

## 시설채소 온실에서 무인 자동 약제 살포장치를 이용한 해충 방제효과

이중섭<sup>1</sup> · 이재한<sup>2</sup> · 방지웅<sup>2</sup> · 김진현<sup>2</sup> · 장혜숙<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>국립원예특작과학원 시설원예연구소 연구관, <sup>2</sup>국립원예특작과학원 시설원예연구소 연구사,

<sup>3</sup>국립원예특작과학원 시설원예연구소 전문연구원

## Pest Control Effect using Unmanned Automatic Pesticide Spraying Device in Vegetable Greenhouse

Jung Sup Lee<sup>1</sup>, Jae Han Lee<sup>2</sup>, Ji Wong Bang<sup>2</sup>, Jin Hyun Kim<sup>2</sup>, and Hye Sook Jang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Senior Researcher, Protected Horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Haman 52054, Korea

<sup>2</sup>Researcher, Protected Horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Haman 52054, Korea

<sup>3</sup>RDA Research Associate, Protected Horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Haman 52054, Korea

**Abstract.** Pest control treatment was carried out using an unmanned automatic pesticide spraying system that can spray pesticides on crops while moving autonomously to control pests in vegetable greenhouse. As a result of examining the control effect on tomato and strawberry on thrips (*Frankliniella occidentalis*) and greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) pests, 85.6% of yellow flower thrips were found in tomatoes and 87.5% in strawberries, and 81.7% (tomato) and 80.6% (strawberry) of greenhouse whitefly. In addition, the control effect according to the pesticide treatment method showed a control effect of 81.7% of the chemical spraying treatment by manpower and 83.9% of the automatic moving pesticide spraying treatment ( $F=22.1, p < 0.001$ ). When comparing the control effect between the two treatment sections, there was no significance, but the automatic transfer spraying treatment showed a 2.2% higher effect. On the other hand, as a result of comparing the spraying time of the drug, the automatic unmanned control sprayer had a spraying time of 5 min/10a, which took about 25 min less than the conventional manpower spraying time of 25 – 30 min/10a. Based on these results, it was judged that the automatic transfer spraying method could be usefully used for efficient pest control in the facility greenhouse during the peak period of development.

**Additional key words :** *Frankliniella occidentalis*, insect sprayer, labor saving, pesticide, *Trialeurodes vaporariorum*

### 서 론

최근 우리나라에서는 농작물의 종류가 다양화되면서 시설 재배가 증가되어 연중 과채류 생산과(Kim 등, 2013; Cho 등, 2011) 출하가 가능해지면서 아열대성 해충들이 다수 발생하고 있다(Lee 등, 2005). 꽃노랑총채벌레는 우리나라의 경우 1993년 9월 제주도 감귤 하우스에서 처음 발견된 후 확산되어 지금은 전국적으로 분포하고 있다(Saeki, 1998). 특히 토마토의 주요 해충인 가루이류, 총채벌레는 크기가 매우 작은 미소 해충으로 발생 초기에 발견이 어려워 방제 적기를 놓치는 경

우가 많다(Choi 등, 2012). 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)는 총채벌레목(Thysanoptera) 총채벌레과(Thripidae)에 속하며, 몸체를 표면에 밀착하는 접촉주행성이 있어서 식물체에 숨어 농약과의 접촉을 막아서 스스로를 보호하여 방제가 어려울 뿐만 아니라(Jensen, 2000), 토마토 반점 위조 바이러스(TSWV: tomato spotted wilt virus) 매개충으로 여러 식물에 큰 피해를 주고 있다(Chung 등, 2006; Yudin 등, 1987). 또한 꽃노랑총채벌레는 식물체 조직 내에 알을 낳고 번데기는 땅속에 있으므로 약제 방제가 더욱 어려우며 일부 약제에 대한 저항성 개체가 나타남에 따라 약제에 대한 교호 사용 등 주의가 필요한 해충이다(Cho 등, 1999). 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)는 노린재목(Hemiptera), 진딧물아목(Sternorrhyncha), 가루이과(Aleyrodidae)에 속하는

\*Corresponding author: [jhs915@korea.kr](mailto:jhs915@korea.kr)

Received November 9, 2021; Revised January 19, 2022;

Accepted January 21, 2022

해충으로 시설재배 온실에서 토마토 작물재배 시 지속적으로 발생되고 있는 실정이다(Lee 등, 2013; Chu 등, 2004). 특히 박과 또는 가지과 채소작물, 화훼류 등의 잎에 성충이나 유충의 형태로 서식하면서 작물 수량 감소와 그을음병을 유발시켜 생육을 저하시키는(Bonsignore, 2015) 등, 온실가루이는 꽃노랑총채벌레와 같이 시설원에 작물의 주요 해충으로 지속적인 피해를 발생시키고 있다(Polston 등, 1999).

시설채소 작물은 대부분 연중 시설 온실에서 재배가 가능하므로 병해나 해충에 의한 피해가 더 많이 발생하게 되는데, 이때 조기에 발생 원인을 진단하는 것은 매우 중요하다. 따라서 효율적인 해충 방제를 위해서는 약제 저항성 발달 검정, 발생 초기 방제(Picanco 등, 1997), 신속한 약제 살포기술이 요구되고 있다. 그러나 화학살충제를 뿌리기 위해 사용되는 관행 약제 분무기는 잎의 뒷면에 약제를 살포하기가 힘들고, 살포 기기가 무거워서 부녀자나 노약자가 사용하기 어려우며, 배기가스 배출로 인한 작물 피해 및 농약 살포 후에 환기, 저온기에 사용이 어려운 점 등의 여러 가지 문제점을 가지고 있다(Lee와 Kim, 2010). 또한 대부분 농작물에 발생하는 병해, 해충 방제에 농약을 사용하는 경우 방제 효과가 충분히 나타나지 않으면 일반적으로 농약의 효과가 떨어졌다고만 생각하기 때문에 횡수나 사용량을 증가시키게 된다(Jin 등, 2014). 시설 내에서의 빈번한 농약 사용과 적절치 못한 살포 방식은 해충의 살충제 저항성 발현을 촉진시키는 문제를 발생시킬 뿐 아니라(Choi 등, 2005) 병해충 방제 작업자의 경우 직접적으로 피부가 농약에 노출되거나 농약의 증기를 흡입할 가능성이 매우 높다(Bjugstad와 Torggrimsen, 1996).

이러한 방역, 방제를 위한 농약 살포는 살충제에 대한 해충의 저항성 발달로 작물 생산성 감소는 물론 살충제 연용에 의한 저항성 개체들의 출현, 방제를 위한 비용 및 노동력 증가로 이어지고 있어 결국 작물 생산 비용의 증가를 가져와 경제적 부담이 되고 있다(Jeon 등, 2012; Palumbo 등, 2001; Gerling, 1990). 이를 개선하기 위해 지금까지 다수의 연구자들에 의하여 시설재배 온실에서 미소해충 방제 효과에 대한 연구와(Lee 등, 2018; Lee 등, 2017; Kim 등, 2012a; Kim 등, 2012b; Kim 등, 2011), 농약 사용의 안전 및 사용자의 농약에 대한 노출의 위험성을 감소시키고 효율적 방제를 증가시키기 위한 무인방제의 개발이 시도되어 왔으나(Huang 등, 2009; Kang 등, 1999; Austerweil과 Grinstein, 1997), 이들 살포 기기들의 성능에 대한 검증은 진행되지 못하였다.

따라서 본 연구에서는 시설재배 온실에서 발생하는 총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)와 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*) 해충에 대한 무인 자동 약제살포기의 방제 효율을 관행 약제 살포기와의 비교를 통하여 그 효능을 구명하

고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험온실

무인 자동 약제 살포기를 이용하여 해충 방제효과를 구명하기 위하여 경남 함안에 위치한 국립원예특작과학원 시설원예 연구소 온실에서 5-9월까지 약제살포에 관한 방제 연구를 실시하였다. 조사 기간 동안 온·습도 측정을 위하여 온실내부 중앙 1.5m 높이에 온도기록장치(HOBO Pro v2 U23-001, Onset Co., USA)를 설치하였고, 시험 처리 기간 동안 약제 처리 방법을 제외하고 동일한 조건하에서 관리하였다.

### 2. 대상해충 및 작물 관리

시험에 사용한 총채벌레와 온실가루이는 토마토와 딸기 유묘에서 누대 사육한 개체들을 방제시험에 활용하였다. 작물 정식 후 20일경 시험온실 당 총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)와 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)를 20마리 이상씩 2회 접종하여 온실에서 4주 이상 증식하도록 유지하였다.

### 3. 약제 살포 장치 및 감수지 활용

약제 살포장치는 압축 노즐을 이용하여 고농도로 희석된 약제들을 입자크기(80-90 $\mu$ m)로 공급된 약제를 외부로 분사 확산시키는 방제장치로 구성하였다. 처리구별 동일 규격의 비닐하우스(Width: 9m, length: 50m) 3동에서 약제 무처리구를 대조구로 하여, 사람이 직접 수행하는 수동식 압축분무 방식의 관행 약제 살포 처리구, 무인 자동 약제 살포처리구로 구분하여 실시하였다(Fig. 1, 2). 약제살포기로 약제를 살포하기 전 실험구간에 약제의 효율적 부착 상태를 비교하기 위하여 감수지(Width: 50mm, length: 70mm, TeeJetR)를 사용하였고, 무인 자동 약제 살포처리구에서는 온실내 1.5m 높이에 일정한 간격으로 총 20매를 작물의 잎 뒷면에 부착, 설치하였고, 관행 약제 살포 처리구에는 수평과 원통형으로 각 10매씩 설치하였다(Koo, 2007; Chung 등, 1997).

관행 약제 살포 작업의 경우, 소독을 위한 분무 전 준비, 분무시 원활한 작업공간 확보를 위한 호스 풀기, 분무하기, 이동을 위한 호스 끌기, 분무 후 작업완료 확인을 위한 분무 후 대기로 나누어 측정하였다(Lee와 Kim, 2010). 무인 자동 약제 살포기는 3개의 노즐이 장착되는 trinozzle type 약대에 방사형 노즐헤드를 이용하였다. Fig. 1과 2의 무인 자동 약제 살포기는 약제 탱크 공급 줄로 연결하고 작물 양쪽 끝줄에 단방향 노즐을 각 50cm 간격으로 배치하여 분무하였다. 약액 분무 방향은



Fig. 1. Self-driving unmanned pesticide spraying device.



Fig. 2. Pesticide spraying device used in the experiment (A: Conventional spraying, B, C: Automatic spraying).

수평으로 향하게 하였으며, 노즐이 설치된 약대가 이동이 가능하도록 천정에 레일을 설치하고 레일을 따라 자율주행이 가능하도록 하였다. 또한, 살포 약대에 설치된 노즐은 작물의 생장 높이에 따라 추가 설치 및 구조 변경이 가능하도록 구성하였다. 한편, 공급모터와 살포 약대에는 센서를 장착하여 장애물, 농약 잔량 감지, wifi 모듈 등을 장착하였고, 농약 잔량 감지 센서를 장착하여 농약 잔량이 부족한 경우 이 정보를 서버로 전송할 수 있도록 하였으며 수집된 정보를 이용하여 DB를 구축하였다.

#### 4. 약제 처리 및 방제 효과 조사

총채벌레와 온실가루이 방제를 위한 약제로는 입상수화제(Dinotefuran 10%) 2회, 액상수화제(Novaluron 10%) 1회, 그리고 입상수화제(Spinetoram 5%)를 2회 사용하였다. 관행 약제 살포는 오후 4-5시 사이에 각각의 약제를 작물보호제 지침서(KCPA, 2020)의 권장 농도로 희석 후 관행 약제 살포기를 이용하여 총채벌레와 온실가루이 해충이 접종되어 있는 재배작물 전체에 주당 30ml 이상 약액이 흐를 정도로 고르게 살포하였다. 무인 자동 약제살포기는 재배자 경험을 토대로 온실 전체 면적에 필요한 예상되는 약량 약 140L/450m<sup>2</sup>로 산정하여 작물 전체에 살포하였다. 약제처리 24시간 후, 살아있는 총채벌레와 온실가루이 개체수를 조사하여 생충률을 계산하였다

#### 5. 약제 살포 방식 차이에 따른 처리구별 생존율

약제 살포 방식 차이에 따른 방제효과 비교를 위해 각 처리구의 생존율을 Abbott 공식(1)에 따라 무처리구 대비 방제가(percent control or corrected mortality)를 계산하였다(Abbott, 1925).

$$(x - y)/x \times 100 = \text{percent control} \quad (1)$$

여기서 x는 무처리구 생존율, y는 처리구 생존율이다. 관행 약제 살포처리구와 무인 자동 약제 살포처리구의 방제가는 Kruskal-Wallis test(PROC NPARIWAY)를 이용하였다(SAS Institute Inc., 2017, USA). 약제 부착율은 온실에서 수거한 감수지를 스캔한 후 Image J(ver. 1.47, <http://imagej.net>) 프로그램을 사용하여 감수지의 노란색(비부착 부분)과 파란색(부착 부분) 영역의 넓이를 측정하여 전체 감수지의 면적 대비 약제의 부착 영역 비율로 계산하였다(Fig. 3).

#### 6. 통계분석

본 연구에서 수집된 자료는 IBM SPSS statistics 25 프로그램을 이용하여 분석하였다. 3 처리구에 대한 생충률의 차이는 일원배치분산분석을 통해 실험설계하였으며, Turkey HSD 검정(Tukey's Honestly Significant Difference test)으로 평균간의 유의성 비교를 하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 약제 분무 살포와 감수지의 부착관계

관행 약제살포기와 무인 자동 약제살포기로 살포되는 농약의 부착 정도를 조사하기 위해 감수지를 사용하여 시험한 결과, 관행 약제살포기는 부분적으로 변화하였으나, 무인 자동 약제살포기를 사용한 경우 전체 지역의 감수지가 노란색에서 약제 부착으로 청색으로 변한 것으로 나타나 살포 지역에 전체적으로 살포되었다고 판단되었다(Fig. 3). 관행 약제살포기의 경우 작업자에 따라 앞의 뒷면이나 내측 옆면 등에는 약제가 부착되지 않아 방제효과가 미비한 실정이라는 Son 등(2012)의 보고는 본 연구에서 관행 약제살포기 사용 시 부분적으로 부착되었다는 결과와 유사한 경향을 보였다. 그러나 무인 자동 연무 방제기의 경우 입자가 미립화 되어 있어 골고루 살포가 가능하다는 Min 등(2007)의 보고는 본 연구에서 사용한 무인 자동 약제살포기의 살포 약제가 앞 뒷면 부분까지 골고루 살포되었다는 본 연구결과를 뒷받침해 주고 있다. 또한 Kang

등(2014)의 연구에서 무인 자동 연무 방제기 사용 시, 감수지는 100% 부착율을 보였으나, 관행 약제살포기의 경우 수평방향으로 배치한 감수지에서 평균 73.2%, 원통형 감수지에서는 평균 43.9% 부착율을 보였다는 보고는 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다.

### 2. 분무기 살포에 따른 해충 방제 효과

방제처리를 하지 않은 무처리구, 관행 약제 살포처리구, 무인 자동 약제 살포처리구를 비교 분석한 결과, 꽃노랑총채 벌레의 경우 무처리구는 평균(표준오차)  $20.1 \pm 1.10$ , 관행 약제 살포처리구  $3.2 \pm 0.29$ , 무인 자동 약제 살포처리구  $2.7 \pm 0.07$ 로 나타났고(Fig. 4), 온실가루이는 무처리구가 평균(표준오차)  $66.2 \pm 3.42$ , 관행 약제 살포처리구  $13.5 \pm 0.76$ , 무인 자동 약제 살포처리구  $12.5 \pm 0.76$ 으로(Fig. 5), 총 평균 무처리구는 43.2마리, 관행 약제 살포처리구에서 8.4마리, 무인 자동 약제 살포 처리구에서 7.6마리로 나타나 무처리구보다 두 종의 방제기로 약제를 살포했을 때  $35 \pm 1.0$ 마리 정도 적었으며

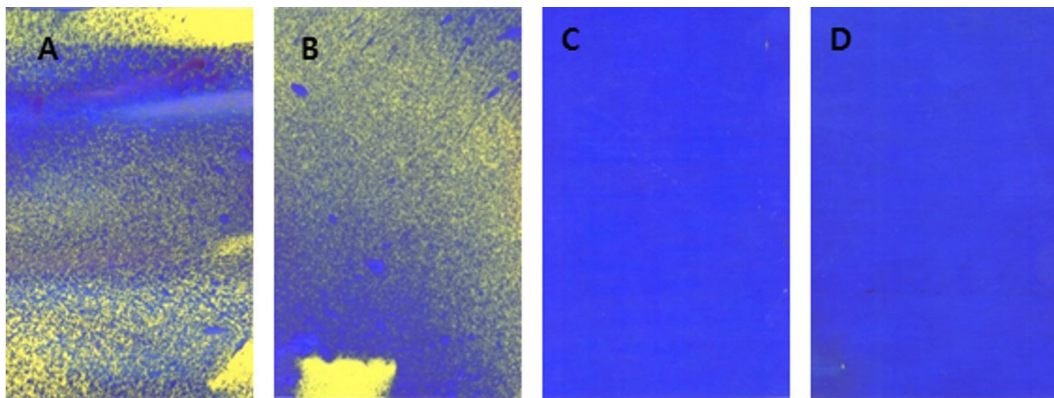


Fig. 3. Results of water sensitive papers in different spray methods in the greenhouse (A, B: Conventional spray; C, D: Autonomous mobile pesticide spray).

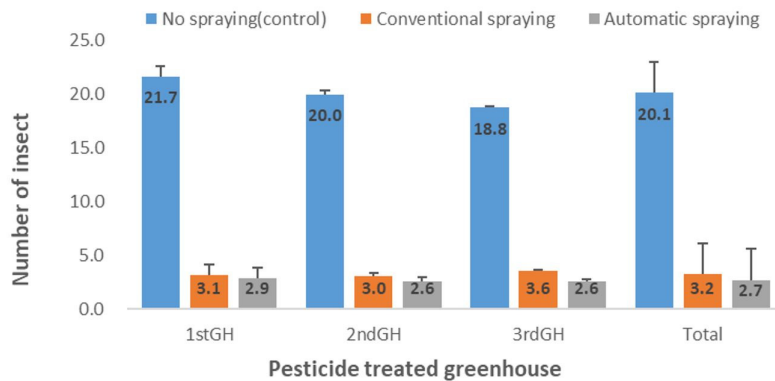


Fig. 4. Effects of spraying the insecticide on controlling of *Frankliniella occidentalis*.



통계적으로 유의하게 나타났다(Table 1).

토마토와 딸기 작물을 대상으로, 무처리구 대비 관행 약제 살포처리구와 무인 자동 약제 살포처리구의 총채벌레와 온실가루이의 방제효과를 생충률로 조사한 결과, 관행 약제 살포처리구의 경우, 꽃노랑총채벌레의 방제효과는 토마토에서 84.1%, 딸기에서 83.6%로 나타났고, 온실가루이는 각각 80.0%와 79.2%를 나타내었고, 무인 자동 약제 살포처리구의 경우, 꽃노랑총채벌레의 방제효과는 토마토에서 85.6%, 딸기에서 87.5%로 나타났고, 온실가루이는 각각 81.7%와 80.6%를 나타내었으며 통계적으로 유의하였다. 따라서 무처리구 대비 약제처리 방법에 따른 총 평균 방제효과는 관행 약제 살포처리구 81.7%, 무인 자동 약제 살포처리구 83.9%의 방제효과를 나타냈으며, 세 처리구 사이에 유의한 차이가 존재하였다( $F=22.1, p < 0.001$ , Table 1). 그 결과, 무처리구와 두 약제 처리구간 방제효과 비교 시 무처리구보다 두 약제처리구에서 방제효과가 통계적으로 유의하게 높았으며, 두 약제처리구간 방제효과 비교 시 통계적으로 유의하지는 않았으

나 관행 약제 살포처리구보다 무인 자동 약제 살포처리구에서 2.2% 높은 효과를 볼 수 있었다(Table 1). 이에 본 연구결과, 무처리구 대비 관행 약제 살포처리구와 무인 자동 약제 살포처리구와는 통계적으로 유의한 결과를 나타냈으나, 관행 약제 살포처리구 대비 무인 자동 약제 살포처리구는 2.2%( $p > 0.05$ )로 큰 차이가 나타나지 않아 본 연구결과가 숫자로는 무의미할 수 있다. 그러나 시설재배 시 작물의 특성이나 농약 살포 방식에 따라 농약의 부착 정도가 달라질 수 있다(Braekman 등, 2010). 따라서 무인 방제기 사용 시 사용자의 농약에 대한 노출 위험을 감소시키고 적기에 방제가 가능해 방제횟수 및 농약 사용량을 줄일 수 있는(Austerweil과 Grinstein, 1997), 긍정적 효과를 기대할 수 있다. 또한 관행 약제살포기를 사용하는 시설온실 내 병해충 방제 작업자들은 직접적으로 피부가 농약에 노출되거나 농약의 증기를 흡입할 가능성이 매우 높다(Bjugstad와 Torgrimsen, 1996). 특히 관행적으로 농약을 살포한다면 기대하는 방제효과를 얻지 못한 채 살포 횟수만 증가시켜 해충의 살충제 저항성을 유발하는 가장 주요한 원인이

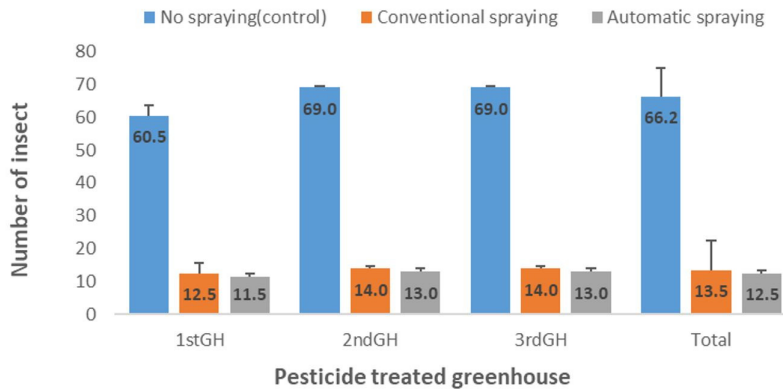


Fig. 5. Effects of spraying the insecticide on controlling of *Trialeurodes vaporariorum*.

Table 1. Effects of spraying the insecticide on controlling of *Frankliniella occidentalis* and *Trialeurodes vaporariorum* in two plants.

Species	Plant	No spraying (control)	Conventional spraying (%)		Automatic spraying (%)		ANOVA test	
		Survival ratio (%)	Survival ratio	Percent control <sup>y</sup>	Survival ratio	Percent control	F value	Possibility
<i>F. occidentalis</i>	tomato	18.3 ± 0.43 b <sup>z</sup>	2.9 ± 0.21 a	84.1	2.6 ± 0.15 a	85.6	952.7	0.001
	strawberry	22.0 ± 1.53 b	3.5 ± 0.53 a	83.6	2.7 ± 0.53 a	87.5	135.9	0.001
	Subtotal	20.1 ± 1.10 b	3.2 ± 0.29 a	83.9	2.7 ± 0.07 a	86.6	228.6	0.001
<i>T. vaporariorum</i>	tomato	60.0 ± 2.89 b	12.0 ± 0.58 a	80.0	11.0 ± 0.58 a	81.7	261.4	0.001
	strawberry	72.3 ± 3.48 b	15.0 ± 0.58 a	79.2	14.0 ± 0.58 a	80.6	261.8	0.001
	Subtotal	66.2 ± 3.42 b	13.5 ± 0.76 a	79.6	12.5 ± 0.76 a	81.2	219.8	0.001
Total		43.2 ± 7.14 b	8.4 ± 1.60 a	81.7	7.6 ± 1.52 a	83.9	22.1	0.001

<sup>z</sup>Values are mean ± standard error. Mean separation within rows by Tukey's HSD test, 5% level and significant at  $p < 0.001$  by one way ANOVA.

<sup>y</sup>Percent control (%) = [(Survival ratio of control - survival ratio of spraying treatment)/survival ratio of control] × 100.

될 수 있다(Kang 등, 2014). 더불어 농업인구의 고령화와 부녀화에 따른 농업 노동력의 질적 저하는 농작업성 질환, 사고 등을 증가시키고 있어, 농작업의 인체공학적 유해요인 개선을 통하여 고령 및 여성 농업 인력도 안전하고 효율적으로 작업할 수 있는 농작업 환경조성이 필요한 실정임을 감안해 볼 때(RDA, 2009), 관행 약제 살포기의 사용을 점차 줄여나가야 할 것으로 본 연구결과를 통하여 판단할 수 있었다.

이에 본 연구에서는 시설 재배 온실 내, 약제 살포 시, 균일하게 약제를 살포하기 위해서 레일 설치 이용에 따른 자율적인 약대 이동살포는 물론 약제 살포 중 농약 잔량 알람 기능, 장애물 감지 센서 등을 부착하여 편리성을 향상하였다. 무인 자동 약제살포기와 관행 약제 살포기의 약제 살포 시간을 비교한 결과, 무인 자동 약제살포기는 살포시간이 5min/10a으로 관행 약제 살포기의 살포시간 25-30min/10a 보다 25min 정도 적게 소요되었다(자료 미제출). 따라서 무인 자동 약제살포로 살포시간을 관행 약제 살포 대비 5-6배 정도 감소하였을 뿐만 아니라 작물체에 고른 약제 살포로 미미하나마 방제효과도 향상시킬 수 있었다. 딸기 작물을 기준으로 경제성 분석 결과 손실적 요소로 증가되는 비용인 무인 자동 약제살포기의 설치비 450만/10a 및 무선통신, 원격제어 모듈 장착비 30만원을 고려하였으며, 이익적인 요소로 약제 사용량(4회 절감, 12회 → 8회/년) 및 방제 노력비 절감(2인 → 1인, 2시간 → 20분) 부분을 감안하여 분석한 결과(620만원 → 480만원) 140만원/년 이익이 창출되는 것으로 나타났다. 또한 본 연구에서 무인 자동 약제 살포기를 사용할 때보다 관행 약제살포기를 사용했을 때 작업시간이 더 소요되었다는 결과는 무인 약제 살포기의 경우 1인 16min/10a, 관행 약제살포기의 경우 2인 140min/10a 이 소요되었다는 Cho 등(2000)의 보고가 본 연구결과를 뒷받침 해 주고 있다. 한편, 살포장치 이동 및 살포 시간 조절을 위해 모바일폰에 실행 어플을 이용함에 따라 조작 편리성을 획기적으로 향상시켰다. 앞으로도 노동력 절감을 위한 생력화나 관행 약제 살포시 작업자의 농약 중독 위험을 경감시키기 위한 무인 자동 약제살포기의 효율성 검증, 작물 및 해충 등의 상호관계 등에 관한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 생각된다.

## 적 요

시설재배 온실에서 병해충 방제를 위해 자율적으로 이동하면서 작물에 농약을 살포할 수 있는 무인 자동 농약 살포 시스템을 이용하여 방제처리를 실시하였다. 토마토, 딸기의 총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)와 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*) 해충에 대한 방제효과를 조사한 결과, 꽃노랑

총채벌레의 방제효과는 토마토에서 85.6%, 딸기에서 87.5%로 나타났고, 온실가루이는 각각 81.7%와 80.6%를 나타내었다. 또한 약제처리 방법에 따른 방제효과는 관행약제살포 처리구 81.7%, 무인 자율 약제 살포처리구 83.9%의 방제효과를 나타내었다( $F=22.1, p < 0.001$ ). 두 처리구간 방제효과 비교 시 현저한 유의성은 나타나지 않았으나 무인 자율 약제 살포처리에서 2.2% 높은 효과를 나타내었다. 한편, 약제 살포 시간을 비교한 결과, 무인 자동 약제 살포기는 살포시간이 5min/10a으로 관행 약제 살포시간 25-30min/10a 보다 25min 정도 적게 소요되었다. 이러한 결과는 발생최시기에 시설온실에서의 효율적인 해충 방제로 무인 자동 약제 살포방제법이 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단되었다.

**추가 주제어:** 방제자동화, 살충제, 온실가루이, 총채벌레, 해충방제기

## 사 사

본 연구는 2021년 농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소 연구개발사업(과제번호: PJ016073)에 의해 수행되었음.

## Literature Cited

- Abbott W.S. 1925, A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 18:265-267.
- Austerweil M., and A. Grinstein 1997, Automatic pesticide application in greenhouses. *Phytoparasitica* 25:S71-S80. doi:10.1007/BF02980333
- Bjugstad N., and T. Torgrimsen 1996, Operator safety and plant deposits when using pesticides in greenhouses. *J agric Engng Res* 65:205-212. doi:10.1006/jaer.1996.0093
- Bonsignore C.P. 2015, Effect of environmental factors on the flight activity of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) under greenhouse conditions. *Entomol Sci* 18:207-216. doi:10.1111/ens.12097
- Braekman P., D. Foque, W. Messens, M.C. Van Labeke, J.G. Pieters, and D. Nuyttens 2010, Effect of spray application technique on spray deposition in greenhouse strawberries and tomatoes. *Pest Manag Sci* 66:203-212. doi:10.1002/ps.1858
- Cho K., K.B. Uhm, and J.O. Le 1999, Effect of test leaf and temperature on mortality of *Frankliniella occidentalis* in leaf dip bioassay of insecticides. *J Asia-Pacific Entomol* 2:69-75. (in Korean) doi:10.1016/S1226-8615(08)60033-3
- Cho K.S., S.J. Lee, D.Y. Lee, Y.J. Kim, K.Y. Kim, B.K. Chung, and K.Y. Kang 2011, Persistence of chlorfenapyr in paprika leaf and its residual biological activity to two spotted spider

- mite, *Tetranychus urticae*. Korean J Pestic Sci 15:317-322. (in Korean)
- Cho M.R., H.Y. Jeon, and S.Y. Na 2000, Occurrence of *Frankliniella occidentalis* and *Tetranychus urticae* in rose greenhouse and effectiveness of different control methods. J Bio-Env Con 9:179-184. (in Korean)
- Choi B.R., H.M. Park, J.K. Yoo, S.G. Kim, C.H. Baik, and S.W. Lee 2005, Monitoring on insecticide resistance of major insect pests in plastic house. Korean J Pestic Sci 9:380-390. (in Korean)
- Choi Y.S., Y.G. Nam, I.S. Whang, H.H. Park, H.H. Kim, and D.G. Park 2012, Occurrence monitoring and population growth of tomato russet mite, *Aculops lycopersici* Massee (Acari: Eriophyidae) using green label sticker. Korean J Appl Entomol 51:405-410. (in Korean) doi:10.5656/KSAE.2012.10.0.060
- Chu C.C., A.M. Simmons, T.Y. Chen, P.J. Alexander, and T.J. Henneberry 2004, Lime green light-emitting diode equipped yellow sticky card traps for monitoring whiteflies, aphids and fungus gnats in greenhouses. Insect Sci 11:125-133. doi:10.1111/j.1744-7917.2004.tb00186.x
- Chung B.N., H.S. Pak, J.A. Jung, and J.S. Kim 2006, Occurrence of tomato spotted wilt virus in chrysanthemum (*Dendranthema Grandiflorum*) in Korea. Plant Pathol J 22:230-234. doi:10.5423/PPJ.2006.22.3.230
- Chung C.J., K.G. Lee, J.Y. Rhee, S.I. Cho, Y.S. Choi, and J.S. Choe 1997, A experimental study on coverage characteristic of a self-propelled boom sprayer for paddy field. Korean J Society for Agricultural Machinery 22:137-150. (in Korean)
- Gerling D. 1990, Natural enemies of whiteflies: Predators and parasitoids. En: Gerling, D. (ed.), Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept, Andover UK, pp 147-185.
- Huang Y., W.C. Hoffmann, Y. Lan, W. Wu, and B. Fritz 2009, Development of a spray system for an unmanned aerial vehicle platform. Appl Eng Agric 25:803-809.
- Jensen S.E. 2000, Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. Integr Pest Manag Rev 5:131-146. doi:10.1023/A:1009600426262
- Jeon J.H., M.S. Oh, K.S. Cho, and H.S. Lee 2012, Phototactic response of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae), to light-emitting diodes. J Korean Soc Appl Biol Chem 55:35-39. doi:10.1007/s13765-012-0006-3
- Jin N.Y., Y.K. Lee, B.R. Lee, J.H. Jun, Y.S. Kim, M.J. Seo, C.H. Lim, Y.N. Youn, and Y.M. Yu 2014, Pest control effect and optimal dose by pesticide dispersion spray method in the paprika cultivation. Korean J Pestic Sci 18:350-357. (in Korean) doi:10.7585/kjps.2014.18.4.350
- Kang C.T., K.J. Lee, T.H. Kim, and I.J. Jang 1999, Development of an auto-spray car for a greenhouse. J Kor Soc Agri Mach 24:209-216. (in Korean)
- Kang T.J., S.J. Kim, D.H. Kim, C.Y. Yang, H.H. Kim, and M.R. Cho 2014, A report on the control effects of automatic dry fog sprayer on aphids in greenhouse crops. Korean J Appl Entomol 53:479-483. (in Korean) doi:10.5656/KSAE.2014.11.0.057
- Kim G.D., S. Lee, E.H. Kang, Y.G. Shin, J.Y. Jeon, N.Y. Heo, and H.S. Lee 2013, The pests survey of paprika export complexes and packing house in Korea. Korean J Agric Sci 40:93-99. (in Korean) doi:10.7744/cnujas.2013.40.2.093
- Kim S.E., S.D. Lee, M.H. Lee, and Y.S. Kim 2012a, Eco-friendly control of whiteflies by two-fluid fogging system with natural substances in greenhouses. J Bio-Env Con 21:114-119. (in Korean)
- Kim S.E., S.D. Lee, S.Y. Sim, and Y.S. Kim 2011, Control of *Bemisia tabaci* by two-fluid fogging system. J Bio-Env Con 21:394-39. (in Korean)
- Kim S.E., S.D. Lee, S.Y. Sim, and Y.S. Kim 2012b, Eco-friendly control of whiteflies by two-fluid fogging system. J Bio-Env Con 21:120-126. (in Korean)
- Koo Y.M. 2007, Spray deposit distribution of a small orchard sprayer. J of Biosystems Eng 32:145-152. (in Korean) doi:10.5307/JBE.2007.32.3.145
- Korea Crop Protection Association (KCPA) 2020, Korea Crop Protection Association, <http://www.koreacpa.org>.
- Lee J.S., J.H. Lee, J.K. Kweon, K.S. Park, J.H. Kim, and D.S. Lee 2018, Attraction effect of blue light emitting trap combination of sticky trap for *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: aleyrodidae) capture in tomato greenhouse. Protected Hort Plant Fac 27:239-244. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2018.27.3.239
- Lee J.S., J.H. Lee, K.S. Park, K.H. Yeo, J.H. Kim, and J.K. Kweon 2017, Efficiency of yellow and white light traps on controlling tobacco whitefly in tomato greenhouse. Protected Hort Plant Fac 26:432-437. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2017.26.4.432
- Lee M.G., J.M. Hwang, and S.R. Lee 2005, The usage status of pesticides for vegetables under greenhouse cultivation in the southern area of Korea. Korean J Pestic Sci 9:391-400. (in Korean)
- Lee S.K., and W. Kim 2010, Ergonomic and performance analyses of a pull-type prayer for floriculture in greenhouse. J of Biosystems Eng 35:426-433. (in Korean) doi:10.5307/JBE.2010.35.6.426
- Lee S.W., M.K. Song, K.S. Ahn, Y.J. Kim, Y.S. Moon, H.N. Koo, and G.H. Kim 2013, Insecticidal activity and behavioral disorders by pyriproxyfen to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. Kor J Pestic Sci 17:33-40. (in Korean) doi:10.7585/kjps.2013.17.1.33
- Min Y.B., J.C. Park, M.R. Huh, and S.W. Jeong 2007, Effect of spraying the ultra-fine droplets of insecticide on control of the imported insects subsist on peppers in greenhouse. Korean J Agriculture & Life Science 41:89-94. (in Korean)
- Palumbo J.C., A.R. Horowitz, and N. Prabhaker 2001, Insecticidal

- control and resistance management for *Bemisia tabaci*. Crop Protection 20:739-765. doi:10.1016/S0261-2194(01)00117-X
- Picanco M.G., G.L.D. Leite, W.F. Da Mota, and R.D.C. Cangemi 1997, Resistência de introduções de *Lycopersicon peruvianum* a *Tetranychus ludendi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) e *Aculops lycopersici* (Massee) (Acari: Eriophyidae). Agro-Ciencia 13:73-76.
- Polston J.E., R.J. McGovern, and L.G. Brown 1999, Introduction of tomato yellow leaf curl virus in Florida and implications for the spread of this and other geminiviruses of tomato. Plant Disease 83:984-988. doi:10.1094/PDIS.1999.83.11.984
- Rural Development Administration (RDA) 2009, A study of farm accidents in Korea. Rural Development Administration. Korea.
- Saeki I. 1998, Circumstance of occurrence and distribution of western flower thrips in Japan. Plant Protect 52:170-171.
- Son K.A., T.K. Kang, B.J. Park, Y.D. Jin, G.H. Gil, C.S. Kim, J.B. Kim, G.J. Im, and K.W. Lee 2012, Effect of pesticide residues on perilla leaf by nozzle types of knapsack sprayers. Korean J Pestic Sci 16:282-287. (in Korean) doi:10.7585/kjps.2012.16.4.282
- Yudin L.S., W.C. Mitchell, and J.J. Cho 1987, Color preference of thrips (Thysanoptera: Thripidae) with reference to aphids (Homoptera: Aphididae) and leafminers in Hawaiian lettuce farms. J Econ Entomol 80:51-55. doi:10.1093/jee/80.1.51