

시설딸기 농장에서 황색점착트랩 설치각도에 따른 주요 해충의 유살특성 예비연구

김상희¹ · 김수빈¹ · 김동순^{1,2*}

¹제주대학교 생명자원과학대학(SARI), ²제주대학교 아열대생명과학연구소

A Preliminary Study on the Attractiveness of Yellow Sticky Trap for Insect Pests According to the Installation Angle of Traps in Strawberry Farms

Sanghee Kim¹, Subin Kim¹ and Dong-Soon Kim^{1,2*}

¹Majors in Plant Resource Sciences & Environment, College of Applied Life Science, SARI, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

²The Research Institute for Subtropical Agriculture and Biotechnology, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

ABSTRACT: This study was conducted to examine the attractiveness of yellow sticky trap (YST) for insect pests by the angle of inclination of the trap surface. In strawberry farms with high bed system, YSTs were installed to attract insect pests in vertical direction with one surface, horizontal direction with upper and under surface, and angle of 45° with upper and lower sticky surface. Thrips (*Frankliniella occidentalis* in dominance) and Sciaridae (*Bradysia agrestis* in dominance) species were more attracted on upper surface of 45° angle trap, vertical surface and upper surface of horizontal trap than on lower surface of 45° angle trap or horizontal trap. Cicadellidae (*Empoasca vitis* in dominance) species were caught more on vertical surface and upper surface of 45° angle trap than on other traps. There were no specific trend in capture of aphid (*Aphis gossypii* in dominance) and white fly (*Trialeurodes packardii* in dominance) species among traps, probably because of a low density of the pest species.

Key words: Visual trap, Color trap, *Frankliniella occidentalis*, *Bradysia agrestis*, *Empoasca vitis*

초 록: 본 연구는 황색점착트랩의 설치각도에 따른 해충의 유인특성을 구명하고자 실시하였다. 고설재배 딸기농장에서 황색점착트랩을 수직(단면), 수평 앞면 및 뒷면, 45도 앞면 및 뒷면 등 5개 각도처리로 설치하고 유인된 해충수를 조사하였다. 총채벌레류(꽃노랑총채벌레 우점)와 뿌리파리류(작은뿌리파리 우점)의 경우 45도 윗면, 수직, 수평 윗면은 45도 뒷면이나 수평 뒷면보다 많은 수가 유인되었다. 매미총류(괴테에메미총)는 수직 또는 45도 위면 트랩에서 통계적으로 많은 수가 유살되었고 전체적으로 45도 윗면, 수평 윗면이나 뒷면은 적은 수가 유살되었다. 진딧물류(목화진딧물 우점)와 가루이류(딸기가루이 우점)는 발생밀도가 낮은 관계로 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다.

검색어: 광학트랩, 유색트랩, 꽃노랑총채벌레, 작은뿌리파리, 괴테에메미총

황색점착트랩(yellow sticky trap)은 재현성이 부족하고 변이가 크기는 하지만 사용법이 간단하고 편리하여 시설재배 작물에서 해충의 조사기술로 가장 널리 사용하고 있는 방법 중 하나이다(Reviewed in Pinto-Zevallos and Vänninen, 2013). 실제, 대상해충과 작물에서 최적 설치지점이 결정되는 경우 의사

결정을 위한 표본조사법으로 유용하게 사용되고 있다(Ekbom and Rumei, 1990). 특히, 해당 작물이 표준 재배법에 따라 잘 관리되는 온실조건에서는 방제 의사결정에 적용할 수 있는 연구 결과가 산출되고 있다(Gillespie and Quiring, 1987; Yano, 1987; Kim et al., 2001; Park et al., 2011).

광학트랩(visual trap)의 일종인 점착트랩의 해충에 대한 유인력을 평가하기 위하여 트랩의 크기, 형태, 색깔 등 다양한 연구가 수행된 바 있다. 즉 정사각형, 직사각형, 원통형, 리본형 등 황색점착트랩의 형태가 온실해충 유인력에 영향을 미치는 것

*Corresponding author: dongsoonkim@jeju.ac.kr

Received May 1 2019; Revised May 8 2019

Accepted May 21 2019

으로 알려졌다(Byrne et al., 1986; Quiring, 1986; Kim et al., 2001; Kim and Lim, 2011; Idris et al., 2012). 또한 해충에 따라 황색 색조(hues)나 음영(shades)에 대한 선호도가 온실해충 유인에 영향을 미치기도 한다(Quiring, 1986). Kim and Lim (2011)은 검은색 바탕에 부착한 황색점착판의 기하학적 형태가 담배가루이 포획효율을 증가시켰다고 보고하였다. 기타 휘발성 유기성분이나 트랩의 방위, 온도조건 등 환경요인이 트랩의 유인력에 영향을 줄 수 있는 것으로 보고되고 있다(Górski, 2004; Biffi Urteaga, 2009; Saleh et al., 2010).

이렇게 트랩의 형태나 크기 등 요인이 온실해충에 대한 유인력에 미치는 연구는 많이 수행되었으나, 트랩의 설치각도에 따른 자료는 거의 없는 상태이다. 따라서 본 연구는 고설재배 시설딸기에서 총채벌레류, 뿌리파리류, 매미충류 등 주요 해충을 대상으로 황색점착트랩의 설치각도에 따른 유살특성에 대한 기초자료를 수집하고자 수행하였다.

재료 및 방법

황색점착트랩 설치 농장

제주특별자치도 서귀포시 대정읍 소재의 하우스 고설(하이베드)재배 딸기 농장 2곳에서 실험을 수행하였다. 조사 시기는 2018년 4월 28일 부터 2018년 5월 17일 까지 총 4차례에 걸쳐 7일 간격으로 조사하였다.

두 농가 모두 친환경 농가로써 실내가온(8°C 이상 유지)을 실시하였다. 전년도 2017년 9월에 딸기 묘를 이식하였고(품종:

설향), 수확은 2017년 12월 초부터 2018년 5월말까지 이루어졌다. 조사포장의 하우스는 모두 연동하우스였으며, 시설형태는 1번 농가(0.4 ha)는 베드의 크기가 폭 20 × 높이 90 cm 이었으며, 2번 농가(0.35 ha)도 같은 크기의 베드를 사용하였다. 한 동당 베드 4개를 배치하였으며, 딸기는 15 cm 간격 두 줄로 재배하였다.

트랩설치 및 딸기 발생 해충 조사

두 농가 모두 9동 중 중간 5동에 트랩을 배치하였다. 각 농가는 1동당 4베드로 구성되어 있으며 입구에서 안쪽에 위치한 두 번째 베드에 1열씩 트랩을 배치하였다. 해충 조사는 트랩의 설치각도에 따라 해충의 유인수를 조사하기 위하여 수직(단면), 45도 아랫면, 45도 윗면, 수평 아랫면, 수평 윗면 등 총 5처리를 하였다(Fig. 1). 5개의 각도에 통로 측에서 가까운 순서로(바람이 잘 통하는 창가로부터 먼 순서로) 난괴법으로 5구역을 나누어 5반복으로 동당 5개씩 각 5 m 간격으로 설치하였다.

황색끈끈이판(150 × 250 mm; Greenagrotech, Korea)의 한쪽 면을 검정 포맥스(200 × 260 mm, 2T) 판에 부착하여 다른 한쪽 면만 사용하였다. 트랩의 설치대는 건축자재(PVC) (200 × 250 mm 판)와 분재용 철사로 각도 조절이 가능도록 제작하였다. 설치위치는 2줄 딸기 중앙에 설치하였고, 식물체 상단 30 cm 위에서 트랩 중심부가 위치하도록 사무용 집게를 이용하여 고정하였다. 또한 각도가 기울어지지 않도록 스테인리스철사로 추가하여 지지해주었다. 트랩은 7일 간격으로 교체하였으며, 포맥스에 붙여진 황색끈끈이판이 서로 붙지 않도록 수거한 후 실험실

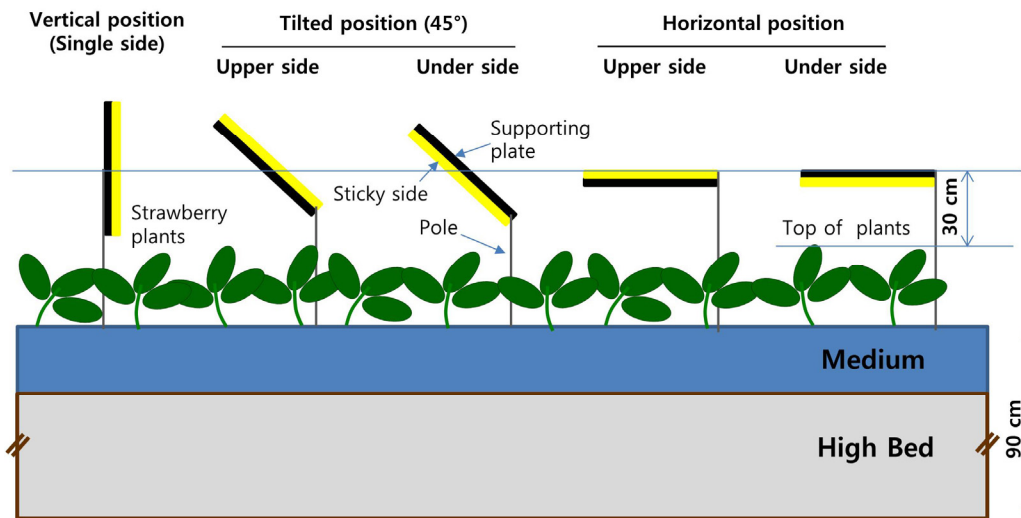


Fig. 1. The diagram of trap installation method at different angles in a strawberry farm with high-bed system. Yellow sticky trap (YST) were in vertical direction with one surface, horizontal direction with upper and under surface, and angle of 45° with upper and lower sticky surface.

에서 실체현미경(45x)하에서 발견된 해충을 기록하였다. 제주 딸기 해충목록은 Yang et al. (2016)의 결과를 참조하여 포획량이 많은 총채벌레류(꽃노랑총채벌레 *Frankliniella occidentalis* 우점), 뿌리파리류(작은뿌리파리 *Bradysia agrestis* 우점), 매미충류(괴테애매미충 *Empoasca vitis* 우점), 진딧물류(목화진딧물 *Aphis gossypii* 우점), 가루이류(딸기가루이 *Trialetrodes packardi* 우점) 으로 구분하여 조사하였다.

참고로 각 각도별 트랩의 직각면 10, 15 및 20 cm 지점과 온실 내외부 개방공간에서 광도를 측정하여 비교하였다(see Supp. Fig. 1 for details).

분석방법

트랩 각도에 따른 해충 유인수의 유의성 검정은 정규성 평가 후 난괴법을 적용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, Tukey's Studentized Range Test (HSD)를 이용하여 평균간 비교($P = 0.05$)를 실시하였다(SAS Institute, 1999).

결과

총채벌레류

총채벌레류 유살량은 2번 농장보다 1번 농장에서 많은 경향이 있었다(Table 1). 농장 1에서는 수확증기에 해당되는 4월 하순(4월 28일)에 높은 유살량을 보이다가 수확이 종료되는 시기인

5월 중순에는 급격히 감소하여 낮게 유지되는 경향을 보였다. 그러나 농장 2에서는 조사기간 동안 큰 차이 없이 유살수가 유지되었다.

트랩설치 각도에 따른 총채벌레류 유살수는 농장 1 (Farm 1, 4/28 : $F = 5.22$; $df = 8, 16$; $P = 0.0025$, 5/3 : $F = 5.77$; $df = 8, 16$; $P = 0.0015$, 5/10 : $F = 6.43$; $df = 8, 16$; $P = 0.0008$, 5/17 : $F = 2.86$; $df = 8, 16$; $P = 0.0350$)과 농장 2 (Farm 2, 4/28 : $F = 9.56$; $df = 8, 16$; $P < 0.0001$, 5/3 : $F = 16.34$; $df = 8, 16$; $P < 0.0001$, 5/10 : $F = 6.93$; $df = 8, 16$; $P = 0.0005$, 5/17 : $F = 3.54$; $df = 8, 16$; $P = 0.0151$) 모두 통계적으로 차이가 있었다. 트랩각도 45도 윗면, 수직, 수평 윗면은 45도 뒷면이나 수평 뒷면보다 많은 수가 유인되었다. 45도 윗면, 수직, 수평 윗면 간에는 통계적으로 유의성은 없었으나 농장 1에서 유인수는 45도 윗면, 수직, 수평 윗면 순으로 나타났으며, 농장 2에서는 수직, 45도 윗면, 수평 윗면 순으로 농장 1과는 순위가 달랐다.

뿌리파리류

트랩설치 각도에 따른 뿌리파리류 유살량은 변이가 매우 심하였다(Table 2). 농장 1에서 평균 유살량은 다른 트랩각도보다 수직트랩에서 높은 경향이었으나, 통계적 차이는 없었다(4/28 : $F = 0.81$; $df = 8, 16$; $P = 0.6039$, 5/3 : $F = 0.66$; $df = 8, 16$; $P = 0.7204$, 5/10 : $F = 1.00$; $df = 8, 16$; $P = 0.4726$, 5/17 : $F = 1.45$; $df = 8, 16$; $P = 0.2487$). 그러나 농장 2의 경우는 5월 3일 조사를 제외하고 트랩각도에 따라 뿌리파리류 유살량에 통계적 차이가

Table 1. The attractiveness of yellow sticky trap for thrips species (*Frankliniella occidentalis* in dominance) according to the installation angle of traps in strawberry farms

Date investigated	Vertical position (single side)	Tilted position (45°)		Horizontal position	
		Upper side	Under side	Upper side	Under side
Farm 1					
2018-04-28	224.4 ± 46.09ab ¹	362.2 ± 64.66a	16.8 ± 6.81b	208.2 ± 83.80ab	9.8 ± 5.26b
2018-05-03	96.6 ± 19.22ab	145.8 ± 39.46a	13.4 ± 4.23c	56.4 ± 4.80bc	2.8 ± 0.80c
2018-05-10	38.2 ± 4.61ab	53.8 ± 13.71a	2.6 ± 0.40c	15.2 ± 3.02bc	0.2 ± 0.20c
2018-05-17	4.0 ± 1.70ab	22.4 ± 9.53a	0 ± 0b	5.0 ± 1.30ab	0.4 ± 0.24b
Sub-mean	90.8 ± 48.46	146.1 ± 76.7	8.2 ± 4.08	71.2 ± 47.00	3.3 ± 2.25
Farm 2					
2018-04-28	4.8 ± 0.80a	3.8 ± 0.37a	0.8 ± 0.37b	1.6 ± 0.40b	0 ± 0b
2018-05-03	4.2 ± 0.66a	3.0 ± 0.55a	0.8 ± 0.58b	0.8 ± 0.37b	0 ± 0b
2018-05-10	5.0 ± 1.26a	4.8 ± 0.97a	0 ± 0b	1.6 ± 0.60b	0.2 ± 0.20b
2018-05-17	4.6 ± 1.5a	2.8 ± 0.92ab	0.2 ± 0.2b	1 ± 0.32b	0 ± 0b
Sub-mean	4.7 ± 0.17	3.6 ± 0.45	0.5 ± 0.21	1.3 ± 0.21	0.1 ± 0.05

¹Means with same letters in a row are not significantly different by Tukey test ($P = 0.05$).

Table 2. The attractiveness of yellow sticky trap for Sciaridae species (*Bradysia agrestis* in dominance) according to the installation angle of traps in strawberry farms

Date investigated	Vertical position (single side)	Tilted position (45°)		Horizontal position	
		Upper side	Under side	Upper side	Under side
Farm 1					
2018-04-28	15.2 ± 7.73a ¹	3.0 ± 1.10a	3.0 ± 1.00a	2.4 ± 0.93a	2.6 ± 1.47a
2018-05-03	1.0 ± 0.45a	1.6 ± 0.40a	1.0 ± 0.32a	2.0 ± 0.55a	0.6 ± 0.24a
2018-05-10	12.0 ± 6.82a	7.6 ± 4.92a	1.4 ± 0.51a	1.8 ± 0.73a	0.8 ± 0.37a
2018-05-17	2.8 ± 1.16a	3.0 ± 0.71a	2.0 ± 0.63a	2.0 ± 0.32a	2.4 ± 0.81a
Sub-mean	7.75 ± 3.46	3.8 ± 1.30	1.9 ± 0.43	2.1 ± 0.13	1.6 ± 0.52
Farm 2					
2018-04-28	14.8 ± 3.54a	12.0 ± 2.55ab	2.6 ± 1.21bc	7.6 ± 2.06abc	0.4 ± 0.24c
2018-05-03	3.6 ± 0.93a	3.6 ± 0.93a	2 ± 1.26a	4.0 ± 1.52a	0.2 ± 0.20a
2018-05-10	11.2 ± 1.71a	10.4 ± 1.60a	2.8 ± 0.49b	8.0 ± 0.95a	0.2 ± 0.20b
2018-05-17	13.8 ± 1.96a	14.2 ± 2.03a	2.4 ± 0.93bc	9.2 ± 2.24ab	1.4 ± 0.51c
Sub-mean	10.9 ± 2.53	10.1 ± 2.30	2.5 ± 0.17	7.2 ± 1.10	0.6 ± 0.29

¹Means with same letters in a row are not significantly different by Tukey test ($P=0.05$).

있었다(4/28 : $F=0.71$; $df=8, 16$; $P=0.6830$, 5/10 : $F=1.00$; $df=8, 16$; $P=0.4726$). 이 경우 수직, 45도 윗면, 수평 윗면의 순으로 유살량이 45도 뒷면이나 수평 뒷면보다 유의하게 많았다.

애매미충류

애매미충류는 농장 2에서는 발생이 되지 않았으며 농장 1에서 조사기간 동안 지속적으로 발생하였다(Table 3). 수직, 45도 윗면 트랩에서 통계적으로 많은 수가 유살되었다(4/28 : $F=5.27$; $df=8, 16$; $P=0.0024$, 5/3 : $F=3.42$; $df=8, 16$; $P=0.0174$, 5/10 : $F=17.30$; $df=8, 16$; $P<0.0001$, 5/17 : $F=1.34$; $df=8, 16$; $P=0.2923$). 전체적으로 45도 뒷면, 수평 윗면이나 뒷면은 적은 수가 유살되었다.

진딧물류

두 농장 모두 진딧물류의 유살량은 많지 않았다. 전체적으로 45도 윗면과 수평 윗면의 유살량이 높은 경향이었으나 통계적 차이는 없었다(Table 4).

가루이류

가루이류의 발생은 농장 1과 2 모두 매우 적었다. 트랩설치 각도에 따른 차이를 비교하기 어려우나 농장 1에서 모든 트랩에 유사하게 유살되는 경향이었다(Table 5).

Table 3. The attractiveness of yellow sticky trap for Cicadellidae species (*Empoasca vitis* in dominance) according to the installation angle of traps in strawberry farms

Date investigated	Vertical position (single side)	Tilted position (45°)		Horizontal position	
		Upper side	Under side	Upper side	Under side
Farm 1					
2018-04-28	16.2 ± 1.59a ¹	5.8 ± 2.96b	4.0 ± 1.87b	3.6 ± 1.75b	1.6 ± 1.17b
2018-05-03	11.0 ± 0.84a	6.2 ± 1.93ab	2.2 ± 0.80b	2.4 ± 1.91b	2.0 ± 1.14b
2018-05-10	27.2 ± 3.22a	10.4 ± 1.83b	2.2 ± 0.73bc	2.4 ± 0.75bc	2.0 ± 0.71c
2018-05-17	16.4 ± 9.84a	16.0 ± 5.65a	4.2 ± 1.53a	3.0 ± 1.58a	3.2 ± 0.92a
Sub-mean	17.7 ± 3.40	9.6 ± 2.37	3.2 ± 0.55	2.9 ± 0.29	2.2 ± 0.35
Farm 2, No available data					

¹Means with same letters in a row are not significantly different by Tukey test ($P=0.05$).

Table 4. The attractiveness of yellow sticky trap for Aphid species (*Aphis gossypii* in dominance) according to the installation angle of traps in strawberry farms

Date investigated	Vertical position (single side)	Tilted position (45°)		Horizontal position	
		Upper side	Under side	Upper side	Under side
Farm 1					
2018-04-28	0.6 ± 0.40a ¹	1.6 ± 1.17a	0 ± 0a	3.0 ± 1.55a	0.4 ± 0.24a
2018-05-03	0 ± 0a	2.4 ± 1.50a	0.2 ± 0.2a	0.8 ± 0.37a	0.2 ± 0.20a
2018-05-10	1.8 ± 0.92a	2.2 ± 0.66a	0 ± 0a	1.6 ± 0.51a	0.2 ± 0.20a
2018-05-17	0.2 ± 0.20a	2.8 ± 1.80a	0 ± 0a	1.6 ± 0.75a	0.2 ± 0.20a
Sub-mean	0.7 ± 0.40	2.3 ± 0.25	0.1 ± 0.05	1.8 ± 0.46	0.3 ± 0.46
Farm 2					
2018-04-28	0.2 ± 0.20a	0 ± 0a	0 ± 0a	0.4 ± 0.24a	0 ± 0a
2018-05-03	0.0 ± 0.0a	0 ± 0a	0 ± 0a	0.2 ± 0.20a	0 ± 0a
2018-05-10	0.4 ± 0.24a	1.0 ± 0.77a	0 ± 0a	0.6 ± 0.40a	0.2 ± 0.2a
2018-05-17	0 ± 0a	0.4 ± 0.24a	0 ± 0a	0.6 ± 0.40a	0 ± 0a
Sub-mean	0.2 ± 0.10	0.4 ± 0.24	0 ± 0	0.5 ± 0.10	0.1 ± 0.05

¹Means with same letters in a row are not significantly different by Tukey test ($P=0.05$).
 Farm 1 - 4/28 : $F=2.88$; $df=8, 16$; $P=0.0343$, 5/3 : $F=1.78$; $df=8, 16$; $P=0.1560$, 5/10 : $F=1.91$; $df=8, 16$; $P=0.1280$, 5/17 : $F=1.39$; $df=8, 16$; $P=0.2717$.
 Farm 2 - 4/28 : $F=1.00$; $df=8, 16$; $P=0.4726$, 5/3 : $F=1.00$; $df=8, 16$; $P=0.4726$, 5/10 : $F=1.00$; $df=8, 16$; $P=0.4726$, 5/17 : $F=1.75$; $df=8, 16$; $P=0.1621$.

Table 5. The attractiveness of yellow sticky trap for white fly species (*Trialeurodes packardii* in dominance) according to the installation angle of traps in strawberry farms

Date investigated	Vertical position (single side)	Tilted position (45°)		Horizontal position	
		Upper side	Under side	Upper side	Under side
Farm 1					
2018-04-28	0.8 ± 0.20a ¹	0.6 ± 0.24a	0.2 ± 0.20a	1.2 ± 0.73a	0.4 ± 0.24a
2018-05-03	0.6 ± 0.24a	0.2 ± 0.20a	0.2 ± 0.20a	0.4 ± 0.24a	0.4 ± 0.40a
2018-05-10	0 ± 0a	0.4 ± 0.24a	0.4 ± 0.24a	0.4 ± 0.24a	0.2 ± 0.20a
2018-05-17	0.6 ± 0.24a	0.2 ± 0.20a	0 ± 0a	0 ± 0a	0.4 ± 0.24a
Sub-mean	0.5 ± 0.17	0.4 ± 0.10	0.2 ± 0.08	0.5 ± 0.25	0.4 ± 0.05
Farm 2					
2018-04-28	0 ± 0a	0.2 ± 0.20a	0.2 ± 0.20a	0 ± 0a	0 ± 0a
2018-05-03	0 ± 0a	0 ± 0a	0 ± 0a	0 ± 0a	0 ± 0a
2018-05-10	0 ± 0a	0 ± 0a	0 ± 0a	0.2 ± 0.20a	0 ± 0a
2018-05-17	0 ± 0a	0 ± 0a	0 ± 0a	0 ± 0a	0 ± 0a
Sub-mean	0 ± 0	0.1 ± 0.05	0.1 ± 0.05	0.1 ± 0.05	0 ± 0

¹Means with same letters in a row are not significantly different by Tukey test ($P=0.05$).
 Farm 1 - 4/28 : $F=0.81$; $df=8, 16$; $P=0.6039$, 5/3 : $F=0.66$; $df=8, 16$; $P=0.7204$, 5/10 : $F=1.00$; $df=8, 16$; $P=0.4726$, 5/17 : $F=1.45$; $df=8, 16$; $P=0.2487$.
 Farm 2 - 4/28 : $F=0.71$; $df=8, 16$; $P=0.6830$, 5/10 : $F=1.00$; $df=8, 16$; $P=0.4726$.

고찰

오이나 토마토에서 점착트랩(황색)의 설치는 작물 방향으로 점착 면이 평행하도록 하고 수직으로 설치하는 것이 일반화되어 있다(Gu et al., 2008; Zhang and Yu, 2009). 또한 작물 정상으로부터 15~30 cm 아래 부분에서 50 cm 또는 그 이하로 이격

하여 점착트랩을 설치한다(Webb et al., 1985; Qiu and Ren, 2006). 이러한 설치위치와 방향은 점착트랩 차체가 광학적 원리(즉 visual trap)로 해충을 유인하는 것이기 때문에 작물재배 구조에서 해충의 주요 발생부위와 트랩 사이에 장애요인을 최소화하고 시각을 최대한 활용하는 전략으로 해석할 수 있다 (Reviewed in Pinto-Zevallos and Vänninen, 2013).

딸기작물의 경우 오이나 토마토와는 식물체 재배구조 형태가 매우 상이하다. 즉, 구조적으로 딸기 엽상 위쪽에 점착트랩을 설치할 수밖에 없는 조건이다. 따라서 해충의 서식부위와 직선거리에서 있는 수평트랩 뒷면(아랫면)이 식물체와 평행하고 시각적 장애가 없는 형태로 해충이 유인되기 가장 적합한 위치에 있다. 하지만 조사대상 해충류 모두 수평 뒷면의 유살수는 통계적으로 유의하게 적은 양상을 보였다. 또한 수평 뒷면과 유사한 45도 뒷면도 적은 수의 해충이 유인되었다.

점착트랩에 영향을 미치는 요인은 트랩의 색깔, 크기, 위치뿐만 아니라 온도, 광도, 바람 등 환경요인이 관여하는 것으로 알려져 있다. 온도는 비행활동(온실가루이)에 영향을 미치고 (Biffi Urteaga, 2009), 바람은 해충의 이륙과 비행행동에 영향을 주어서 트랩 효율에 영향을 미칠 수 있다(Byrne and von Bretzel, 1987; Riis and Nachman, 2006). 일반적으로 빛의 세기와 포획수와의 양의 상관관계가 있다(El-Helaly et al., 1981; Byrne and von Bretzel, 1987; Chu et al., 1998). 즉, 빛이 강할수록 유인력이 높은 것으로 알려져 있으나, 본 실험에서 측정된 각도별 광도는 유인수와는 차이가 있었다(Supp. Table 1). 식물체 등 주변에서 반사하는 광의 영향으로 트랩 직각면 10 cm에서 측정된 광도가 반사량을 제일 잘 대표한다고 가정할 때, 45도 윗면, 수평 윗면의 광도가 월등히 높았고, 수직이나 45도 뒷면 및 수평 뒷면은 낮았다. 수직면에서 반사 광도는 낮으나 해충유인수가 많은 것은 유인해충의 행동적인 요소가 관여되어 있는 것으로 보인다. 기타 10, 15, 20 cm 거리에 따라 광도는 크게 변화하였는데, 향후 이와 관련하여 황색점착트랩에 어떠한 과정을 통하여 특정 해충이 유인되는지 기작연구가 필요해 보인다.

블루베리혹파리의 경우 지면에 수평으로 놓은 점착트랩에 효과적으로 유인되었는데(Kang, et al., 2012), 토양 번데기에서 우화하는 성충과 직접 접해 있기 때문으로 보인다. 트랩의 설치각도에 따른 파리류 유인실험에서 고자리파리 등 *Delia* 속 해충은 수평 윗면에 많이 유살되었고, 당근혹파리(가칭, *Psila rosae*)는 45도에 뒷면에 많이 유살되어 해충 종별 다른 반응을 보였다(Muirhead-Thompson, 1991). 점착트랩에 유살되는 해충반응을 해석하기 위해서는 앞으로 해충의 이륙과 착륙과 관련된 비행행동에 대한 이해가 필요할 것으로 보인다.

본 연구의 결과 범위 내에서 판단하자면 총채벌레류, 뿌리파리류, 매미충류에 대해서는 수직, 45도 윗면, 수평 윗면의 트랩 각도로 설치가 가능하다고 판단되며, 트랩 설치 각도를 변경시킬 수 있는 자동트랩(unpublished data)의 운영시 참고가 될 것이다. 그리고 기존 수직으로 설치하는 점착트랩은 가장 표준적인 방법으로 재확인된다.

Acknowledgements

This study was carried out with the partial support of the Agenda Project (PJ013390: PJ013390012018), RDA, Republic of Korea. We are grateful to Sustainable Agriculture Research Institute (SARI) in Jeju National University for providing the experimental facilities.

Supplementary Information

Supplementary data are available at Korean Journal of Applied Entomology online (<http://www.entomology2.or.kr>).

Literature Cited

- Biffi Urteaga, U.A., 2009. Development of an autonomous flying insect scouting system for green house environments. MS Thesis, Ohio State University.
- Byrne, D.N., Bretzel, P.K., 1987. Similarity in flight activity rhythms in coexisting species of Aleyrodidae, *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes abutilonea*. Entomol. Exp. Appl. 43, 215-219.
- Byrne, D.N., Von Bretzel, P.K., Hoffman, C.J., 1986. Impact of trap design and placement when monitoring for the banded winged whitefly and the sweet potato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol. 15, 300-304.
- Chu, C.C., Henneberry, T.J., 1998. Arthropod management: development of a new whitefly trap. J. Cotton Sci. 2, 104-109.
- Ekbom, B.S., Rumei, X., 1990. Sampling and spatial patterns of whiteflies, in: Gerling, D. (Ed.), Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management. Intercept Ltd. Hants, UK, pp. 107-122.
- El-Helaly, M.S., Rawash, I.A., Ibrahim, E.G., 1981. Phototaxis of the adult whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius to the visible light. II. Effects of both light intensity and sex of the whitefly adults on the insect's response to different wavelengths of light spectrum. Acta. Phytopathol. Acad. Sci. Hung. 16, 389-398.
- 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.
- Górski, R., 2004. Effectiveness of natural essential oils in the monitoring of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood). Folia. Hortic. 16, 183-187.
- Gu, X., Bu, W., Xu, W., Bai, Y., Liu, B., Liu, T., 2008. Population suppression of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) using yellow sticky traps and *Eretmocerus* nr. *rajasthanicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) on tomato plants in greenhouses. Insect Sci. 15, 263-270.

- Idris, A.B., Khalid, S.A.N., Roff, M.N.M., 2012. Effectiveness of sticky trap designs and colours in trapping alate whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pertan. J. Trop. Agric. Sci.* 35, 127-134.
- Kang, T.-J., Cho, M.-R., Ahn, S.-J., Kim, H.-H., Kim, S.-J., Lee, S.-C., Lee, H.-S., 2012. Monitoring and environment-friendly management of blueberry gall midge, *Dasineura oxycoccana* (Diptera: Cecidomyiidae), on Blueberry. *Korean J. Org. Agric.* 20, 607-618.
- Kim, J.K., Park, J.J., Park, H., Cho, K., 2001. Unbiased estimation of greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, mean density using yellow sticky trap in cherry tomato greenhouses. *Entomol. Exp. Appl.* 100, 235-243.
- Kim, S., Lim, U.T., 2011. Evaluation of a modified sticky card to attract *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and a behavioural study on their visual response. *Crop Prot.* 30, 508-511.
- Muirhead-Thompson, R. 1991. Trap responses of flying insects: The influence of trap design on capture efficiency. Academic Press, 304 pp.
- Park, J., Lee, J., Shin, K., Lee, S.E., Cho, K., 2011. Geostatistical analysis of the attractive distance of two different sizes of yellow sticky traps for greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), in cherry tomato greenhouses. *Aust. J. Entomol.* 50, 144-151.
- Pinto-Zevallos, D.M., Vänninen, I., 2013. Yellow sticky traps for decision-making in whitefly management: What has been achieved? *Crop Prot.* 47, 74-84.
- Qiu, B.L., Ren, S.X., 2006. Using yellow sticky traps to inspect population dynamics of *Bemisia tabaci* and its parasitoids. *Chin. Bull. Entomol.* 43, 53-56.
- Quiring, D. 1986. Early detection, monitoring and control of greenhouse whiteflies on cucumber using yellow sticky traps and *Encarsia formosa*. MS Thesis, Simon Fraser University.
- Riis, L., Nachman, G., 2006. Migration, trapping and local dynamics of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Agric. For. Entomol.* 8, 233-241.
- Saleh, S.M.M., Al-Shareef, L.A.H., Al-Zahrany, R.A.A., 2010. Effect of geomagnetic field on whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) flight to the cardinal and halfway directions and their attraction to different colors in Jeddah of Saudi Arabia. *Agric. Biol. J. North Am.* 1, 1349-1356.
- SAS Institute. 1999. SAS System for Window, Release 8.02. SAS Institute, Cary, NC.
- Webb, R.E., Smith, F.F., Affeldt, H., Thimijnn, R.W., Dudley, R.F., Webb, H.F., 1985. Trapping greenhouse whitefly with colored surfaces: variables affecting efficacy. *Crop Prot.* 4, 381-393.
- 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.
- Yano, E., 1987. Quantitative monitoring techniques for the greenhouse whitefly. *Bull. OILB/SROP.* 10, 198-202.
- Zhang, N., Yu, L., 2009. Impact and control efficiency of yellow trap to *Bemisia tabaci* adults on tomato in greenhouse. *Hubei Agric. Sci.* 48, 1884-1886.