

# 토마토 반축성 시설 재배에서 천적중심 온실가루이와 총채벌레 관리모델

정태성 · 황미란 · 황세정 · 이재홍 · 이안수 · 원헌섭 · 홍대기 · 조점래<sup>1</sup> · 함은혜<sup>2\*</sup>

강원도농업기술원 환경농업연구과, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과, <sup>2</sup>(주)오상킨섹트 생물자원연구소

## Greenhouse Whitefly and Thrips Management Model Using Natural Enemies in Semi-forcing Culture of Tomato

Tae-Sung Jeong, Mi-Ran Hwang, Se-Jung Hwang, Jae-Hong Lee, An-Soo Lee, Heon-Seop Won, Dae-Ki Hong, Jum-Rae Cho<sup>1</sup> and Eun Hye Ham<sup>2\*</sup>

Division of Agricultural Environment Research, Gangwon-do Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24226, Korea

<sup>1</sup>Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 54875, Korea

<sup>2</sup>Institute for Bioresources, Osangkinsect Co., Ltd., Guri 11921, Korea

**ABSTRACT:** To investigate the control effect of insect pests by natural enemies, sticky traps were used in commercial tomato greenhouses in Chun-cheon and the experiment fields of Gangwon-do Agricultural Research and Extension Services, Republic of Korea using semi-forcing culture (February to June). We selected low toxicity pesticides, environment-friendly agricultural materials (EFAM), and natural enemies of the study species, combinations of which have been previously used in farms to control insect pests. In this study, *Trialeurodes vaporariorum* and thrips, which are major agricultural insect pests, were studied in experimental greenhouses. The adult *T. vaporariorum* population was observed in mid-April and the population of thrips showed occurrences in early April. Regarding seasonal fluctuation, *T. vaporariorum* peaked in mid-May and thrips peaked after June. one insecticide, spiromesifen suspension concentrate (SC); one fungicide, cyazofamid SC; and two EFAMs containing neem tree extract were shown to be slightly toxic to *Encarsia formosa* and *Orius laevigatus*. The results of this study could be used to develop management models using natural enemies of control the insect pests; *T. vaporariorum* and thrips in semi-forcing culture of tomato.

**Key words:** Tomato, *Trialeurodes vaporariorum*, Thrips, Natural enemy, Management model

**초록:** 춘천지역 농가 및 강원도농업기술원 내 시험포장에서 반축성재배토마토(2~6월)에서 트랩을 이용한 주요 해충의 발생밀도와 천적 등을 이용한 방제효과를 조사 하였다. 토마토 재배농가에서 주로 사용하는 약제와 유기농자재의 천적곤충에 대한 독성평가도 수행하였다. 반축성재배 시 발생하는 주요 해충은 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)와 총채벌레류이었다. 온실가루이의 경우 4월 중순경부터 발생하기 시작하여 5월 중순 이후 발생이 증가하였고, 총채벌레류는 4월 상순 경 발생을 시작하여 6월 이후에 증가하는 경향을 보였다. 저독성약제 선발시험을 통해 온실가루이와 총채벌레의 천적인 온실가루이좀벌과 미끌애꽃노린재에 대해 60% 이하의 독성을 보이는 살충제 1종(spiromesifen SC), 살균제 1종(cyazofamid SC) 및 님 추출물이 함유된 유기농자재 외 1종을 선발하였다. 이상의 결과에서 제시한 천적중심 관리모델을 적극적으로 활용할 다면 토마토 반축성 시설재배 시 온실가루이와 총채벌레를 효율적으로 관리할 수 있을 것으로 기대된다.

**검색어:** 토마토, 온실가루이, 총채벌레, 천적, 관리모델

토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill)는 가지과(Solanaceae)에 속하는 주요 원예작물로 국내에서는 100% 시설 내에서 재배되고 있으며, 2013년 6,054 ha이었던 재배면적이 2014년 7,070 ha로 16% 증가하였으며, 최근 국민소득향상과 건강에

대한 관심이 높아지면서 친환경 농산물에 대한 요구도 높아지고 있다. 친환경 농산물을 생산하기 위한 천적의 사용비율은 꾸준히 높아지고 있으나 천적을 이용한 생물적 방제효과를 높이기 위한 작물 및 작형별 천적 이용 기술에 대한 종합적인 검토는 미미한 실정이다(Chung et al., 2013; Choi et al., 2016).

토마토에 발생하는 주요 해충으로는 가루이류, 총채벌레류와 잎갈파리류가 알려져 있다(Lee, 2009a; Lee, 2009b). 온실가

\*Corresponding author: ehham@k-insect.com

Received October 12 2017; Revised November 6 2017

Accepted November 13 2017

루이(*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood))는 매미목 (Homoptera) 가루이과(Aleyrodidae)에 속하며 기주범위가 넓고, 유충과 성충이 식물 즙액을 흡즙하여 생장에 영향을 주며, 분비물로 인한 그을음병 유발로 상품의 가치 저하 등의 피해를 주고 있다. 시설 내에 한번 발생 하면 급격하게 개체수가 증가하고 약제에 대한 내성이 높아 방제가 쉽지 않다(Chung and Son, 2001; Choi and Kim, 2004). 총채벌레는 총채벌레목 (Thysanoptera) 총채벌레과(Thripidae)에 속하며 주로 시설 토마토에서는 대만총채벌레(*Frankliniella intonsa* (Trybom))와 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis* (Pergande))가 발생하며 성충과 유충 모두 꽃, 잎 및 새싹을 흡즙하여 가해부위의 변색이나 생육 및 상품 저하 등에 영향을 미친다(Lee et al., 2003). 이러한 해충의 방제를 위해서 사용된 약제에 대한 저항성의 문제 및 친환경인증 농가의 증가로 미생물농약이나 천적, 저독성약제 등을 이용한 관리모델에 관한 기초 연구가 이루어지고 있으나(Choi et al., 2001; Choi et al., 2005; Choi et al.,

2005a; Choi et al., 2013; Choi et al., 2014; Han, 2014; Lee et al., 2017) 아직까지 화학적 방제가 주를 이루고 있다(Nerio et al., 2009; Lee et al., 2013; Choi et al., 2016a).

이에 본 연구에서 토마토 반축성 시설재배시기(2월~6월)에 발생하는 주요 해충인 온실가루이와 총채벌레 방제를 위한 천적 중심의 종합적인 관리모델을 만들기 위하여 수행하였다. 이를 위해 반축성 시설토마토 재배온실의 온도변화 및 발생한 해충의 경시적인 밀도변동을 조사하였고, 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa* Gahan) 및 미끌애꽃노린재(*Orius laevigatus* (Fieber))에 대한 저독성약제와 유기농자재를 선발하였다.

## 재료 및 방법

### 방제방법에 따른 해충 발생 양상 조사

시험은 강원도 춘천시 산천리, 천전리와 강원도농업기술원

**Table 1.** Design of the five greenhouse trials

Trials	Sancheon-ri (Trial 1)	Cheonjeon-ri (Trial 2)	Experiment fields of GARES <sup>1)</sup>		
			(Trial 3)	(Trial 4)	(Trial 5)
Treatment <sup>2)</sup>	B + C	B + E I	B	B + E II	C
Cultivar	Rapido	Megaton	Rapido	Rapido	Rapido
Area (m <sup>2</sup> )	495	462	165	165	165
Planting date	16-Feb.	4-Feb.	25-Mar.	25-Mar.	25-Mar.
Plant spacing (cm)	90 × 40				

<sup>1)</sup>GARES: Gangwon-do Agricultural Research and Extension Services.

<sup>2)</sup>B: Biological, C: Chemical, E: Environment-friendly agricultural materials.

**Table 2.** Application of natural enemies and pesticides to control insect pests (greenhouse whitefly and thrips) and fungicides on five tomato greenhouse trials

Trials	Application <sup>1)</sup> time								
	April			May			June		
	F	M	L	F	M	L	F	M	L
1	◆▼		ⓕ <sup>2)</sup>			◆▼	● <sup>3)</sup>	● <sup>3)</sup>	
2		⊙ <sup>4)</sup>		⊙ <sup>4)</sup> ◆	⊙ <sup>5)</sup>	⊙ <sup>5)</sup>			
3			◆	◆▼	◆	◆	◆	▼	
4			◆	◆▼	◆		⊙ <sup>5)</sup> ⊙ <sup>4)</sup>	▼⊙ <sup>4)</sup>	⊙ <sup>4)</sup>
5		● <sup>3)</sup>	● <sup>6)</sup>	● <sup>7)</sup>	● <sup>3)</sup>	● <sup>8)</sup>	ⓕⓕ <sup>9)</sup>	● <sup>6)</sup>	

<sup>1)</sup>◆: *Encarsia Formosa* introduced (rate: 4.5 pupae/m<sup>2</sup>), ▼: *Orius laevigatus* introduced (rate: 0.75 adults and nymphs/m<sup>2</sup>), ●: Insecticide sprayed, ⊙: Environment-friendly agricultural materials sprayed, ⓕ: Fungicide sprayed.

<sup>2)</sup>Triflumizole WP 30%.

<sup>3)</sup>Emamectic benzoate EC 2.15%.

<sup>4)</sup>Citronella oil 30% + derris extract 20% + Cinnamon extract 10% .

<sup>5)</sup>Shphora 20% and neem extract 60%.

<sup>6)</sup>Thiamethoxam WG 10%.

<sup>7)</sup>Chlorfenapyr 6% + Clothianidin10% SC.

<sup>8)</sup>Chlorfenapyr EC 5%.

<sup>9)</sup>Kasugamycin 9% + polyoxin d 4%.

내의 단 동 시설토마토 하우스(5동)에서 수행하였다. 방제방법에 따른 시설토마토에서 주요 해충의 발생 양상을 조사하기 위하여 생물적 방제구, 생물적 방제와 약제의 혼합 처리구 및 약제 단독 처리구로 구분하였다. 각 시설 하우스의 재배현황과 약제 및 천적의 투입내역은 Tables 1, 2와 같다.

가루이류와 총채벌레류 성충 밀도를 조사하기 위해 널리 사용되고 있는 방법은 황색과 청색 끈끈이 트랩을 이용하는 것이며, 식물체의 상부, 중부 및 하부의 해충 밀도변동의 확인을 위해서 육안조사를 추가로 실시하는데(Ekbom, 1980; Gillespie and Quiring, 1987; Pinto-Zevallos and Vanninen, 2013; Sun et al., 2017), 본 실험에서는 끈끈이 트랩만 이용해서 포장 내 해충의 발생과 밀도 변동을 조사하였다. 정식 후 10 × 25 cm의 황색

과 청색 끈끈이 트랩을 5 m 간격으로 토마토 최상부위의 약 10 cm 높이에 각 5장 설치하였고, 2016년 4월 5일부터 7월 12일까지 7일 간격으로 트랩에 포획된 해충 수를 조사하였다. 또한 시험포장의 평균기온과 습도가 천적에 미치는 영향을 분석하기 위하여 조사기간 동안 천전리와 강원도농업기술원 내의 토마토 시설하우스에 HOB0® (Onset, u23-001)를 설치하여 일 평균기온과 습도를 조사하였다.

### 천적에 안전한 저독성약제 및 유기농자재 선발

시설토마토 해충의 천적인 온실가루이좀벌 및 미끌애꽃노린재에 대한 저독성약제 및 유기농자재를 선발하기 위하여 토

**Table 3.** Application of natural enemies and pesticides to control insect pests (greenhouse whitefly and thrips) and fungicides on five tomato greenhouse trials

Type <sup>1)</sup>	Active ingredient (a.i.)	Formulation <sup>2)</sup>	% a.i.	Conc. tested/500 ml
I	Pyriproxyfen	EC	10	0.25 ml
	Spinosad	WG	10	0.25 g
	Thiamethoxam	WG	10	0.25 g
	Chlorfenapyr, Clothianidin	SC	6, 6	0.25 ml
	Emamectin benzoate	EC	2.1	0.25 ml
	Dinotefuran	WP	10	0.5 g
	Spiromesifen	SC	20	0.25 ml
	Clothianidin	SC	8	0.25 ml
	Novaluron	SC	10	0.25 ml
	Cyantraniliprole	EC	5	0.5 ml
	Abamectin, Chlorantraniliprole	SC	1.7, 4.2	0.25 ml
	Spinetoram	WG	5	0.25 g
	Clothianidin, Spinetoram	SC	6, 4	0.25 ml
	Cartap hydrochloride	GR	4	0.5 g
	Sulfoxaflor	WG	7	0.25 g
	Thiacloprid	SC	10	0.25 ml
	Acetamiprid, etofenprox	WP	2.5, 8	0.5 g
	Buprofezin, thiacloprid	SC	20, 5	0.25 ml
F	Kasugamycin, polyoxin D	WG	9, 4	0.25 g
	Fludioxonil	SC	20	0.25 ml
	Amisulbrom	SC	13.5	0.25 ml
	Cyazofamid	SC	10	0.25 ml
	Iminoctadine tris(albesilate), polyoxin B	WP	20, 10	0.5 g
E	Seaweed and peat extract	-	20, 11	1 ml
	Neem extract 1	-	80	0.5 ml
	Sophora seed extract	-	70	0.5 ml
	Neem extract 2	-	80	0.25 ml
	Neem extract 3	-	100	1 ml
	Shphora and neem extract	-	20, 60	0.5 ml

<sup>1)</sup>I: Insecticide, F: Fungicide, E: Environment-friendly agricultural materials.

<sup>2)</sup>GR: granule EC: emulsifiable concentrate SC: suspension concentrate, WG: water dispersible granule, WP: wettable powder.

마토에 등록된 약제 및 농가에서 많이 사용하는 살충제 18종, 살균제 5종 및 유기농자재 6종을 선정하여 약제 별 추천농도로 희석한 뒤, 성충은 잎침지법, 온실가루이좀벌 번데기는 층채침지법을 이용하여 독성을 평가하였다. 각각의 약제에 대한 유효성분의 함량과 희석배수에 대한 내용은 Table 3과 같다. 잎침지법을 위해 약제 살포 없이 온실에서 재배한 토마토 잎을 준비한 뒤 추천농도로 희석된 약액이 들어있는 500 ml 비커에 30초간 침지한 후 약 30분간 음건하였다. 무처리는 증류수에 동일한 방법으로 처리하였다. 음건한 잎은 4 cm 정도의 환기망이 있는 원형 플라스틱용기(12.5 × 9 cm)에 넣어 천적을 10마리씩 접종하였고, 먹이로는 10%농도로 희석한 꿀물을 공급하여 주었다. 처리된 플라스틱용기는 25 ± 1°C, 상대습도 65 ± 5% 및 광주기 16L:8D의 항온기에 넣어 24, 48시간 후의 생충수를 조사하여 보정사충률(%)로 표기하였다.

보정사충률(%) =

$$\frac{\text{약제처리전생충수} - \text{약제처리후생충수}}{\text{약제처리전생충수}} \times 100 - \text{무처리평균사충률}$$

온실가루이좀벌 번데기는 상기와 동일한 약액이 들어있는 비커에 5초간 침지한 후 음건하여 1주일 후 우화율을 조사하였다. 각 실험은 반복당 10개체씩 3반복으로 실시하였으며, 저독성 평가는 IOBC 설정기준에 맞추어 분류하였다(Bakker et al., 1992).

## 통계분석

통계분석은 Microsoft Office Excel 2007을 사용하여 평균 ± 표준편차 값을 도식화하고, 처리 효과를 판별하기 위해 일원배치

분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 모든 처리 평균은 Type I error = 0.05에서 최소유의차검정에 의하여 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 방제방법에 따른 해충 발생 양상 조사

토마토 반축성 재배 시 시설 하우스 내 기상변화를 조사하기 위해 2016년 4월 상순에서 7월 상순까지의 천전리(Trial 2)와 강원도농업기술원 내의 토마토 시설하우스(Trial 3)의 일 평균 기온과 습도를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 실험이 진행된 4월부터 7월까지의 천전리(Trial 2)의 일 평균기온은 22.7 ± 3.9°C, 상대습도는 70.7 ± 9.5%, 강원도농업기술원 내의 토마토 시설하우스(Trial 3)의 일 평균기온은 21.5 ± 3.3°C, 상대습도는 78.3 ± 7.9%였다. 시설토마토 하우스 2동의 일 평균기온은 22.1 ± 3.5°C, 상대습도는 74.5 ± 7.9%로 유지되어 토마토의 생육 및 천적의 기생력에는 큰 영향이 없었을 것으로 판단된다(Fig. 1).

토마토는 야간기온이 13~16°C 일 때, 과실 생산성, 무게 및 당도가 높게 나타나는 저온성 작물로 밤 온도 10°C 이하에서는 생육이 나빠지고 기형과 발생이 증가하며, 20°C 이상이 되면 공동과, 낙화가 많아지고 품질이 나빠진다(Kang et al., 2012). 온실가루이 천적인 온실가루이좀벌도 온도에 민감한 반응을 보여 평균 18°C 이하의 온도나 33°C 이상의 온도에서는 산란수(기생률)가 줄어들어 방제효과가 낮아지므로(Malais and Ravensberg, 1992; Kim, 2014), 평균 18°C 이하로 유지되는 토마토하우스에서는 천적의 방사밀도를 높여야 한다고 보고한 바 있다(De Vis and van Lenteren, 2008). 또한 반축성재배 이외에 고온기에도 작기가 지속되는 포장에는 온실가루이좀벌 대신 고온기에도 해충 방제효과가 뛰어난 담배장님노린재를

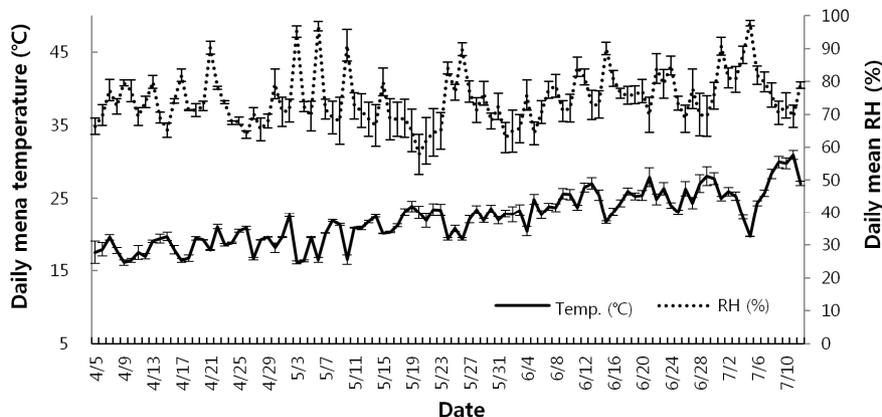


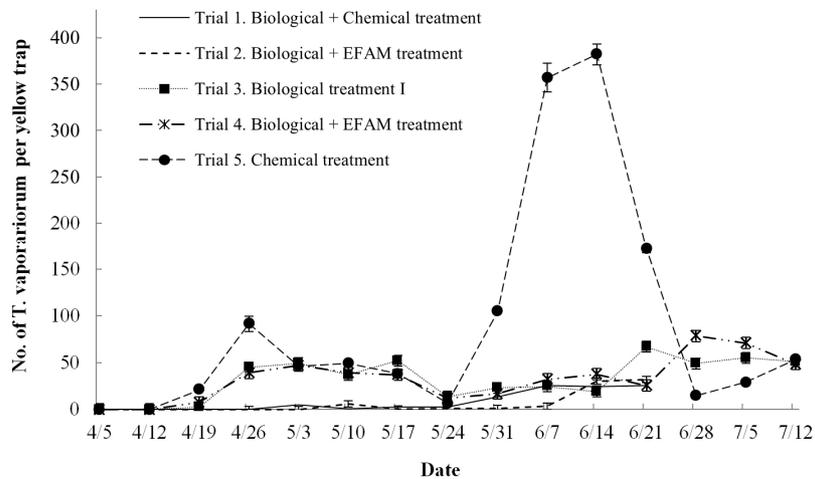
Fig. 1. Daily mean temperature (°C) and relative humidity (RH) (%) of the tomato greenhouse during the experiment. Error bars represent the standard error.

활용할 수 있을 것이다(Vacante and Benuzzi, 2002; Sanchez et al., 2006; Sanchez et al., 2009).

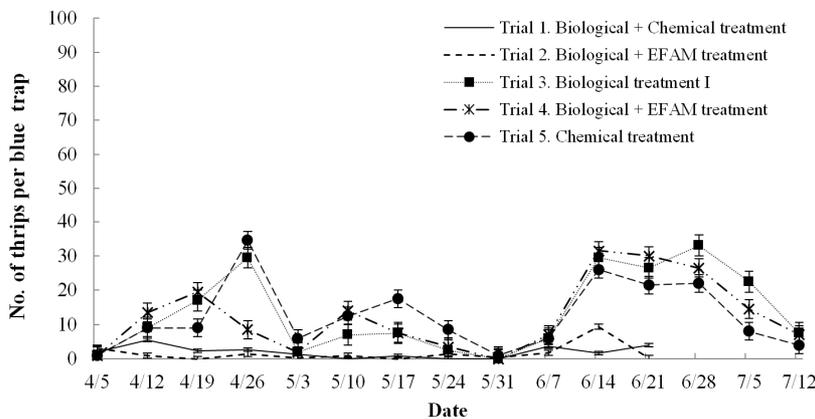
방제방법에 따른 온실가루이의 발생 양상은 Fig. 2와 같다 ( $F = 4.65$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.002$ ). 모든 처리구에서 4월 초순부터 온실가루이의 발생이 시작되었으며 천적, 약제 및 유기농자재 살포시기에 따라 발생량의 차이는 있으나 관행방제구를 제외한 모든 처리구에서 트랩 당 평균 6~30마리의 낮은 밀도를 유지하였다. De Vis와 van Lenteren (2008)와 RDA (2013)에 의하면 토마토에서 온실가루이 방제를 위해  $m^2$ 당 3~5마리를 천적이 정착할 때까지 1주일 간격으로 최소 4회 이상 방사해야 한다고 보고 한 바 있는데, 본 실험에서는 생물적 방제구(Trial 3)를 제외한 모든 포장에서  $m^2$ 당 4.5마리를 1주일간격으로 3회 이하 방사해서 온실가루이의 밀도를 효과적으로 억제시켰다. 생물

적 방제구(Trial 3)의 경우  $m^2$ 당 4.5마리를 1주일 간격으로 5회 방사하여 천적이 효과적인 정착을 확인 할 수 있었다. 강원도 원 내 하우스 관행 방제구(Trial 5)의 경우, 10일 간격으로 3종류의 약제를 5회 교호 살포했음에도 불구하고, 온실가루이 밀도는 트랩 당 최고 382마리, 평균 91마리로 높게 나타났는데, 이는 약제 저항성 개체군 출현과 높은 기온으로 인한 급격한 개체수 증가가 원인일 것으로 판단된다(Devine et al., 1999; Nauen et al., 2002).

방제방법에 따른 총채벌레의 발생 양상은 Fig. 3과 같다( $F = 6.14$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.001$ ). 총채벌레는 동일 작물, 해충이라도 재배지역, 환경 그리고 상품성에 대한 피해기준에 따라 요 방제기준이 달라질 수 있으나 방제 기준이 되는 평균밀도는 트랩 당 15~38마리 또는 꽃 당 15.2마리로 설정되어 있어, 본 실험의 모



**Fig. 2.** Population density of *Trialeurodes vaporariorum* in different treatments: biological + chemical (Trial 1), biological + environment-friendly agricultural materials (EFAM) (Trial 2), biological (Trial 3), biological + EFAM (Trial 4), and chemical (Trial 5) in tomato greenhouse in Chuncheon during the 2016 growing season. Error bars represent the standard error ( $P < 0.001$ ).



**Fig. 3.** Population density of thrips in different treatments: biological + chemical (Trial 1), biological + environment-friendly agricultural materials (EFAM) (Trial 2), biological (Trial 3), biological + EFAM (Trial 4), and chemical (Trial 5) in tomato greenhouses in Chuncheon during the 2016 growing season. Error bars represent the standard error ( $P < 0.001$ ).

든 처리구에서 트랩 당 평균 1.7~14.3마리의 낮은 밀도를 보이므로 총채벌레의 방제가 성공적이었다고 볼 수 있을 것이다 (Shipp et al., 1998; 2000; Coll et al., 2007; Park et al., 2009; Cloyd, 2009; Funderburk, 2009; Demirozer et al., 2012). 또한 토마토작물에서 총채벌레에 의한 피해도 확인할 수 없었다.

### 천적에 안전한 저독성약제 및 유기농자재 선발

시설 토마토 적용 천적인 온실가루이좀벌과 미끌애꽃노린재에 대한 저독성약제와 유기농자재의 선발결과는 Tables 4, 5와 같다. 약제 처리 48시간 후, 2종의 천적 모두에 60% 이하의 낮은

**Table 4.** The effects of different pesticides and environment-friendly agricultural materials on adults of *Encarsia formosa* and *Orius laevigatus* by the leaf dipping method at 24 and 48 h after treatment (P < 0.00001)

Active ingredient	% corrected mortality (Mean ± SD) <sup>1)</sup>					
	<i>E. formosa</i>			<i>O. laevigatus</i>		
	1DAT	2DAT	Class	1DAT	2DAT	Class
Pyriproxyfen	36.7 ± 12.5	66.7 ± 0.0	2	46.7 ± 12.5	63.3 ± 12.5	2
Spinosad	70.0 ± 8.2	100 ± 0.0	4	53.3 ± 18.9	90.0 ± 0.0	3
Thiamethoxam	63.3 ± 9.4	96.7 ± 4.7	3	76.7 ± 4.7	100 ± 0.0	4
Chlorfenapyr, Clothianidin	70.0 ± 8.2	93.3 ± 9.4	3	60.0 ± 8.2	86.7 ± 4.7	3
Emamectin benzoate	50.0 ± 14.1	90.0 ± 8.2	3	63.3 ± 4.7	76.7 ± 4.7	2
Dinotefuran	56.7 ± 9.4	66.7 ± 12.5	2	63.3 ± 4.7	86.7 ± 4.7	3
Spiromesifen	46.7 ± 9.4	56.7 ± 17.0	2	40.0 ± 21.6	60.0 ± 16.3	2
Clothianidin	40.0 ± 8.2	70.0 ± 0.0	2	50.0 ± 8.2	73.3 ± 12.5	2
Novaluron	50.0 ± 14.1	70.0 ± 8.2	2	73.3 ± 12.5	100 ± 0.0	4
Cyantraniliprole	40.0 ± 0.0	73.3 ± 4.7	2	56.7 ± 9.4	80.0 ± 8.2	3
Abamectin, Chlorantraniliprole	36.7 ± 9.4	70.0 ± 8.2	2	73.3 ± 4.7	86.7 ± 9.4	3
Spinetoram	56.7 ± 12.5	93.3 ± 4.7	3	60.0 ± 8.2	83.3 ± 4.7	3
Clothianidin, Spinetoram	36.7 ± 12.5	70.0 ± 8.2	2	63.3 ± 4.7	93.3 ± 9.4	3
Cartap hydrochloride	56.7 ± 40.3	100 ± 0.0	4	40.0 ± 8.2	76.7 ± 12.5	2
Sulfoxaflor	26.7 ± 4.7	73.3 ± 4.7	2	80.0 ± 21.6	100 ± 0.0	4
Thiacloprid	20.0 ± 16.3	63.3 ± 4.7	2	100 ± 0.0	100 ± 0.0	4
Acetamiprid, etofenprox	23.3 ± 4.7	46.7 ± 12.5	2	46.7 ± 17.0	80.0 ± 8.2	3
Buprofezin, thiacloprid	26.7 ± 12.5	63.3 ± 4.7	2	63.3 ± 18.9	76.7 ± 20.5	2
Kasugamycin, polyoxin D	30.0 ± 14.1	53.3 ± 9.4	2	43.3 ± 12.5	76.7 ± 4.7	2
Fludioxonil	36.7 ± 12.5	46.7 ± 4.7	2	43.3 ± 12.5	63.3 ± 4.7	2
Amisulbrom	20.0 ± 14.1	50.0 ± 16.3	2	50.0 ± 8.2	73.3 ± 4.7	2
Cyazofamid	43.3 ± 23.6	60.0 ± 37.4	2	30.0 ± 21.6	60.0 ± 8.2	2
Iminoctadine tris, polyoxin B	73.3 ± 12.5	80.0 ± 14.1	3	36.7 ± 12.5	46.7 ± 4.7	2
Seaweed and peat extract	50.0 ± 21.6	56.7 ± 12.5	2	40.0 ± 14.1	46.7 ± 12.5	2
Neem extract 1	53.3 ± 12.5	73.3 ± 4.7	2	26.7 ± 12.5	53.3 ± 9.4	2
Sophora seed extract	36.7 ± 12.5	76.7 ± 26.2	2	50.0 ± 8.2	63.3 ± 4.7	2
Neem extract 2	43.3 ± 17	63.3 ± 24.9	2	30.0 ± 8.2	50.0 ± 8.2	2
Neem extract 3	40.0 ± 8.2	46.7 ± 12.5	2	33.3 ± 12.5	43.3 ± 17.0	2
Shphora and neem extract	100 ± 0.0	100 ± 0.0	4	36.7 ± 4.7	56.7 ± 1.1	2
Untreated	3.3 ± 4.7	3.3 ± 4.7	-	6.7 ± 9.4	13.3 ± 1.2	-

<sup>1)</sup>Based on corrected mortality (mean ± SD), rating of toxicity was evaluated through the Working Group's joint pesticide testing programme in guideline IOBC. Toxicity classes: Class 1 (harmless), mortality < 30%; Class 2 (slightly harmful), 30% < mortality < 80%; Class 3 (moderately harmful), 80% < mortality < 99%; Class 4 (harmful), mortality > 99%.

**Table 5.** Percentage (mean  $\pm$  SD) emergence of adult *Encarsia formosa* from *Trialeurodes vaporariorum* treated with commonly used pesticides (parasitoids in pupa stage) ( $P < 0.001$ )

Active ingredient (a.i.)	% Emergence	Toxicity class <sup>1)</sup>
Pyriproxyfen	5.5	3
Spinosad	0	4
Thiamethoxam	12.2	3
Chlorfenapyr, Clothianidin	19.9	2
Emamectin benzoate	16.6	3
Kasugamycin, polyoxin D	73.3	1
Fludioxonil	71.0	1
Amisulbrom	38.8	2
Cyazofamid	69.9	2
Iminoctadine tris(albesilate), polyoxin B	31.0	2
Seaweed and peat extract	8.8	3
Neem extract 1	14.4	2
Sophora seed extract	11.1	2
Neem extract 2	35.5	2
Neem extract 3	8.3	3
Shphora and neem extract	9.9	3
Untreated	84.2	-

<sup>1)</sup>Toxicity classes (IOBC): Class 1 (harmless), mortality  $< 30\%$ ; Class 2 (slightly harmful),  $30\% < \text{mortality} < 80\%$ ; Class 3 (moderately harmful),  $80\% < \text{mortality} < 99\%$ ; Class 4 (harmful), mortality  $> 99\%$ .

독성을 보이는 살충제는 spiromesifen SC 1종이었다. 온실가루이좀벌의 경우, acetamiprid + etofenprox WP와 spiromesifen SC를 제외한 모든 살충제에서 60% 이상의 높은 독성을 보였고 ( $F = 3.75$ ,  $df = 29$ ,  $P < 0.00001$ ), 온실가루이좀벌 번데기의 경우 pyriproxyfen EC와 spinosad WG에서 각 94.5와 100%의 높은 독성을 확인할 수 있었다. Veire와 Tirry (2003)는 abamectin, spinosad, thiacloprid가 온실가루이좀벌에 강한 독성이 있음을 보고한바 있는데, 본 연구에서도 각 70, 100, 63.3%의 높은 독성을 확인할 수 있었다.

미끌애꽃노린재의 경우, spiromesifen SC를 제외한 모든 살충제에서 60% 이상의 높은 독성을 나타내었다( $F = 10.05$ ,  $df = 29$ ,  $P < 0.00001$ ). 약제 처리 48시간 후, spinosad WG와 thiamethoxam WG가 각 90, 100%의 높은 독성을 보여, Paik (2001)의 보고와 비슷한 경향을 나타내었다. 또한 애꽃노린재류가 층체 수분유지를 위해 식물체를 흡즙하기 때문에 침투이행성 약제인 네오니코티노이드계통의 acetamiprid에 높은 독성을 나타낸다는 연구결과가 있는데(Horowitz et al., 1998) 본 실험에서도 acetamiprid + etofenprox WP에서 80% 이상의 높은 독성을 확인할 수 있었다.

살균제 실험 결과, 약제 처리 48시간 후에 2종의 천적에 60%

이하의 낮은 독성을 보이는 살균제는 cyazofamid SC 1종이었다. Paik (2001)과 Ahn et al. (2004)에 의하면 살균제에 대한 천적의 독성은 살충제에 비하여 현저히 낮다고 보고한바 있으나, 본 실험에 의하면 amisulbrom SC는 약제 처리 48시간 후 온실가루이좀벌 번데기와 미끌애꽃노린재에 각 61.2와 73.3%, iminoctadine tris + polyoxin B WP는 온실가루이좀벌 성충과 번데기에 각 80, 69%의 독성을 나타내었으므로, 천적과 동시 적용을 위해서는 천적에 독성이 낮은 약제들을 선별해서 사용해야 할 것이다.

유기농자재 실험 결과, 해조 추출물 + 토탄 추출물이 혼합 함유된 자재에서 온실가루이좀벌 성충과 미끌애꽃노린재에 각 56.7, 46.7%의 낮은 독성을 보였으나, 온실가루이좀벌 번데기에는 91.2%의 강한 독성을 나타내었다. 고삼추출물이 함유된 친환경자재의 경우 미끌애꽃노린재에는 56.7%의 독성을 나타내었으나, 온실가루이좀벌 성충과 번데기에는 각 100, 90.1%의 높은 독성을 보였다. Yu et al. (2006)은 특정 유기농자재의 경우 온실가루이좀벌에 대해 강한 독성을 나타내므로 식물추출물 제품도 독성영향 평가가 이루어져야 한다고 언급한바 있으며 이는 본 실험의 결과에서도 확인할 수 있었으므로 유기농자재 목록공시가 된 친환경자재라 하더라도 고농도 살포 시에



**Fig. 4.** Greenhouse whitefly and thrips management model in semi-forcing culture of tomato. (▽), introduction of natural enemies; (▼): pesticide or EFAM spray.

는 주의할 필요가 있을 것이다.

본 실험에 사용된 님 추출물의 경우, 함유량과 희석비율이 상이한 서로 다른 업체에서 제조한 친환경자재를 이용했는데, 가장 높은 농도인 님 추출물3번에서 2종의 천적에 각 46.7, 43.3%의 낮은 독성을 보였다. 일반적으로 식물추출물은 고농도 살포시 독성이 강하게 나타나지만(Hwang et al., 2009), 본 실험의 경우 가장 높은 농도에서 가장 낮은 독성을 확인 하였다. 님 나무의 주요 성분인 azadirachtin은 200여종의 곤충에 대해 섭식저해와 기피작용을 하는 것으로 알려져 있으므로(Ausher, 1995; Liang et al., 2003), 이러한 작용과 제조 업체별 농도에 따른 독성평가에 대한 상관관계가 추가적으로 검토되어야 할 것으로 보인다.

본 실험을 통해 살충제 1종(spiromesifen SC), 살균제 1종(cyazofamid SC) 및 유기농자재 2종(해조 + 토탄 추출물 및 님 추출물 2번)이 천적 2종 모두에 비교적 안전한 약제로 1차 선발 되었다. 본 실험에서 선발한 저독성약제와 유기농자재를 천적과 상호보완적으로 적용하여 농가 및 강원도농업기술원 내 시설토마토 반축성재배 하우스 내 해충방제효과 조사 결과를 분석하여 수립한 방제전략은 Fig. 4와 같다. 온실가루이가 발생하기 시작하는 4월 중순에 온실가루이좀벌을 1주일 간격으로 2회(4.5마리/m<sup>2</sup>) 방사하고 온실가루이가 점차 증가하는 5월 중순경에는 저독성약제와 유기농자재를 살포하여 해충의 발생량을 낮춘 후 6월 상순에서 하순에 걸쳐 온실가루이좀벌을 1주 간격으로 2~3회 추가 방사하여 온실가루이를 방제할 수 있다. 총채벌레의 경우 발생이 시작되는 4월 상순 경 미끌애꽃노린재를 1주일 간격으로 2회(0.75마리/m<sup>2</sup>) 방사하며, 총채벌레의 발생이 증가하는 6월 상순에서 하순경에 천적을 2~3회 추가 방사하거나 저독성약제 및 유기농자재를 1회 살포한 후 천적을 2회 추가 방사하여 총채벌레를 방제한다. 이상의 결과에서 제시한 천적중심 관리모델을 적극적으로 활용한다면 시설토마토 반축성재배 시 안정적인 친환경농업경영이 가능할 것으로 생각된다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 농업공동연구개발사업의 연구비지원(과제번호: PJ010841042017)으로 수행되었으며, 본 논문 수정에 큰 도움을 주신 심사위원님들께 깊은 감사를 드립니다.

## Literature Cited

- Ahn, K.S., Lee, K.Y., Kang, H.J., Park, S.K., Kim, G.H., 2004. Toxicity of pesticides to minute pirate bug, *Orius strigicollis* Poppius (Hemiptera: Anthocoridae), a predator of thrips. Korean J. Appl. Entomol. 43(3), 257-262.
- Ausher, R., 1995. Implementation of integrated pest management in Israel, in: Gerling, D., Mayer, R.T.A. (Eds.), *Bemisia*. 1995: taxonomy, biology, damage, control and management. UK: Intercept, pp. 171-176.
- Bakker, F.M., Grove, A.J., Blumel, S., Calis, J.N.M., Oomen, P.A., 1992. Side-effects for phytoseiids and their rearing methods. Bull. OILB/SROP 15, 61-81.
- Choi, B.R., Kim, J.H., Byeon, Y.W., Park, H.M., Park C.G., 2005. Utilization of low toxic pesticides to natural enemy. NAIST, pp. 189-204.
- Choi, B.R., Lee, S.W., Park, H.M, Yoo, J.K., Kim, S.G., Bail, C.H., 2005a. Monitoring on insecticide resistance of major insect pests in plastic house. Korean J. Pestic. Sci. 9, 380-390.
- Choi, B.R., Lee, S.W., Yoo, J.K., 2001. Resistance mechanisms of green peach aphid, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae), to imidacloprid. Korean J. Appl. Entomol. 40, 265-271.
- Choi, Y.M., Kim, G.H., 2004. Insecticidal activity of spearmint oil against *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* adults. Korean J. Appl. Entomol. 43(4), 323-328.
- Choi, Y.S., Kim, K.S., Jo, H.R., Seo, J.H., Whang, I.S., Kim, G.J., Choe, S.C., 2014. Investigation of trap plants to attract *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Korean J. Appl. Entomol. 53(4), 435-440.
- Choi, Y.S., Whang, I.S., Han, I.S., Kim, Y.C., Choi, G.R., 2013. A case study for integrated past management of *Frankliniella*

- occidentalis* and *Aphis gossypii* by simultaneously using *Orius laevigatus* and *Aphidius colemani* with Azoxystrobin in cucumber plants. Korean J. Appl. Entomol. 52(4), 379-386.
- Choi, Y.S., Whang, I.S., Jo, S.H., 2016. Occurrence of tomato russet mites, *Aculops lycopersici* Masee (Acari: Eriophyidae) in a greenhouse and selection of an eco-friendly organic insecticide. Korean J. Appl. Entomol. 55(3), 277-283.
- Choi, Y.S., Whang, I.S., Lee, G.J., Kim, G.J., 2016a. Control of *Bemisia tabaci* Genn. adults on tomato plants using trap plants with systemic insecticide. Korean J. Appl. Entomol. 55(2), 109-117.
- Chung, B.K., Lee, H.S., Kim, Y.B., 2013. Establishment of 60 mesh nets to reduce crop loss by *Bemisia tabaci* in tomato greenhouse. Korean J. Appl. Entomol. 52(1), 23-27.
- Chung, B.K., Son, K.A., 2001. Control system of whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, in cucumber by the alternate application of insecticides within each conventional group. Korean J. Appl. Entomol. 40(5), 327-335.
- Cloyd, R.A., 2009. Western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) management on ornamental crops grown in greenhouses: Have we reached an impasse? Pest Technol. 3(1), 1-9.
- Coll, M., Shakya, S., Shouster, I., Nenner, Y., Steinberg, S., 2007. Decision-making tools for *Frankliniella occidentalis* management in strawberry: consideration of target markets. Entomol. Exp. Appl. 122(1), 59-67.
- De Vis, R.M.J., van Lenteren, J.C., 2008. Biological control of *Trialeurodes vaporariorum* by *Encarsia Formosa* on tomato in unheated greenhouse in the high altitude tropics. Bull. Insectology 61(1), 43-57.
- 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 Manag. Sci. 68, 1537-1545.
- Devine, G.J., Ishaaya, I., Horowitz, A.R., Denholm, I., 1999. The response of pyriproxyfen-resistance and susceptible *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to pyriproxyfen and fenoxycarb alone and in combination with piperonyl butoxide. Pestic. Sci. 55, 405-411.
- Ekbom, B.S., 1980. Some aspects of the population dynamics of *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia Formosa* and their importance for biological control. Bull. SPOR/WPRS III(3), 25-34.
- Funderburk, J.E., 2009. Management of the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in fruiting vegetables. Fla. Entomol. 92, 1-6.
- Gillespie, D.R., Quiring, D.J.M., 1987. Yellow sticky traps for detecting and monitoring greenhouse whitefly (Homoptera : Aleyrodidae) adults on greenhouse tomato crops. J. Econ. Entomol. 80, 675-697.
- Han, I.S., 2014. Study about using methods of natural enemies to control cucumber major pests in greenhouse. Kongju National University.
- Horowitz, A.R., Mendelson, Z., Weintraub, P.G., Ishaaya, I., 1998. Comparative toxicity of foliar and systemic applications of acetamiprid and imidacloprid against the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*. Bull. Entomol. Res. 88, 437-442.
- Hwang, I.C., Kim, J., Kim, H.M., Kim, D.I., Kim, S.G., Kim, S.S., Jang, C., 2009. Evaluation of toxicity of plant extract made by neem and Matrine against mail pests and natural enemies. Korean J. Appl. Entomol. 48(1), 87-94.
- Kang, Y.I., Kwon, J.K., Park, G.S., Choi, G.I., Ro, M.Y., Jo, M.H., Kim, D.Y., Kang, N.J., 2012. Changes in tomato growth and productivity under different night air temperatures. J. Agric. Life Sci. 46, 25-31.
- Kim, J.H., 2014. Investigation of indigenous natural enemy for practical use. RDA, 93 pp.
- Lee, G.H., Paik, C.H., Hwang, C.Y., Choi, M.Y., Kim, D.H., Na, S.Y., Kim, S.S., Choi, I. H., 2003. Effect of host plants on the development and reproduction of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera:Thripidae) Korean J. Appl. Entomol. 42(4), 301-305.
- Lee, G.S. 2009b. Major crop insect -Tomato(2). Life and damage. 247, 46-47.
- Lee, G.S., 2009a. Major crop pest-Tomato(1) Life and damage. 246, 46-47.
- Lee, M.H., Kim, S.E., Kim, Y.S., Lee, H.K., Lee, H.G., Jee, H.J., Kim, Y.K., Shim, C.K., Kim, M.J., Hong, S.J., Lee, Y.S., 2013. Studies on the eco-friendly management of whiteflies on organic tomatoes with oleic acid. Korean J. Org. Agric. 21, 95-104.
- Lee, Y.S., Lee, H.A., Lee, H.J., Hong, S.S., Kang, C.S., Choi, Y.S., Kim, H.H., Jang, M.J., 2017. Insecticide susceptibility of western flower thrip, *Frankliniella occidentalis* (Thysanopter: Thripidae) on horticultural crops in Gyeonggi area. Korean J. Appl. Entomol. 56(2), 179-186.
- Liang, G.M., Chen, W., Liu, T.X., 2003. Effects of neem-based insecticides on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). Crop Prot. 22, 333-340.
- Malais, M.H., Ravensberg, W.J., 1992. Knowing and recognizing, the biology of glasshouse pests and their natural enemies. Koppert B.V. 67-71.
- Microsoft Excel, 2007. Microsoft Office 2007.
- Nauen, R., Stumpf, N., Elbert, A., 2002. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q-type *Bemisia tabaci*. Pest Manag. Sci. 58, 868-875.
- Nerio, L.S., Verbal, J.O., Stanhenko, E.E., 2009. Repellent activity of essential oil from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Mostchusky (Coleoptera). J. Stores Prod. Res. 45, 212-214.
- Paik, C.H., 2001. Ecological characteristics of *F. occidentalis* Pergande on horticultural crops and it predator, *O. sauteri* Poppius. PhD Thesis, Chonbuk National University. Republic of Korea.
- Park, H.H., Kim, K.H., Park, C.G., Choi, B.R., Kim, J.J., Lee,

- 
- S.W., Lee, S.G., 2009. Damage analysis and control threshold of *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse eggplant and sweet pepper. Korean J. Appl. Entomol. 48(2), 229-236.
- Pinto-Zevallos, D.M., Vanninen, I., 2013. Yellow sticky traps for decision-making in whitefly management: What has been achieved? Crop Prot. 47, 74-84.
- RDA, 2013. Tomato. RDA, pp. 307-325.
- Sanchez, J.A., del Pino-Perez, M., Davo, M.M., Martinez-Cascales, J.I., Lucass, A., 2006. Zoophytophagy of the plant bug *Nesidiocoris tenuis* in tomato crops in southeast Spain. IOBC-WPRS Bull. 29, 243-248.
- Sanchez, J.A., Lacasa, A., Arnóo, J., 2009. Life history parameters for *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Het., Miridae) under different temperature regimes. J. Appl. Entomol. 133(2), 125-132.
- Shipp, J.L., Binns, M.R., Hao, X., Wang, K., 1998. Economic injury levels for the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse sweet pepper. J. Econ. Entomol. 91, 671-677.
- Shipp, J.L., Wang, K., Binns, M.R., 2000. Economic injury levels for western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse cucumber. J. Econ. Entomol. 93, 1732-1740.
- Sun, Y., Cheng, H., Cheng, Q., Zhou, H., Li, M., Fan, Y., Shan, G., Damerow, L., Lammers, P.S., Jones, S.B., 2017. A smart-vision algorithm for counting whiteflies and thrips on sticky traps using two-dimensional fourier transform spectrum. Biosyst. Eng. 153, 82-88.
- Vacante, V., Benuzzi, M., 2002. Tomatoes, biological and integrated control. Colture Protette 31(8), 27-33.
- Veire, M., Tirry, L., 2003. Side effects of pesticides on four species of beneficial used in IPM in glasshouse vegetable crops: "worst case" laboratory tests. IOBC-WPRS Bulletin. 26(5), 41-50.
- Yu, Y.M., Kang, E.J., Seo, M.J., Kang, M.K., Lee, H.J., Kim, D.A., Gil, M.L., Youn, Y.N., 2006. Effects of environment friendly agricultural materials to insect parasitoids in the laboratory. Korean J. Appl. Entomol. 45(2), 227-234.