

# 시설딸기 주요 비행해충의 황색끈끈이트랩 이용 효율적인 발생예찰

양철준 · 송정흠\* · 양영택 · 김효정 · 송민아 · 좌창숙

제주특별자치도농업기술원 친환경연구과

## Efficient Occurrence Monitoring by Yellow Sticky Traps for Major Flying Pests in Strawberry Greenhouses

Cheol Jun Yang, Jeong Heub Song\*, Young Taek Yang, Hyo Jeong Kim, Min A Song and Chang Sook Jwa

Division of Sustainable Agricultural Research, Jeju Agricultural Research and Extension Services, Seogwipo 63556, Korea

**ABSTRACT:** Sampling plan using yellow sticky traps for the major strawberry flying pests - western flower thrips *Frankliniella occidentalis* adults, cotton aphid *Aphis gossypii* alate and greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporararium* adults was developed to determine the initial occurrence time. The analyzed trap data were obtained from three commercial strawberry greenhouses for the whole growing season (September to May of the following year) during 2013 to 2017 in Jeju province. Three flying pests showed the aggregated distribution patterns resulted from commonly used regression techniques - Taylor's power law and Iwao's patchiness regression. Taylor's power law was better description of mean-variance relationship of the western flower thrips and the cotton aphid than Iwao's patchiness regression, otherwise greenhouse whitefly was better described by Iwao's patchiness regression. There were highly significant correlated among mean density per trap, maximum density and proportion of traps with more than 10 individuals. To estimate 4.0 heads of mean density per trap, the minimum number of traps were required 13 traps for western flower thrips, 11 traps for cotton aphid and 10 traps for greenhouse whitefly. The sequential sampling plans at the fixed precision level 0.25 were developed using parameters of Taylor's power law for western flower thrips and cotton aphid, and of Iwao's patchiness regression for greenhouse whitefly.

**Key words:** Strawberry, Yellow sticky trap, *Frankliniella occidentalis*, *Aphis gossypii*, *Trialeurodes vaporararium*

**조 록:** 시설딸기 주요 비행 해충인 꽃노랑총채벌레 *Frankliniella occidentalis*와 목화진딧물 *Aphis gossypii* 유시충, 온실가루이 *Trialeurodes vaporararium*에 대해 발생초기 파악을 위한 황색끈끈이트랩 이용기술을 규명하였다. 제주지역 농가 채배 3개소에서 5개년 동안(2013~2017년) 채배 전 기간(9월~이듬해 5월)에 걸쳐 조사한 트랩자료를 이용 분석하였다. 해충의 공간분포 특성은 일반적으로 이용하고 있는 Taylor's power law와 Iwao's patchiness regression으로 분석한 결과 대상 해충 모두 집중분포를 하고 있었다. 두 회귀식 중 꽃노랑총채벌레와 목화진딧물 유시충은 Taylor's power law이, 온실가루이는 Iwao's patchiness regression이 공간분포 특성을 잘 설명하고 있었다. 트랩당 평균밀도와 최고밀도, 11마리 이상 잡힌 트랩 비율 간에는 높은 상관관계를 갖고 있었다. 트랩당 평균 밀도 4.0마리를 추정에 필요한 최소 트랩수는 꽃노랑총채벌레 13개, 목화진딧물 유시충 11개, 온실가루이 10개이었다. 고정 정확도 0.25 수준에서 3종 해충의 Taylor's power law과 Iwao's patchiness regression 상수를 이용하여 축차표본조사 중지선을 구하였다.

**검색어:** 딸기, 황색끈끈이트랩, 꽃노랑총채벌레, 목화진딧물, 온실가루이

우리나라에서 딸기재배는 1980년대 중반까지는 노지재배가 주를 이루었으나 그 이후 시설재배가 증가하여 2015년 현재 6,400여 ha에 이르고 있으며, 제주지역에서는 2010년 이후 시

설재배가 증가하면서 2015년 현재 75 ha가 재배되고 있다 (MAFRA, 2016). 시설딸기는 겨울철 생산을 목표로 9월 상순에 정식하여 11월부터 이듬해 5월까지 수확하고 있다. 시설 딸기 재배방식은 토경재배 중심에서 농작업의 편이성과 생산성 증대를 위해 하이베드 수경재배로 전환되고 있으며, 제주지역에서도 2013년부터 재배가 확대되고 있다.

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

Received June 26 2017; Revised August 16 2017

Accepted August 24 2017

제주지역 시설딸기에 총 8목 31종의 해충이 발생되고 있으며, 피해가 심한 해충으로 알려져 있는 점박이응애 *Tetranychus urticae* Koch와 목화진딧물 *Aphis gossypii* Glover 외에 꽃노랑총채벌레 *Frankliniella occidentalis* (Pergande)를 비롯한 총채벌레 피해가 점차 증가하는 추세이다(Nam et al., 2015; Yang et al., 2016). Yang et al. (2016)이 제주지역 딸기에 발생하는 가루이를 형태적 분류특징으로 동정하여 딸기가루이 *Trialeurodes packardii* (Morrill)라 하였으나 염기서열 분석 결과 온실가루이 *Trialeurodes vaporarium* (Westwood)로 최종 동정되었으며, 온실가루이 약충의 형태적 특징이 기주식물에 따라 변이가 나타나는 것으로 판단되고 있다(Lee, G.S., unpublished data).

시설딸기의 수확작업은 1~2일 간격으로 지속적으로 이루어지기 때문에 딸기의 농약 안전성 문제가 제기되면서 일부 농가에서는 천적을 이용한 생물적 방제기술을 채용하고 있다. 생물적 방제를 실천하는 해충과 천적은 점박이응애는 칠레이리움에 *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot를, 목화진딧물은 콜레마니진디벌 *Aphidius colemani* (Vierick)을 주로 활용하고 있다(Nam et al., 2015).

해충관리에 있어 발생여부와 함께 방제시기를 결정하기 위해서는 발생초기를 효율적으로 판단하는 것이 필요하다. 비행해충에 대한 예찰방법으로 끈끈이트랩이 사용되고 있는데, 진딧물 유시충과 가루이, 잎굴파리, 총채벌레 등 여러 해충의 동시 예찰을 위해 황색끈끈이트랩이 주로 사용되고 있으며, 무당벌레와 진디벌 등 익충도 함께 조사할 수 있다(Heathcote et al., 1969; Parella and Jones, 1985; Gillespie and Quiring, 1987; Seo et al., 2006; Bae et al., 2015).

본 연구는 시설딸기에 발생하는 비행해충 중 황색끈끈이트랩을 이용하여 예찰이 가능한 꽃노랑총채벌레와 목화진딧물 유시충, 온실가루이에 대한 합리적인 방제 의사결정을 위해 시설 내에서의 공간분포 특성을 이용한 해충 밀도 추정방법을 정립하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 자료수집

제주특별자치도 서귀포시 강정동과 남원읍, 대정읍 소재 하이베드 수경재배 3 농가 포장에서 2013~2017년 5개년 동안 딸기가 재배되는 9월부터 이듬해 5월까지 조사하였다. 시설형태는 폭 5.5 m, 길이 50~70 m의 연동하우스였으며, 면적은 2,600~2,900 m<sup>2</sup>이었다. 황색끈끈이트랩은 10 × 15 cm 크기의 평판트랩(Greenagrotech, Korea)을 이용하였으며, 지주대를 베드에

설치하고 식물체 상단 10 cm 위에 클립을 이용하여 고정하였다. 포장당 트랩수는 하우스 길이와 면적 등을 고려하여 조사포장과 조사연도에 따라 12~33개로 다르게 설치하였다. 트랩은 7~10일 간격으로 교체하였으며, 랩 필름을 씌어 수거한 후 실험실에서 실체현미경(× 7배) 하에서 꽃노랑총채벌레와 목화진딧물 유시충, 온실가루이의 트랩당 밀도를 조사하였다.

### 자료분석

시설딸기에서 대상해충의 방제밀도에 대한 연구가 부족한 실정이기 때문에 트랩 조사 시 포장당 20지점 이상에서 잎과 꽃(지점당 5개 내외)에 대한 육안조사를 병행하였다. 최고 밀도 트랩의 해충밀도가 10마리 이상인 시기와 육안조사에서 해충이 발견되는 시기가 일치하는 경향을 보였다(Song, J.H., unpublished data). 트랩에 잡힌 해충 밀도의 시설 내 분포를 알아보기 위하여 평균밀도( $m$ )와 최고밀도( $m_{mx}$ ), 11마리 이상 유인된 트랩비율( $p_{11}$ )을 조사하였다.  $m$ 에 따른  $m_{mx}$ 와  $p_{11}$ 의 관계는 상관계수와 일반선형회귀식을 이용하여 추정하였다.

해충별 공간분포지수는 일반적으로 사용되는 Taylor's power law (TPL)과 Iwao's patchiness regression (IPR) 두 가지 방법을 이용하였다. TPL은 자연로그를 취한 평균( $m$ )과 분산( $s^2$ )의 일반선형회귀식  $\ln(m) = \ln(a) + b \ln(s^2)$  (Taylor, 1961), IPR은 평균밀도( $m$ )와 평균군집도[mean crowding index:  $m^* = m + (s^2/m) - 1$ ]의 일반선형회귀식  $m^* = \alpha + \beta m$ 을 이용하여 계산하였다(Iwao, 1968; Lloyd, 1967). 일반선형회귀식의 기울기 값( $b$ 와  $\beta$ )은 해충의 분포특성을 나타내며, 그 값이 1.0보다 크면 집중분포를 의미한다.

해충별 트랩당 평균밀도( $m$ ) 추정에 필요한 최소 트랩수를 TPL 상수 값을 사용할 경우에는  $n_{\min} = am^{b-2}D^{-2}$ 을, IPR 상수 값은  $n_{\min} = [(\alpha + 1)/m + (\beta - 1)]D^{-2}$ 를 이용 계산하였다(Green, 1970; Young and Young, 1998). 여기에서  $n$ 은 최소 필요 트랩수,  $D (= SE/m)$ 는 고정 정확도 수준,  $a$ 와  $b$ 는 TPL 상수,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 IPR 상수이다.

또한 조사시간을 줄이기 위하여 축차표본조사법을 이용 조사 트랩수에 따른 해충별 조사 중지가능 밀도를 TPL은  $\ln(T_n) = [\ln(D^2/a)/(b-2)] + [(b-1)/(b-2)] \ln(n)$ , IPR은  $\ln(T_n) = \ln[(\alpha + 1)/(D^2 - (\beta - 1)/n)]$ 을 이용하여 추정하였다. 여기에서  $T_n$ 은  $n$ 번째 트랩까지의 해충 누적수,  $D$ 는 고정 정확도 수준,  $n$ 은 트랩수,  $a$ 와  $b$ 는 TPL의 상수,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 IPR의 상수이다. 본 연구에서 고정 정확도 수준은 해충관리에서 일반적으로 적용하는 0.25 수준을 사용하였다(Southwood, 1978).

## 통계처리

변수간의 상관계수는 PROC CORR에 의해, 일반선형회귀식의 상수 추정과 회귀식의 기울기와 절편의 조사 포장 간 동일성 검정을 위한 ANCOVA 분석은 SAS의 PROC GLM을 이용하였다(Sokal and Rohlf, 1981; SAS Institute, 1999). 회귀식의 적합성은 결정계수( $r^2$ )로 평가하였으며, 분포특성을 나타내는 기울기 값은 Student- $t$  test, ANCOVA는  $F$ -test를 통해 통계적 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

본 연구에서 이용한 자료는 해충 발생초기인 낮은 밀도 추정치의 정확도를 높이기 위하여 트랩당 평균밀도가 25마리 이하의 자료만을 이용하였다. 자료분석에 이용한 해충별 트랩당 평균밀도의 범위는 꽃노랑총채벌레는 0.2~18.5마리, 목화진딧물 유시충은 0.1~22.9마리, 온실가루이는 0.2~20.5마리이었다.

### 평균밀도와 유인 해충수와의 관계

$m$ 에 대한  $p_{11}$ 의 관계는 선형관계를 갖고 있어  $m$ 을 이용하여  $p_{11}$ 을 유의하게 추정할 수 있었다(Fig. 1). 트랩당 평균밀도( $m$ )에 대한 최고밀도( $m_{mx}$ )와의 상관관계를 분석한 결과 상관계수는 0.841~0.924이었다(Table 1). 목화진딧물의  $m_{mx}$ 과  $p_{11}$ 의 상관계수( $=0.697$ )가 가장 낮았으나 그 외는 모두 0.83 이상으로 높은 상관관계가 보였다( $p < 0.01$ , 꽃노랑총채벌레:  $m$  vs.  $m_{mx}$  0.886,  $m$  vs.  $p_{11}$  0.966,  $m_{mx}$  vs.  $p_{11}$  0.831; 목화진딧물:  $m$  vs.  $m_{mx}$  0.841,  $m$  vs.  $p_{11}$  0.939,  $m_{mx}$  vs.  $p_{11}$  0.697; 온실가루이:  $m$  vs.  $m_{mx}$  0.924,  $m$  vs.  $p_{11}$  0.967,  $m_{mx}$  vs.  $p_{11}$  0.853).

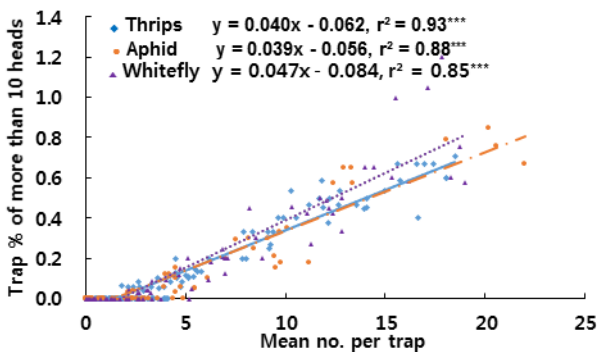


Fig. 1. Relationship of proportion of traps with more than 10 heads on the average number per trap for *Frankliniella occidentalis* adult (Thrips), *Aphis gossypii* alate (Aphid) and *Trialeurodes vaporariorum* adult (Whitefly).

Table 1. Correlation coefficients between mean density and maximum number for *Frankliniella occidentalis*, *Aphis gossypii* and *Trialeurodes vaporariorum* caught on yellow sticky trap in strawberry greenhouses

	<i>F. occidentalis</i>	<i>A. gossypii</i>	<i>T. vaporariorum</i>
Correlation coefficient	0.886***	0.841***	0.924***

\*\*\*:  $p < 0.001$

$m_{mx}$ 가 11마리 이상이 되는  $m$  값은 3종의 해충 모두 약 4.0마리이었다(꽃노랑총채벌레: 3.4마리; 목화진딧물: 3.3마리; 온실가루이: 3.7마리).  $p_{11}$ 이 0.1일 때의 해충별 트랩당 평균밀도는 꽃노랑총채벌레 4.1마리, 목화진딧물 4.0마리, 온실가루이 3.9마리로 해충 종류에 따른 차이는 없었다. 이를 발생초기 기준밀도로 하여 방제의사를 결정하는 것이 타당한 것으로 판단되었다.

### 해충별 공간분포지수

TPL과 IPR을 이용하여 꽃노랑총채벌레와 목화진딧물 유시충, 온실가루이의 분산지수를 추정한 결과 두 회귀식의 기울기( $b$ 와  $\beta$ ) 값이 모두 1.0보다 커 집중분포를 하고 있었다(Tables 2~4).

꽃노랑총채벌레 회귀식의 결정계수( $r^2$ )는 TPL은 0.82~0.95, IPR은 0.75~0.95로 IPR보다 TPL이 공간분포 상황을 더 잘 설명하고 있었다. IPR 상수 중 생물의 집단성을 의미하는  $\alpha$  값이 “0”과 차이가 없어 현실성이 낮았다. 3개 포장의 TPL 회귀식 절편과 기울기 값의 동시 동일성을 ANCOVA를 이용하여 검정한 결과 강정과 남원 간에는 차이가 없었으나 두 포장과 대정 간에는 동일성이 인정되지 않았다(강정과 남원:  $F_{2,193}=2.79$ ,  $p > 0.05$ ; 강정과 대정:  $F_{2,193}=4.75$ ,  $p < 0.01$ ; 남원과 대정:  $F_{2,193}=4.14$ ,  $p < 0.05$ ). 이에 따라 꽃노랑총채벌레의 평균-분산 관계 분석에 강정과 남원의 두 자료만을 통합, 이용하였다 [ $\ln(s^2) = 0.42 + 1.55 \ln(m)$ ,  $r^2 = 0.94$ ].

목화진딧물 유시충 회귀식의 결정계수( $r^2$ )는 TPL은 0.94~0.95, IPR은 0.95~0.98로 높아 두 회귀식 모두 목화진딧물의 분포특성을 잘 설명하고 있었다. 포장별 회귀식 절편과 기울기의 동시 동일성에 대해 ANCOVA를 이용 검정한 결과 IPR은 포장 간에 모두 차이가 있었으나( $p < 0.001$ ), TPL은 강정과 남원 간에는 차이가 없었으나 두 포장과 대정 간에는 동일하지 않은 것으로 나타났다(강정과 남원:  $F_{2,156}=0.91$ ,  $p > 0.1$ ; 강정과 대정:  $F_{2,156}=17.22$ ,  $p < 0.01$ ; 남원과 대정:  $F_{2,156}=4.70$ ,  $p < 0.05$ ). 따라서 목화진딧물의 평균-분산 관계 분석에 강정과 남원 두 포장의

**Table 2.** Distribution indices for *Frankliniella occidentalis* adult caught on yellow sticky trap in strawberry greenhouses

Location	N <sup>1</sup>	Taylor's power law			Iwao's patchiness regression		
		ln a ± SE	b ± SE	r <sup>2</sup>	α ± SE	β ± SE	r <sup>2</sup>
Gangjung	94	0.50 ± 0.06	1.54 ± 0.04	0.95	-0.12 ± 0.29 <sup>n.s.</sup>	1.60 ± 0.04	0.95
Namwon	77	0.33 ± 0.08	1.55 ± 0.05	0.92	0.08 ± 0.27 <sup>n.s.</sup>	1.46 ± 0.04	0.95
Daejung	23	0.59 ± 0.14	1.23 ± 0.13	0.82	0.43 ± 0.54 <sup>n.s.</sup>	1.44 ± 0.18	0.75
Gj+Nw <sup>2</sup>	171	0.42 ± 0.05	1.55 ± 0.03	0.94	-0.05 ± 0.21 <sup>n.s.</sup>	1.55 ± 0.03	0.95

<sup>1</sup>The number of dataset used to calculate the regression statistics.

<sup>2</sup>Gj+Nw means the combined dataset of Gangjung and Namwon.

**Table 3.** Distribution indices for *Aphis gossypii* alate caught on yellow sticky trap in strawberry greenhouses

Location	N <sup>1</sup>	Taylor's power law			Iwao's patchiness regression		
		ln a ± SE	b ± SE	r <sup>2</sup>	α ± SE	β ± SE	r <sup>2</sup>
Gangjug	93	0.58 ± 0.05	1.32 ± 0.03	0.94	0.60 ± 0.05	1.32 ± 0.03	0.95
Namwon	29	0.46 ± 0.07	1.36 ± 0.07	0.94	-0.13 ± 0.17 <sup>n.s.</sup>	1.53 ± 0.04	0.98
Daejung	35	0.30 ± 0.08	1.18 ± 0.05	0.95	0.30 ± 0.08	1.18 ± 0.05	0.95
Gj+Nw <sup>2</sup>	122	0.55 ± 0.04	1.33 ± 0.03	0.94	0.50 ± 0.15	1.27 ± 0.02	0.96

<sup>1</sup>The number of dataset used to calculate the regression statistics.

<sup>2</sup>Gj+Nw means the combined dataset of Gangjung and Namwon.

**Table 4.** Distribution indices for *Trialeurodes vaporarum* adult caught on yellow sticky trap in strawberry greenhouses

Location	N <sup>1</sup>	Taylor's power law			Iwao's patchiness regression		
		ln a ± SE	b ± SE	r <sup>2</sup>	α ± SE	β ± SE	r <sup>2</sup>
Gangjung	27	0.13 ± 0.34 <sup>n.s.</sup>	1.60 ± 0.15	0.82	-0.10 ± 0.83 <sup>n.s.</sup>	1.39 ± 0.07	0.94
Namwon	29	0.59 ± 0.09	1.22 ± 0.05	0.95	1.03 ± 0.28	1.08 ± 0.03	0.98
Daejung	30	0.27 ± 0.20 <sup>n.s.</sup>	1.38 ± 0.10	0.88	0.43 ± 0.45 <sup>n.s.</sup>	1.19 ± 0.04	0.96
Nw+Dj <sup>2</sup>	59	0.54 ± 0.08	1.26 ± 0.04	0.94	0.88 ± 0.25	1.13 ± 0.03	0.97

<sup>1</sup>The number of dataset used to calculate the regression statistics.

<sup>2</sup>Nw+Dj means the combined dataset of Namwon and Daejung.

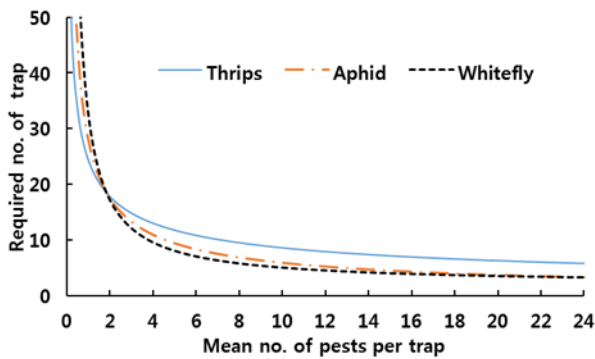
자료만을 통합, 사용하였다[ln(s<sup>2</sup>) = 0.55 + 1.33ln(m), r<sup>2</sup> = 0.94].

온실가루이 회귀식의 결정계수(r<sup>2</sup>)는 TPL은 0.82~0.95, IPR은 0.94~0.98로 IPR이 분포특성을 더 잘 설명하고 있었다. 포장별 회귀식 절편과 기율기의 동시 동일성을 ANCOVA 검정을 실시한 결과 남원과 대정 간에만 차이가 없었다(강정과 남원: F<sub>2,111</sub>=23.17, p<0.01; 강정과 대정: F<sub>2,111</sub>=14.11, p<0.01; 남원과 대정: F<sub>2,111</sub>=1.06, p>0.1). 강정과 남원의 자료만을 통합하여 IPR 분석을 하였다[m\* = 0.88 + 1.13m, r<sup>2</sup> = 0.97].

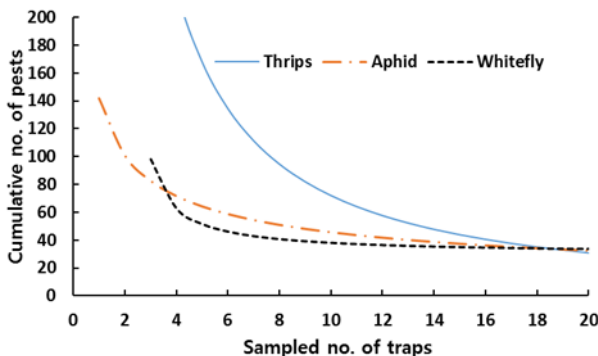
꽃노랑총채벌레와 목화진딧물은 TPL 상수를, 온실가루이는 IPR 상수를 이용하여 고정정확도 수준 0.25에서의 트랩당 평균밀도를 추정하는데 필요한 최소 트랩수를 추정하였다(Fig. 2). 트랩당 평균밀도가 증가할수록 필요한 트랩수는 적어지는

경향이었으며, 특히 평균밀도 2.0마리까지는 트랩수가 급격히 줄어들었다. 온실가루이는 평균밀도 2.0마리 이하에서는 다른 두 해충에 비해 더 많은 트랩이 필요로 하였으나 그 이후에는 요구되는 트랩수가 적어졌다. 평균밀도와 10마리 이상 트랩비율과의 관계에서 설정된 발생초기 의사결정 밀도인 트랩당 평균밀도 4.0마리를 추정하기 위하여 필요한 트랩수는 꽃노랑총채벌레 13개, 목화진딧물 유시충 11개, 온실가루이 10개이었다. 따라서 3종의 해충을 동시에 예찰하기 위해서는 포장당 최소한 13개의 트랩이 필요하였다.

축차표본조사법에서 조사중지를 위한 누적 해충수를 추정한 결과 조사 트랩수가 증가할수록 조사중지에 필요한 누적 해충수는 감소하였다(Fig. 3). 조사중지에 필요한 누적 해충수의 감소폭 차이가 적어져 트랩수 증가가 의사결정에 미치는 영향



**Fig. 2.** The required minimum number of trap to estimate the average number per trap for *Frankliniella occidentalis* adult, *Aphis gossypii* alate and *Trialeurodes vaporariorum* adult, respectively on 0.25 fixed precision level.



**Fig. 3.** The cumulative number of pests to stop the surveying on sampled trap number for *Frankliniella occidentalis* adult, *Aphis gossypii* alate and *Trialeurodes vaporariorum* adult, respectively on 0.25 fixed precision level.

이 적어지는 지점에서의 트랩수는 꽃노랑총채벌레 10개, 목화진딧물 5개, 온실가루이 6개이었다. 조사 중지여부를 판단하기 위해서 온실가루이는 세 번째 트랩까지 조사해야 가능했으나 꽃노랑총채벌레와 목화진딧물 유시충은 첫 번째 트랩부터 중지여부를 판단할 수 있었다.

해충의 효율적인 발생예찰은 해충방제 프로그램의 성공적인 수행과 방제효과 평가 등에 매우 중요하다. 해충밀도가 낮았을 때 방제효과가 높은 생물적 방제에서는 해충의 발생 개시기를 판단하는 것이 방제의 성공여부를 결정짓기 때문에 그 중요도가 더 높다(Rondon et al., 2004).

꽃노랑총채벌레는 다른 색에 비해 청색에 더 잘 유인되는 것으로 알려져 있으며, 대량포획 방법을 이용한 방제에 청색 롤 트랩을 이용하기도 한다(Sampson and Kirk, 2013). 황색끈끈이트랩에는 총채벌레와 함께 가루이, 진딧물 유시충, 애매미충 등 여러 해충뿐만 아니라 애꽃노린재, 무당벌레, 진딧물 등 천적도 함께 조사가 가능하기 때문에 있어 일반적으로 발생예찰

에는 청색보다 황색이 더 유용하다(Atakan and Canhilal, 2004; Rajabpour and Yarahmadi, 2012; Yang et al., 2016).

시설딸기에서 꽃노랑총채벌레와 목화진딧물 유시충, 온실가루이는 시설내부보다 딸기 정식 후 시설 외부에서 유입되고 있다. 꽃노랑총채벌레는 잎에서도 일부 발생하지만 육묘과정에서의 발생이 적고, 꽃이 피기 시작하면서 외부에서 유입이 급증하고 있다. 목화진딧물과 온실가루이는 육묘단계에서도 발생하지만 시설 외부의 기주식물에서 서식하다 정식 직후인 9월부터 시설 내로 유입되면서 밀도가 급격히 증가하는 경향이다. 일반적으로 농가가 해충 발생을 감지하는 것은 목화진딧물과 온실가루이는 그을음병 발생으로, 꽃노랑총채벌레는 딸기 수확 후 선별작업 과정에서 발견하고 있다. 이와 같이 높은 해충 밀도에서는 방제가 어렵기 때문에 해충의 발생초기를 파악하기 위한 기술적 방법이 요구되고 있다.

본 연구는 황색트랩을 이용하여 시설딸기의 주요 비행 해충에 대한 효율적인 예찰방법을 제시하였다. 시설딸기 포장 면적에 따른 트랩 개수를 적용했을 때 정식직후에 황색트랩을 200 m<sup>2</sup>당 1개 기준으로 설치하는 것이 합리적이었다. 트랩은 딸기 상단 10 cm 높이에 설치하여 7일 간격으로 조사한다. 해충의 발생 밀도는 조사트랩의 최고밀도나 누적밀도를 이용하여 추정하고 그 밀도에 따라 천적이나 작물보호제 등 알맞은 방제방법을 적기에 투입하는데 활용할 수 있을 것이다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ010841) 지원으로 수행되었습니다.

## Literature Cited

- Atakan, E., Canhilal, R., 2004. Evaluation of yellow sticky traps at various heights for monitoring cotton insect pests. *J. Agric. Urban Entomol.* 21, 15-24.
- Bae, S.D., Kim, H.J., Yoon, Y.N., Lee, Y.H., Park, I.H., Kang, W.K., Mainali, B.P., 2015. Yellow sticky card offers composite attractiveness to western flower thrips and greenhouse whitefly. *J. Entomol. Zool. Stud.* 3, 110-113.
- Gillespie, D.R., Quiring D., 1987. Yellow sticky traps for detecting and monitoring greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) adults on greenhouse tomato crop. *J. Econ. Entomol.* 80, 675-679.
- Green, R.H., 1970. On fixed precision sequential sampling. *Res. Popul. Ecol.* 12, 249-251.
- Heathcote, G.D., Palmer, J.P., Taylor, L.R., 1969. Sampling for aphids by traps and crop inspection. *Ann. Appl. Biol.*, 63. 155-166.

- Iwao, S., 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal population. *Res. Popul. Ecol.* 10, 1-20.
- Lloyd, M., 1967. Mean crowding. *J. Anim. Ecol.* 36, 1-30.
- MAFRA, 2016. Agriculture, food and rural affairs statistics yearbook. Ministry of agriculture, food and rural affairs, Korea.
- Nam, M.H., Kim, T.I., Kim, H.S., Lee, I.H., Lee, H.C., Jang, W.S., 2015. Compendium of strawberry diseases and pests, 3<sup>rd</sup> ed., RDA strawberry export research specialization projects.
- Parella, M.P., Jones, V.P., 1985. Yellow traps as monitoring tools for *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Chrysanthemum greenhouses. *J. Econ. Entomol.* 78, 53-76.
- Rajabpour, A., Yarahmadi, F., 2012. Seasonal population dynamics, spatial distribution and parasitism of *Aphis gossypii* on *Hibiscus rosa-chinensis* in Khuzestan, Iran. *J. Entomol.* 9, 163-170.
- Rondon, S.I., Price, J.F., Cantliffe, D.J., 2001. An integrated pest management approach: Monitoring strawberry pests grown under protected structures, in: Cantliffe, D.J., Stoffella, P.J., Shaw, N. (Eds.), *Proc. VII IS on Prot. Cult. Mild Winter Climates*. ISHS Acta Hort, 659 pp.
- Samson, C., Kirk, W.D.J., 2013. Can mass trapping reduce thrips damage and is it economically viable? Management of the western flower thrips in strawberry. *PLoS ONE*, 8: e80787. doi:10.1371/journal.pone.0080787.
- SAS Institute. 1999. SAS OnlineDoc, version 8. SAS Institute, Cary, NC.
- Seo, M.J., Kim, S.J., Kang, E.J., Kang, M.K., Yu, Y.M., Nam, M.H., Jeong, S.G., Youn, Y.N., 2006. Attraction of the garden thrips, *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera: Thripidae), to colored sticky cards in a Nonsan strawberry greenhouse. *Korean J. Appl. Entomol.* 45, 37-43.
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1981. *Biometry*. 2nd ed., 887 pp. Freeman, New York.
- Southwood, T.R.E., 1978., *Ecological methods*. 3<sup>rd</sup> ed., Chapman and Hall, London.
- Taylor, L.R., 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189, 732-755.
- Yang, C.J., Yang, Y.T., Song, M.A., Song, J.H., 2016. Pest biodiversity and their characteristic damage caused to greenhouse strawberries in Jeju. *Korean J. Appl. Entomol.* 55, 431-437.
- Young, L.J., Young, J.H., 1998. *Statistical ecology*. Kluwer Academic Publisher, Hingham, MA.