응애, 나방, 가루이 등 방제제로 오래전부터 사용된 살충제이다. 두 약제 모두 실내검정에서는 예천 집단을 제외하고는 우수한 살충효과를 보였으나, 포장검정에서는 저조한 효과를 나타내었다. 특히, emamectin benzoate는 비가림하우스 포장검정에서 2차 처리 7일 후 50% 이하의 살충효과를 나타내었다. 이는 emamectin benzoate의 빠른 광분해 및 짧은 반감기(배추 중 1.34-1.72일, 비름 중 2일) 등 물리적 특성이 요인이 될 수 있다고 판단되며(Kim et al., 2013), 총채벌레의 밀도가 높을 때는 타 계통 살충제와 혼용살포 하거나 처리 간격을 줄여서 사용하여야 할 것으로 판단된다.

7종 약제의 실내시험 결과 cyantraniliprole을 제외한 6종의 약제는 섭식독성과 접촉독성 모두를 나타내었으며, 침지법에 의한 섭식독성이 분무처리법에 의한 접촉독성 평가보다 평균 16.9% 우수한 살충효과를 나타냄을 확인 할 수 있었다. 예천 집단을 대상으로 한 실내검정에서는 기존 총채벌레 약제인 spinetoram, chlorfenapyr 뿐만 아니라, 신규약

제인 flometoquin, fluxametamide를 포함한 모든 약제가 저조한 살충효과를 나타내었다. 꽃노랑총채벌레의 약제 교차저항성 발현과 관련하여 methiocarb 저항성계통이 acephate와 dichlorvos에 고도의 교차저항성을 나타내었으며(Brødsgaard, 1994), abamectin 저항성계통이 chlorpyrifos에 11.4배의 교차저항성을 나타낸다는 보고가 있다(Chen et al., 2011). 예천 집단 또한 단일 계통이 아닌 여러 계통 약제에 교차 또는 복합저항성이 발생할 수 있다고 생각된다. 살충제 저항성 발현기작은 해독효소의 작용(Choi et al., 2001; Espinosa et al., 2005), 작용점 돌연변이(Point mutation) 등에 의해 발생하며(Kliot and Ghanim, 2012; Kang et al., 2017), 저항성 계통의 생리활성(번식력, 발육, 수명 등) 증가 및 감소에 대한 보고도 있다(Bielza et al., 2007; Kliot and Ghanim, 2012). 살충제 저항성은 발현기작 및 저항성 개체의 생리활성 변화에 따라 저항성 발현 범위 및 특성이 달라진다. 따라서 고추재배지 저항성 발달을 억제하고, 효율적인 해충방제법을 제시하기 위해서는 반수치사량 검토를 통한 지속적인 저항성 모니터링 및 발현기작에 대한 검토가 추가적으로 이루어져야 한다고 판단된다.

총채벌레 방제는 처리시기도 매우 중요하다. 경북 북부지역 노지고추 재배농가의 관행적 총채벌레 방제시기를 조사한 결과, 개화가 본격적으로 되는 6월 상순부터 방제를 시작한다. 본 연구에서 5월 중순부터 총채벌레 약제를 교호살포(Rotation) 하였을 경우 생충수, 피해신초율 기준 100%, 92.6%의 우수한 방제효과를 나타내었지만, 6월 상순부터 방제를 시작할 경우 85.2%, 63.0%로 방제효과가 상대적으로 낮아짐을 확인할 수 있었다. 총채벌레의 약충과 성충은 꽃내부로 이동한 후에는 약제의 섭식 및 접촉기회가 줄어들어 방제효과가 떨어진다고 판단된다(IRAC, 2011). 따라서 노지포장 총채벌레 방제시기는 개화 전 총채벌레 밀도가 증가하는 5월 중순경부터 이루어져야 한다고 판단된다. 이처럼 총채벌레 방제에서 방제시기도 매우 중요하며, 우수약제 선별, 저항성 모니터링 및 저항성 관리 등이 함께 이루어진다면 총채벌레 피해경감을 통한 농가의 수익향상에 도움이 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 지역특화작목 기술개발사업(과제번호 : PJ016958 012022)에 의해 수행한 “지역특화 재래종 고추의 소비확대를 위한 고품질 안전생산 및 부가가치 향상 기술 개발” 과제로 수행되었습니다.

Author Information and Contributions

Dae-hong Lee, Gyeongsangbukdo Agricultural Research

and Extension Services, Chungnam National University, Ph.D. student, <https://orcid.org/0000-0002-9749-3432>, Research design, Investigation, Data analysis, Writing original draft preparation

Chan-yong Kim, Gyeongsangbukdo Agricultural Research and Extension Services, Ph.D., Investigation, Data analysis

Kwang-seop Kim, Gyeongsangbukdo Agricultural Research and Extension Services, Ph.D., Data analysis

Ji-hye Shin, Gyeongsangbukdo Agricultural Research and Extension Services, Master, Investigation, Data analysis

Kil-su Jang, Gyeongsangbukdo Agricultural Research and Extension Services, Master, Data analysis

Young-nam Youn, Chungnam National University, Professor, ORCID <http://orcid.org/0000-0002-4956-1094>, Writing-review and Editing

이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

Literature Cited

- Asahi M, Kobayashi M, Kagami T, Nakahira K, Furukawa Y, et al., 2018. Fluxametamide: a novel isoxazoline insecticide that acts via a distinctive antagonism of insect ligand-gated chloride channels. *Pestic. Biochem. Physiol.* 151:67-72.
- Bielza P, Espinosa PJ, Quinto V, Abellán J, Contreras J, 2007. Synergism studies with binary mixtures of pyrethroid, carbamate and organophosphate insecticides on *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Management. Sci.* 63(1):84-89.
- Brødsgaard HF, 1994. Insecticide resistance in European and African strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) tested in a new residue-on-glass test. *J. Econ. Entomol.* 87(5):1141-1146.
- Chen X, Yuan L, Du Y, Zhang Y, Wang J, 2011. Cross-resistance and biochemical mechanisms of abamectin resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 101(1):34-38.
- Cho SW, Kyung YJ, Cho SR, Shin SE, 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)
- Choi BR, Lee SW, Park HM, Yoo JK, Kim SG, et al., 2005. Monitoring on insecticide resistance of major insect pests in plastic house. *Korean J. Pestic. Sci.* 9(4):380-390. (In Korean)
- Choi BR, Lee SW, Yoo JK, 2001. Resistance mechanisms of green peach aphid, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae), to imidacloprid. *Korean. J. Appl. Entomol.* 40:265-271. (In Korean)
- Cho JD, Kim JS, Lee SH, Choi GS, Chung BN, 2007. Viruses and symptoms on peppers, and their infection types in Korea. *Res. Plant Dis.* 13(2):75-81. (In Korean)
- Espinosa PJ, Contreras J, Quinto V, Grávalos C, Fernández E et al., 2005. Metabolic mechanisms of insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Manag. Sci.* 61(10):1009-1015.
- Gao Y, Lei Z, Reitz SR, 2012. Western flower thrips resistance to insecticides: detection, mechanisms, and management strategies. *Pest Manag. Sci.* 68(8):1111-1121.
- Gyeongsangbukdo Agricultural Research and Extension Services (GARES). 2022. Study on thrips control in red pepper. Daegu. Korea. (In Korean)
- Han MJ, Kim IS, Ahn SB, Lee ML, Hong KJ, 1998. Distribution and host plants of recently introduced western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in Korea. *RDA J. Crop Prot.* 40(2): 83-88. (In Korean)
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC), 2011. Mechanisms of insecticide resistance in western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). <https://irac-online.org>. (Accessed Oct. 23. 2022)
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC), 2022. The IRAC mode of action classification online. <https://irac-online.org/mode-of-action/classification-online/>. (Accessed Oct. 23. 2022)
- Jensen, SE, 2000. Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Integrated Pest Management Rev.* 5:131-146.
- Kang WJ, Koo HN, Jeong DH, Kim HK, Kim J, et al., 2017. Functional and genetic characteristics of chlorantraniliprole resistance in the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Entomol. Research.* 47(6):394-403.
- Katayama, H., Ikeda, F. 1995. Overwintering of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* Pergande in the western region of Shizuoka Prefecture. *B. Shizuoka Agric. Exp. Stn.* 40:63-73.
- Kim CI, Kwon GM, Ham EH, Park JJ, Kim YG, et al., 2022. Yearly occurrence of thrips infesting red pepper in greenhouses and differential damages of dominant thrips. *Korean J. Appl. Entomol.* 61(2):319-330. (In Korean)
- Kim CY, Choi DY, Kang JH, Ahmed S, Kil EJ, et al., 2021. Thrips infesting hot pepper cultured in greenhouses and variation in gene sequences encoded in TSWV. *Korean. J. Appl. Entomol.* 60(4):387-401. (In Korean)
- Kim JH, Byeon YW, Choi MY, Ji CW, Heo SY, 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 JK, Kim DS, Heo SJ, Ham HJ, Hur JH, 2013. Establishment of pre-harvest residue limit (PHRL) of emamectin benzoate during cultivation of amaranth. *Korean J. Pestic. Sci.* 17(2):77-83. (In Korean)
- Kim JS, Kim SK, Choi GS, Lee MW, 1990. Virus disease incidence and symptom appearance in red pepper. *Korean J. Plant Pathol.* 6(1):125-132. (In Korean)
- Kim JS, Lee SH, Choi HS, Kim MK, Kwak HR, et al., 2012. 2007-2011 characteristics of plant virus infections on crop samples submitted from agricultural places. *Res. Plant Dis.* 18(4):277-289. (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. Pestic. Sci.* 22(1):1-7. (In Korean)
- Kliot A, Ghanim M, 2012. Fitness costs associated with insecticide resistance. *Pest Manag. Sci.* 68(11):1431-1437.
- Ko SJ, Kang BR, Choi DS, Kim DI, Lee GS, et al., 2013. Pattern of the occurrence of tomato spotted wilt virus in Jeonnam Province. *Res. Plant Dis.* 19(4):273-280. (In Korean)
- Korea Crop Protection Association (KCPA), 2020. Agrochemicals user's guide book, Korea Crop Protection Association. <https://www.koreacpa.org/ko/use-book>. (Accessed Dec. 1. 2020). (In Korean)
- Korean Statistical Information Service (KOSIS). 2015. Current state of cultivation area of major pepper production areas. https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ET0069&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=K1_15&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE. (Accessed Oct. 23. 2022). (In Korean)
- Kwon OH, Lee JH, Jang KS, Kim DJ, Kim CY, et al., 2017. Incidence of viral diseases on red pepper in Yeongyang-gun, Gyeongbuk province. *Res. Plant Dis.* 23(3):234-240. (In Korean)
- Lee GS, Lee JH, Kang SH, Woo KS, 2001. Thrips species (Thysanoptera: Thripidae) in winter season and their vernal activities on Jeju island. *Korea. J. Asia Pac. Entomol.* 4(2): 115-122. (In Korean)
- Lee JH, Hong JS, Ju HJ, Park DH, 2015. Occurrence of viral diseases in field-cultivated pepper in Korea from 2006 to 2010. *Korean J. Organic Agri.* 23(1):123-131. (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)
- Moon HC, Cho IK, Im JR, Goh BR, Kim DH, et al., 2006. Seasonal occurrence and damage by thrips on open red pepper in Jeonbuk province. *Korean J. Appl. Entomol.* 45(1):9-13. (In Korean)
- 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.
- Reitz SR, Gao Y, Kirk WDJ, Hoddle MS, Leiss KA, et al., 2020. Invasion biology, ecology, and management of western flower thrips. *Annu. Rev. Entomol.* 65:17-37.
- Rotenberg D, Jacobson AL, Schneweis DJ, Whitfield AE, 2015. Thrips transmission of tospoviruses. *Curr. Opin. Virol.* 15:80-89.
- Rural Development Administration (RDA), 2020. Agricultural technology guide, Pepper. Jinhan M&B Inc. Seoul. Korea. (In Korean)
- Rural Development Administration (RDA), 2022. Pesticide searching. <https://psis.rda.go.kr/psis/agg/res/agchmRegistStusLst.ps?menuId=PS00263>. (In Korean)
- Selby TP, Lahm GP, Stevenson TM, Hughes KA, Cordova D, et al., 2013. Discovery of cyantraniliprole, a potent and selective anthranilic diamide ryanodine receptor activator with cross-spectrum insecticidal activity. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 23(23):6341-6345.
- Seo MH, Lee SC, Yang CY, Yoon JB, Park J, 2018. Monitoring occurrence status of thrips populations on field-cultivated pepper at major cultivated region in west coast, Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 36(4):544-549. (In Korean)
- Stafford CA, Walker GP, Ullman DE, 2011. Infection with a plant virus modifies vector feeding behavior. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 108(23):9350-9355.
- Statistics Korea (KOSTAT), 2022. Area of cultivation of pepper and rice. https://www.kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/8/9/index.board?bmode=read&bSeq=&aSeq=420146&pageNo=1&rowNum=10&navCount=10&currPg=&searchInfo=&sTarget=title&sTxt=. (Accessed Oct. 23. 2022).
- The Korean Society of Plant Pathology (KSPP), 2020. List of plant disease in Korea. <http://genebank.rda.go.kr/plntDissInfoMain.do>. (Accessed Oct. 23, 2022).
- Yoon JB, Cho YS, Yang CY, Seo MH, 2020. Insecticide susceptibility on Developmental Stages of *Frankliniella occidentalis* in chrysanthemum cultivation. *Korean J. Plant Prot.* 24(2):148-155.
- Yu JS, Kim JI, Kim GH, 2002. Insecticide susceptibilities of rose field-collected population of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in Koera. *Korean J. Pestic. Sci.* 6(2):80-86. (In Korean)
- Woo KS, Paik WH, 1971. Studies on the thrips (Thysanoptera) unrecorded in Korea (I). *Korean J. Appl. Entomol.* 10(2): 69-73.

경북 북부지역 고추 총채벌레 발생양상 및 방제전략

이대홍^{1,2} · 김찬용¹ · 김광섭¹ · 신지혜¹ · 장길수¹ · 윤영남^{2*}

¹경북농업기술원 영양고추연구소, ²충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과

요 약 경북 북부지역 고추 총채벌레 방제전략 수립을 위한 발생양상 조사 및 살충제 효과검정 결과는 다음과 같았다. 육묘기간 총채벌레 발생을 조사한 결과 육묘하우스 내부에서는 2월 10일부터 발생하여 증가하였으며, 외부는 4월 14일부터 발생이 관찰되었다. 노지포장 발생양상 조사결과, 외부의 잡초에서는 4월 하순경 발생하여, 정식 직 후 고추포장으로 유입이 되었으며, 7월 중순 발생최성기를 보였다. 지역개체별 7종 총채벌레 약제의 실내 약효평가 결과, 예천 집단에서는 7종 약제 모두가 60% 이하의 사충률을 나타내어, 살충제 저항성 및 교차저항성이 의심된다. 7종 살충제의 포장 효과검토 결과, isoxazolines계 fluxametamide와 spinosyns계 spinetoram은 노지에서 2차 처리 7일 후 91.0%, 92.3%, 시설포장에서 2차 처리 7일 후 79.9%, 79.6%의 우수한 방제효과를 나타내어 총채벌레 방제에 활용 가능할 것으로 판단된다. 방제 시작시기별 교호살포(rotation) 효과검토 결과, 5월 중순부터 방제를 시작할 경우 6월 30일 생충수 기준 100%, 7월 10일 피해신초율(%) 기준 92.6%의 우수한 방제효과를 나타내어, 정식 후 총채벌레가 유입되는 5월 중순부터 방제가 이루어져야 한다고 판단된다.

색인어 고추, 총채벌레, 살충제, 방제, 경북