



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

황색점착트랩에 부착된 비표적 곤충
차단망이 해충의 포획에 미치는 영향

The effects of non-target insect-blocking net on the capture of insect pests
in yellow sticky traps

濟州大學校 大學院

農學科

金健

2019年 8月

황색점착트랩에 부착된 비표적 곤충 차단망이 해충의 포획에 미치는 영향

指導教授 金 桐 淳

金 健

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함

2019年 8月

金健의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長

전 응철



委 員

정 응석



委 員

김 등순



濟州大學校 大學院

2019年 8月

목 차

ABSTRACT	1
I. 서론	2
II. 연구사	4
1. 유색 점착트랩에 대한 연구	4
2. 방지망의 생물학적 응용	6
III. 재료 및 방법	9
1. 비표적 곤충 방지망의 제작	9
2. 조사 방법	9
2-1. 실험포장 선정	9
2-2. 방지망의 현장 설치	10
2-3. 점착트랩에 유입된 곤충의 촬영과 분류 동정	11
2-4. 자료 분석	18
IV. 결과	
1. 각 처리 별 유입된 모든 곤충의 종 다양성 분석	22
1-1. 제 1포장	22
1-2. 제 2포장	23
1-3. 제 3포장	23
1-4. 제 4포장	24
2. 각 처리 별 유입된 주요 해충 분류군의 종 다양성 분석	24
2-1. 제 1포장	24
2-2. 제 2포장	25
2-3. 제 3포장	25

2-4. 제 4포장	26
3. 격자 크기 별 유입되는 곤충의 크기와 유입 빈도 분석	35
4. 해충 분류군의 유입 개체수 분석	35
5. 비표적 곤충 분류군의 유입 개체수 분석	37
V. 고찰	44
VI. 적요	47
VII. 인용문헌	48

LIST OF TABLES

Table 1. Comparison of species diversity indices obtained using whole insect species caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 1 (without pesticide control, an open ground citrus orchard)	27
Table 2. Comparison of species diversity indices obtained from the whole insect community caught in yellow sticky trap with each non-target insect-blocking net in orchard 2 (conventional culture, rain proof cultivation citrus orchard) 28	
Table 3. Comparison of species diversity indices obtained from the whole insect community caught in yellow sticky trap with each non-target insect-blocking net in orchard 3 (Farming without agricultural chemicals, green house strawberries orchard)	29
Table 4. Comparison of species diversity indices obtained using whole insect species caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 4 (conventional cultivation, an open ground citrus orchard)	30
Table 5. Comparison of species diversity indices obtained using taxonomic groups (i.e. Family) including insect pests caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 1 (conventional culture, an open ground citrus orchard)	31
Table 6. Comparison of species diversity indices obtained using taxonomic groups (i.e. Family) including insect pests caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 2 (conventional culture, rain proof cultivation citrus orchard)	32
Table 7. Comparison of species diversity indices obtained using taxonomic groups (i.e. Family) including insect pests caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 3 (Farming without agricultural chemicals, green house strawberries orchard)	33
Table 8. Comparison of species diversity indices obtained using taxonomic groups	

(i.e. Family) including insect pests caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 4 (conventional culture, an open ground citrus orchard)	34
Table 9. Comparison of number of individuals obtained using taxonomic groups (i.e. Family) including insect pests caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in all orchard	42
Table 10. Comparison of number of individuals obtained using taxonomic groups including non-target insects caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in all orchard	43

LIST OF FIGURES

- Fig. 1. Yellow sticky trap in protective case made by the patent technology (Registration number : 1012115110000). 12
- Fig. 2. Non-target insect-blocking net modified on the basis of patent technology (Registration number: 1012115110000). 13
- Fig. 3. Trap installation location for each treatments shown in the satellite picture. The red circles represent traps with normal yellow sticky traps (YST) (A), the yellow circles represent YST with a 10 mm-mesh non-target insect-blocking net (B), and the blue circles represent YST with a 5 mm-mesh non-target insect-blocking net (C). 14
- Fig. 4. Yellow sticky trap with non-target insect-blocking net hung on a tree branch 1.5m above the ground in a citrus orchard. 15
- Fig. 5. Yellow sticky trap with non-target insect-blocking net installed on a pipe line 30-40 cm above the plant canopy in a strawberry farm. 16
- Fig. 6. Measurements of wingspan and body length. When two wings was straight state, the wingspan was measured exactly. When the wings of trapped individuals was folded, the wingspan was calculated by summing the lengths of the prothorax and wings. 17
- Fig. 7. Relationship between body length and wingspan of trapped insects. 40
- Fig. 8. Frequency distribution of insect body length caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net. 41

ABSTRACT

Colored sticky traps have been widely used to trap and monitor flying insects that response to specific wavelengths. However, colored sticky trap attracts all insects that response the color, thus resulting in invasion of a lot of non-target insects. Non-target insects occupy the attachment surface, interfering with the attractiveness of target insects, and increase the effort and time required for monitoring insect pests.

This study was conducted to investigate the effects of non-target insect-blocking net (5 and 10 mm in lattice size) on the attraction of insect species, which covers the sticky surface of color traps physically to block non-target organisms. The possibility of field application for the insect-blocking net was tested by analyzing the species diversity index and frequency distribution of insect body length of attracted insects.

As a result, species, individuals, and diversity index showed higher tendency as the net was not applied or grid of the net was larger. However, when the analysis target was limited to the taxonomic groups (i.e. Family) including insect pests, it was confirmed that this tendency was reduced. Therefore the influence on the blocking effect of large non-target insect was confirmed. In group of Thripidae, Aleyrodidae, Cicadellidae that generally include many pest species, the frequency distribution of insect body length did not show significant difference among traps with different non-target insect-blocking net. Consequently, the use of non-target insect-blocking net did not adversely affect the attraction of target insect pests, suggesting 5 mm or 10 mm-net can be selectively applied for insect pest monitoring.

I. 서론

일반적으로 점착트랩은 특정 광과장에 유인되는 곤충의 반응을 이용하여 딱정벌레목(Coleoptera), 파리목(Diptera), 노린재목(Hemiptera), 총채벌레목(Thysanoptera)에 속하는 비행 곤충의 유살 및 모니터링에 널리 이용되고 있다(Kaloostian, 1961; Murphy, 1985; Muirhead-Thomson, 1991; Augustin et al., 2012).

유색 점착트랩은 해당 색상에 반응을 보이는 모든 곤충을 유인하는 특성이 있어, 페로몬트랩이 예찰 및 방제하고자 하는 표적 곤충을 특이적으로 유살할 수 있는 것에 반해, 비표적 곤충(Non target insect)이 다량으로 유입되는 문제가 발생한다. 트랩에 유입된 대형 비표적 곤충은 트랩이 특정 광과장을 발산하는 면적과 부착면을 감소시킴으로써 표적 곤충(Target insect)의 유인을 저해할 수 있다. 또한 현미경 검경을 통한 해충 밀도 모니터링에서 대형 비표적 곤충은 작업자의 표적 해충의 분류 및 계수 작업에 필요한 노력과 시간 소요를 증대시킨다. 그리고 소형 비표적 곤충이 이미 부착된 위치에 대형 비표적 곤충이 부착되면 소형 비표적 곤충이 가려져 육안으로 확인이 어렵게 되므로 예찰에 직접적인 악영향을 줄 수 있다.

또한 점착트랩에 유입된 곤충을 스캐닝한 후 얻은 이미지를 인공지능을 통해 분석하여, 유입된 곤충을 자동으로 분류 및 예찰을 하고자 하는 다양한 시도(Cho et al., 2007; Qiao et al., 2008; Xia et al., 2015)가 최근 활발하게 수행되고 있다. 대형 비표적 곤충은 위와 같은 연구에서 처리해야 할 이미지와 데이터의 양을 증가시키는 방해 요소로 작용할 것으로 생각된다.

이러한 대형 비표적 곤충에는 꿀벌(*Apis* spp.), 뒤흥벌(*Bombus* spp.), 꽃등에과(Syrphidae)와 같은 화분매개곤충과 좀벌상과(Chalcidoidea), 호리벌상과(Evanioidea), 맵시벌상과(Ichneumonoidea) 등 기생벌류와 기생파리(Tachinidae), 육식성 딱정벌레(Coleoptera), 풀잠자리류(Chrysopidae) 등 유용한 천적이 포함된다.

반대로 천적이 점착트랩에 유인되는 것을 이용하여 해당 포장의 천적 군집 밀도 조사에 이용되기도 하나(Maredia et al., 1992; Landis et al., 2000; Wallis and Shaw, 2008), 유용곤충(Beneficial insect)의 개체수가 감소하여 의도하지 않은 손실

을 발생시킬 수 있다.

뿐만 아니라 농업 현장에서의 점착트랩은 부착면이 외부로 노출되어 있으므로 노동자의 동선을 제한하여 작업 효율을 떨어뜨릴 수 있다. 또한 농업 현장에서 발생하는 식물체의 과편, 토양 입자, 먼지와 같은 다양한 이물질은 부착면에 부착되어 모니터링의 방해 요소로 작용하며, 점착 기능을 저하시킬 수 있기 때문에 부착면을 외부로부터 보호할 수단이 필요하다.

지금까지 표적 곤충의 유인 효율을 향상시키고자 점착트랩의 형태(Byrne et al., 1986; Quiring, 1986; Naranjo et al., 1995; Kim et al., 2001; Kim and Lim, 2011; Idris et al., 2012), 배경색의 적용 및 기하학적 형태의 변화(Kim and Lim, 2011), 설치 높이(Atakan and Canhilal, 2004; Rodriguez-Saona et al., 2012), 각도 등 설치 방법의 조정, 표적 곤충에 따른 선호 광파장의 분석(Rodriguez-Saona et al., 2012), 인공광원인 LED(Light-Emitting Diode)와 점착트랩의 병행 적용(Chen et al., 2004; Mutwiwa and Tantau, 2005)을 비롯한 다양한 시도가 수행되었으나 이와 대조적으로 물리적, 화학적 방법을 통하여 황색점착트랩의 기능을 저하시키는 대형 비표적 곤충과 이물질의 유입을 차단하기 위한 시도는 거의 수행되지 않았다.

종 다양성 분석을 통해서 트랩의 성능을 평가한 연구 사례로 지면과 평행하도록 매립하여 지표성 곤충의 밀도 조사에 활용되는 Pitfall trap을 종류 별로 설치하였을 때, 유입되는 절지동물의 종 다양성 분석을 통해 트랩의 성능을 평가한 연구가 있으나(Santos et al., 2007), 해충의 예찰에 활용되는 유색 점착트랩에 대한 이러한 시도는 없었다.

따라서 본 연구에서는 대형 비표적 곤충과 이물질의 부착을 물리적으로 방지하고 점착트랩의 점착면을 보호하기 위하여 방지망을 포함하는 구조물을 제작하였으며, 이를 농업 현장에 적용하였을 때 대형 비표적 곤충의 유입 방지 효과 및 표적 곤충인 미소해충의 유입에 대한 영향을 종 다양성 분석, 체장(Body length), 날개폭(Wingspan) 길이에 따른 유입 빈도 분석을 통해 방지망의 현장 적용 가능성을 검정하였다.

II. 연구사

1. 유색 점착트랩에 대한 연구

일반적으로 곤충의 기주인식은 시각, 후각, 촉각, 접촉화학감각 등의 감각 생리적 반응에 대한 영향이 크다고 알려져 있다(Hirano, 1971). 그 일환으로 곤충은 특정 광파장에 대한 선호를 보이게 된다. Tsuchiya et al.(1995)에 따르면 볼록총채벌레(*Scirotothrips dorsalis*)는 분광 반사율의 피크가 540 nm 인 황록색 점착트랩에 가장 잘 유인되었는데 이 색상은 기주식물인 온주밀감(*Citrus unshiu*)의 잎과 어린 과실의 분광 곡선 범위에 속하며, 특히 볼록총채벌레의 선호성이 높은 신초의 색상과 가장 유사한 광파장을 보였다. 이처럼 특정 광파장에 대한 곤충의 유인 반응은 먹이인 기주식물과 밀접한 상관관계가 있다.

이처럼 다양한 곤충들이 특정한 광파장을 선호한다는 사실은 곤충 학자들과 식물 보호에 관여하는 연구자들로 하여금 이러한 행동을 이용하여 많은 해충들에 대한 모니터링 도구와 통제 전략을 개발하도록 이끌었으며, 이러한 접근의 가장 대표적인 일환으로 유색 점착트랩의 사용을 들 수 있다(Pinto-Zevallos and Vänninen, 2013). 트랩을 사용하여 해충을 모니터링 하는 것의 가장 큰 목표는 작물의 피해, 수확량 감소, 상품성 손실을 유발하는 해충의 밀도인 경제적 피해 허용수준(Economic Threshold)을 예측하여 적시에 통제 조치를 취할 수 있도록 하는 것이다. 해충 밀도는 작물에서 트랩에 잡히는 해충의 개체수를 통해 간접적으로 예찰되므로, 트랩에 유입되는 해충의 개체수, 실제 포장에 존재하는 해충의 개체수, 그에 따른 작물 수확량의 손실 사이에 관계를 구명하는 것은 올바른 방제 의사 결정을 내리는 데 중요하다. 점착트랩은 낮은 비용, 현장 설치에 있어 사용자의 높은 숙련도를 요구하지 않는다는 장점이 있어 널리 사용되어 왔지만, 의사 결정 도구의 개발은 다소 제한적이었다(Pinto-Zevallos and Vänninen, 2013).

유색 점착트랩의 이용은 해충의 예찰에 국한되지 않고, 천적 개체군 밀도 모니터링(Maredia et al., 1992; Landis et al., 2000; Wallis and Shaw, 2008), 작물보호제를 살포하기 전과 후 토양 및 포장의 생물 개체군의 변화 평가(Brittain et al.,

2010; Sonoda et al., 2011), 유기농 재배 포장과 일반 관행 포장의 절지동물 종 다양성 비교(Lee et al., 2013)와 같이 트랩에 유인되는 곤충 종 다양성 분석을 통하여 해당 공간의 특징과 농업 환경에 어떠한 처리가 미치는 환경의 변화를 파악하기 위하여 활용되고 있다. 또한 해충 방제에 직접 활용될 가능성을 검토하고자 하는 다양한 시도가 수행되었다(Sampson and Kirk, 2013).

각 해충 종마다 선호하는 색상이 다르기 때문에 다양한 색상의 점착트랩이 보편적으로 사용되고 있으며 유색 점착트랩 중 가장 대표적으로 사용되는 색상은 청색, 황색, 백색이 있다. 황색은 주로 가루이(Yano and Koshihara, 1984; Gillespie and Quiring, 1987 Yano, 1987), 나무이(Hall et al., 2010), 잎굴파리류(Ferro and Suchak, 1980; Tryon et al. 1980; Parrella and Jones, 1985) 예찰 및 방제에 이용되고 있으며, 청색은 주로 총채벌레 예찰 및 방제에 사용되고 있다. 그러나 같은 분류군 내에서도 종간 차이가 존재한다. 청색점착트랩은 특히 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)에 대한 유인력이 뛰어나다고 보고되었으며(Brødsgaard 1989; Vernon and Gillespie 1990; Lu, 1990; Reditakis et al., 2001), 대조적으로 볼록총채벌레가 속한 *Scirotothrips* spp. 는 황색점착트랩에서 유인력이 높다고 보고되었다(Moreno et al., 1984; Samways et al., 1986). 따라서 청색점착트랩은 세인트폴리아(*Saintpaulia* spp.) 또는 장미(*Rosa hybrida*)와 같이 주요 피해 해충이 총채벌레인 경우에 적합하며, 국화(*Chrysanthemum morifolium*)와 같이 많은 해충 종에 의해서 영향을 받는 식물에서는 황색점착트랩이 더 효율적이다(Dreistadt et al., 1998). 위와 같이 각 곤충 종에 따라 상이한 광파장의 대한 선호 반응을 가지고 있기 때문에 표적 곤충과 기주식물을 고려하여 적용할 점착트랩의 색상을 선정할 필요가 있다.

트랩의 크기, 형태, 색의 조합, 설치 방법에 따라 표적 곤충에 대한 유인력이 변화하기 때문에 유인 효율을 향상시키기 위한 다양한 연구가 수행되었다. 유인 효율은 트랩의 유효 반경에 진입하는 곤충 중에서 트랩에 잡힌 곤충의 비율로 정의되며(Pinto-Zevallos and Vänninen, 2013), 트랩유효반경(The effective radius of trap)은 트랩이 곤충을 유인하는 최대거리이다(Hartstack et al., 1971). 즉 트랩의 유인력을 향상시키려면 트랩의 유효 반경을 증가 시키거나, 유효 반경 내의 존재하는 곤충이 트랩에 더 유인될 수 있도록 해야 한다. 설치 위치, 높이 등 공간

배치를 달리함에 따라 유인 효율을 높일 수 있다. 오이(*Cucumis sativus*)와 토마토(*Solanum lycopersicum*)에서 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)와 담배가루이(*Bemisia tabaci*)의 유인 효율을 극대화하기 위해서는 식물체 정단부의 15-30 cm 아래를 기준으로 50 cm 이하의 거리를 이격하여 황색점착트랩을 설치하는 것이 권장되며(Webb et al., 1985; Quiring, 1986; Gillespie and Quiring, 1992; Shen and Ren, 2003; Qiu and Ren, 2006; Hou et al., 2006), 이 때 식물 이랑과 평행하게 수직으로 설치하는 것이 적합하다(Gillespie and Quiring, 1992; Steiner, 1993; Hou et al., 2006; Gu et al., 2008; Zhang and Yu, 2009). 곤충은 광과장과 기하학적 형태를 인식할 수 있기 때문에 이를 점착트랩에 적용 할 수 있다. Byrne et al.(1986)와 Naranjo et al.(1995)의 보고에 따르면 목화(*Gossypium indicum*)에서 담배가루이에 대한 포획은 원통형 트랩의 효율이 다른 형태보다 우수하였다. Kim and Lim(2011)에 따르면 실내 실험에서 흑색 바탕 내부에 삼각형의 황색점착판을 위치시켰을 때, 다른 형태(원형, 다이아몬드, 직사각형)보다 유인력이 높았고, 다른 바탕색(백색, 녹색, 청색)보다 좋았다. 또한 광도도 유인력에 영향을 준다고 알려져 있다. 빛이 강할수록 온실가루이의 일주 활동을 촉진시키고, 광원의 세기와 포획수와는 양의 상관관계가 있다는 보고가 있다(El-Helaly et al., 1981; Byrne and von Bretzel, 1987; Chu et al., 1998). 광원에 의한 유인 효과를 현장에 적용한 사례로 청색점착트랩과 발광다이오드(LED)를 병행하여 설치하였을 때, 청색점착트랩을 단일 설치한 것보다 꽃노랑총채벌레에 대한 유인력이 2배 이상 유의하게 높았다는 결과가 있다(Chen et al., 2004).

2. 방지망의 생물학적 응용

방지망은 줄이 가로와 세로로 교차되어 형성된 격자 형태의 공간인 망목(網目, Mesh)의 크기보다 부피가 큰 물체나 생물의 유입을 물리적으로 차단하는 역할을 하는 도구이다.

농업에서 방지망의 활용은 온실의 환기구와 측창에 설치하여 해충의 유입을 방지하는 방향으로 주로 이루어졌으며, 방지망이 온실 환구에 설치되었을 때 공기 역학적 영향으로 인하여 변화하는 온실 내부의 온도, 습도, 증발산량, 환기

영향(Bailey et al., 2003) 등 미기후(Kittas et al., 2008)에 대한 연구가 많이 이루어졌다. 또한 방지망의 색상과 크기에 따른 미소해충의 유입 여부와 해충 방제 효과를 검정하는 연구도 많이 진행되었다. Chung et al.(2013)에 따르면 담배가루이는 60 mesh 의 방충망을 통과하였지만, 83 mesh 이상의 방충망은 통과하지 못하므로 83 mesh의 방지망을 온실에 설치하면 담배가루이의 완전한 차단을 기대할 수 있다. Antignus et al.(1998)은 기존에 사용되는 16 mesh 와 30 mesh 망에서 담배가루이와 목화진딧물(*Aphis gossypii*)의 유입 차단 효과가 없었으며, 자외선인 UV-A, UV-B를 흡수하는 50 mesh 망을 온실에 설치하였을 때 담배가루이 통과율과 담배가루이가 매개하는 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV) 확산이 현저하게 낮았다고 하였다. 이는 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*), Red spider mite(*Tetranychus telarius*) 및 목화진딧물에서도 동일하게 나타나 방충망의 자외선 흡수 기능이 해충 유입과 상관관계가 있음을 시사하였다. Lee et al.(2017)은 유기재배 대추(*Zizyphus jujuba*)에 50, 25, 18 mesh의 망이 적용된 프레임을 설치하였을 때, 애무늬고리장님노린재(*Apolygus spinolae*), 대추나무잎혹파리(*Dasineura* sp.), 복숭아심식나방(*Carposina sasaki*)에 대한 유입 방지 효과를 검정하였다. Fujinaga et al.(2007)은 꽃도라지(*Eustoma grandiflorum*) 온실 출입구에 0.6 mm 방충망을 설치한 실험에서 실험 대상 해충인 과총채벌레(*Thrips tabaci*)의 유입 개체수의 현저한 감소를 보고하였다. Jung et al.(2016)에 따르면 담배가루이와 꽃노랑총채벌레를 대상으로 0.6 및 0.8 mm 적색 방충망을 처리하여 색상별 차단 효과를 조사하였을 때, 0.8 mm 망에서는 적색망은 동일한 크기의 백색망보다도 담배가루이의 차단 효과가 높게 나타났으나 반대로 0.6 mm 망에서는 백색망이 차단 효과가 높게 나타났고, 꽃노랑총채벌레를 대상으로 한 실험에서는 0.6 mm, 0.8 mm 모두 적색망의 차단 효과가 높게 나타나 색상에 의한 유입 차단 효과가 있다고 하였다.

방충망은 일부 작물에서 과실의 상품성 향상과 불량과 발생 방지를 목적으로 방화곤충의 유입을 차단하고자 할 때 이용되기도 한다. Choi et al.(2006)은 무핵과 단감(*Diospyros kaki*)의 생산을 통한 단감의 상품성 향상을 위해 방충망으로 나무를 싸매어 방화곤충 유입을 차단하는 방법의 현장 적용 가능성을 검정하였다. 오이는 단위결과(parthenocarpy)가 가능한 식물로서 방화곤충의 화분매개가 없

어도 결실이 이루어지며, 오히려 방화곤충에 의해 수정되면 종자가 생기는 부분에 양분이 축적되고, 과실 끝부분에만 수정이 이루어져 과실의 말단부가 비대하게 되는 곤봉과가 발생하여 상품성이 떨어지기 때문에 온실 출입구에 방충망의 설치가 권장된다(Rural Development Administration, 2018). 말벌류(*Vespa* spp.)와 꿀벌(*Apis mellifera*)의 체장과 날개폭 차이를 이용하여 꿀벌은 통과가 가능하고 말벌은 통과가 불가능한 방충망을 벌통 출입로 근처에 설치하여 양봉 현장에서 말벌의 봉군 침입 방지에 적용되기도 한다.

방충망은 생물의 유입을 차단하는 목적뿐만 아니라 체적에 따라 생물을 선택적으로 조사하고자 할 때 이용된다. 특히 해양생물학에서 그 활용도가 높다. 저서생물은 서식 형태, 생물학적 계통, 몸의 크기를 기준으로 분류되는데 망목의 크기가 각각 15 mm, 1-0.5 mm, 0.1 mm 인 걸림체를 이용하여 망목이 큰 걸림체부터 순차적으로 여과하여 분류한다. 자망은 어망의 일종으로 어류가 지나갈 만한 길목에 설치한 후 시간이 경과하면 수거하여 어류를 포획하는 장비이다. 자망의 망목의 크기 및 형태와 표적 어류의 체적, 체형 간 상관관계 분석을 통하여 표적 어류에 대한 자망의 포획 능력 향상에 대한 연구가 이루어졌다(Sohn, 1985; Park et al., 2003).

방충망과 자망의 경우 공중과 바다라는 3차원 공간에 고정되어 특정 체적 이상의 크기를 가지는 생물의 능동적인 이동을 차단하는 개념이고, 저서생물의 분류는 체를 이용하여 인간의 개입 하에 수동적으로 여과되어 분류되는 차이가 존재할 뿐, 체적에 의해 생물을 분류한다는 원리는 동일하다고 볼 수 있다. 이들과 비슷한 개념으로, 본 연구에서는 점착 예찰트랩에의 거름망 역할로써 방충망의 효과를 검증하고자 하였다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 이물질 유입 방지망의 제작

현장 적용의 용이성을 제고하고자 보편적으로 사용되는 직사각형 평판 점착 트랩(Greenagrotec, 50 mm × 250 mm)에 적용이 가능한 형태로 방지망을 제작하였다. 부착면을 온전하게 유지하면서 방지망의 적용이 가능하도록 특허(등록번호 1012115110000, 점착 트랩용 케이스)(Fig. 1)에 따라 제작된 점착트랩케이스에 부착된 철망을 제거하여 개조하였다. 대상 곤충에의 다양한 시각적 영향을 배제하고자 황색점착트랩과 유사한 색상인 녹황색의 직경 0.285 mm 낚시줄(JUSTRON 3호, DAIWA, JAPAN)을 낚실과 씨실을 교차하는 방식의 편직으로 엮어 격자의 크기가 5 mm, 10 mm 의 망을 제작하였다. 대조군으로 동일 형태의 망이 없는 케이스를 사용하였다(Fig. 2).

2. 조사 방법

2-1. 실험포장 선정

2-1-1. 제 1포장

제 1포장은 제주특별자치도 제주시 월평동 509번지에 위치한 온주밀감 노지 과원으로 재배면적은 약 700 평 이었다. 당해 풋굴 수확을 위해 조사시점으로부터 1년 전부터 예취기를 이용한 제조작업 외에 약제를 이용한 화학적 방제가 실시되지 않아 천적 및 해충, 비표적 곤충의 군집이 다양할 것으로 기대하여 조사포장으로 선정하였다. 2018년 8월 31일부터 2018년 9월 10일까지 총 10일 간 조사를 수행하였다(Fig. 3-A).

2-1-2. 제 2포장

제 2포장은 제주특별자치도 제주시 영평동 2465-7에 위치한 비가림 온주밀감 시설로 관행 재배가 이루어지고 있었다. 재배면적은 약 900 평 이었다. 2018년 9

월 10일에서 2018년 10월 8일까지 약 1개월 동안 조사를 수행하였다(Fig. 3-B).

2-1-3. 제 3포장

제 3포장은 제주특별자치도 서귀포시 대정읍 상모리 1440 에 위치한 딸기 온실로 재배면적은 약 1300 평 이었다. 양액 하이베드 재배가 수행되고 있었으며 무농약 재배 농가로 천적을 방사한 상태였다. 2019년 3월 5일부터 3월 26일까지 총 21일 동안 조사를 수행하였다(Fig. 3-C).

2-1-4. 제 4포장

제 4포장은 제주특별자치도 서귀포시 남원읍 의귀리 1747-1 에 위치한 관행 재배 감귤과원으로 재배면적은 약 4800 평 이었다. 포장 인근에 가축(*Bos taurus*)을 사양하고 있는 축사가 위치하여 주로 파리목에 속하는 대형 비표적 곤충의 유입이 활발할 것으로 기대되었다. 2019년 3월 26일부터 4월 23일까지 약 1개월 동안 조사를 수행하였다(Fig. 4-D).

2-2. 방지망의 현장 설치

방지망이 없는 것, 격자의 크기가 10 mm , 격자의 크기가 5 mm 인 방지망케이스를 장착한 황색평판트랩을 각각 3반복으로 설치하였다. 감귤과원에서 트랩은 지면에서 약 1.5 m 높이에 위치한 가지에 설치하였으며(Fig. 4), 트랩의 점착면은 나무 바깥을 향하게 위치 시켰다. 각 트랩 간 거리는 5 m 이상 충분히 이격하여 트랩 간 간섭을 최소화 하였다. 딸기 하이베드 재배 온실에서 점착트랩은 하이베드 1줄을 이격하여 각 처리를 1줄에 설치하였다. 각 트랩 간 거리를 약 5 m 이격하여 하이베드에서 약 30-40 cm 높이에 위치한 프레임에 트랩을 설치하였으며, 트랩의 점착면이 식물체를 향하게 하였다(Fig. 5).

설치한 점착트랩은 제 1포장, 제 2포장은 3~5일 간격으로, 제 3포장과 제 4포장은 7~9일 간격으로 수거하였다. 수거한 트랩은 폼팩스 재질의 평판에 부착 후 훼손을 피하기 위해 수거함에 넣어 약 4 °C의 냉장고에서 저온 보관하였다.

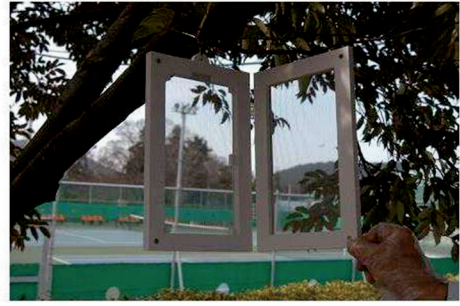
2-3. 점착트랩에 유입된 곤충의 촬영과 분류 동정

트랩에 부착된 모든 곤충은 영상확대장치(Dino-Lite, AD4113TL-MA1(R4), ANMO Electronics Corporation)와 촬영소프트웨어(DinoCapture2.0, ANMO Electronics Corporation)를 이용하여 형태를 촬영하였다. 체장, 날개폭은 측정할 수 있을 만큼 형태가 보존되고, 등이 정면을 향하게 부착되어 등판 길이의 측정이 가능한 형태인 개체에 한하여 측정을 병행하였다. 날개가 온전히 퍼져있지 않고 등판과 앞날개가 확인되는 개체는 날개길기와 등판의 폭을 잴 후 앞날개 1개 길이 $\times 2$ + 등판의 폭으로 날개폭을 계산하여 추정하였고, 측면으로 점착트랩에 부착되어 등판의 폭을 알 수 없는 개체는 체장만 측정하였다(Fig. 6). 비행 곤충의 방지망 통과에 대한 영향은 앞날개의 길이가 반영된 날개폭의 측정값이 체장의 측정값보다 방지망의 격자 크기와 상관관계가 높을 것으로 추정되나, 측정이 가능한 형태로 점착트랩에 부착된 개체수가 많아 측정값이 더욱 많이 확보된 체장이 격자 크기에 따른 유입 빈도 조사에 활용도가 높을 것으로 판단되었다. 그러므로 날개폭과 체장을 동시에 측정한 개체들에서 얻은 날개폭 측정값과 체장 측정값 간에 상관관계를 분석하여 상관관계가 유의하다면 체장을 분석에 활용하고자 하였다. 상관관계 분석은 스프레드시트 소프트웨어(Microsoft, Excel 2010)를 이용하였다.

트랩에 점착된 곤충은 취급하는 과정에서 불가피하게 손상되는 개체가 많고, 부착된 자세에 따라 동정을 위한 분류키(classification key)의 식별이 불가능하여, 액침 표본, 프레파라트 표본에 비해서 정밀한 동정이 어려운 한계가 있었다. 따라서 트랩에 부착되는 다양한 분류군의 곤충은 형태적 특징이 뚜렷한 일부를 제외하고, 종 단위까지 모두 동정하는 것은 불가능하였다. 그러므로 실체현미경을 통한 검경 및 영상확대장치를 통해서 촬영된 이미지를 육안으로 식별되는 형태적 특징(색상, 크기, 더듬이의 형태, 시맥)(DrawWing for insects identification, <http://drawwing.org>)과 확인이 가능한 분류학적 형태(U, 2006)를 기준으로 유사한 형태를 가지는 개체들을 나열하여 비교하였고, 동일한 형태적 기준에 만족하는 개체들을 하나의 분류군으로 가정하여 종 다양성 분석에 활용하였다.



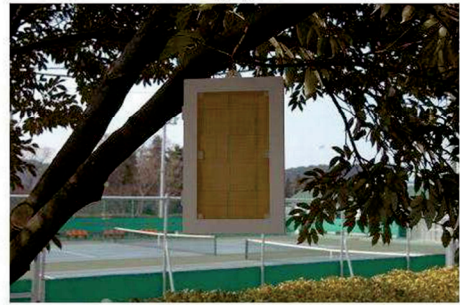
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 1. Yellow sticky trap in protective case made by the patent technology (Registration number : 1012115110000).

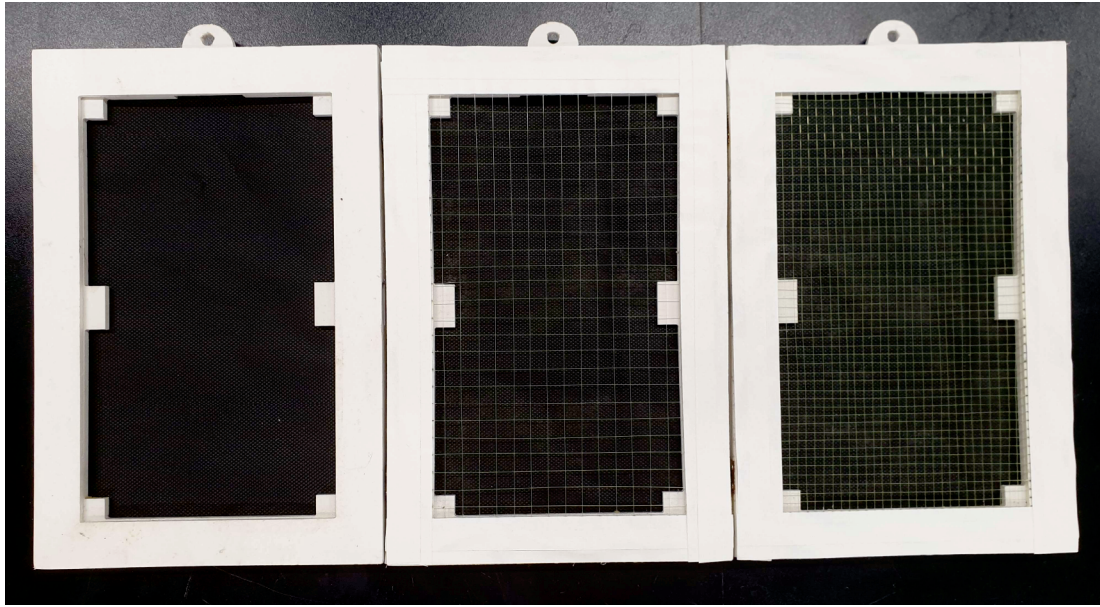


Fig. 2. Non-target insect-blocking net modified on the basis of patent technology (Registration number: 1012115110000).

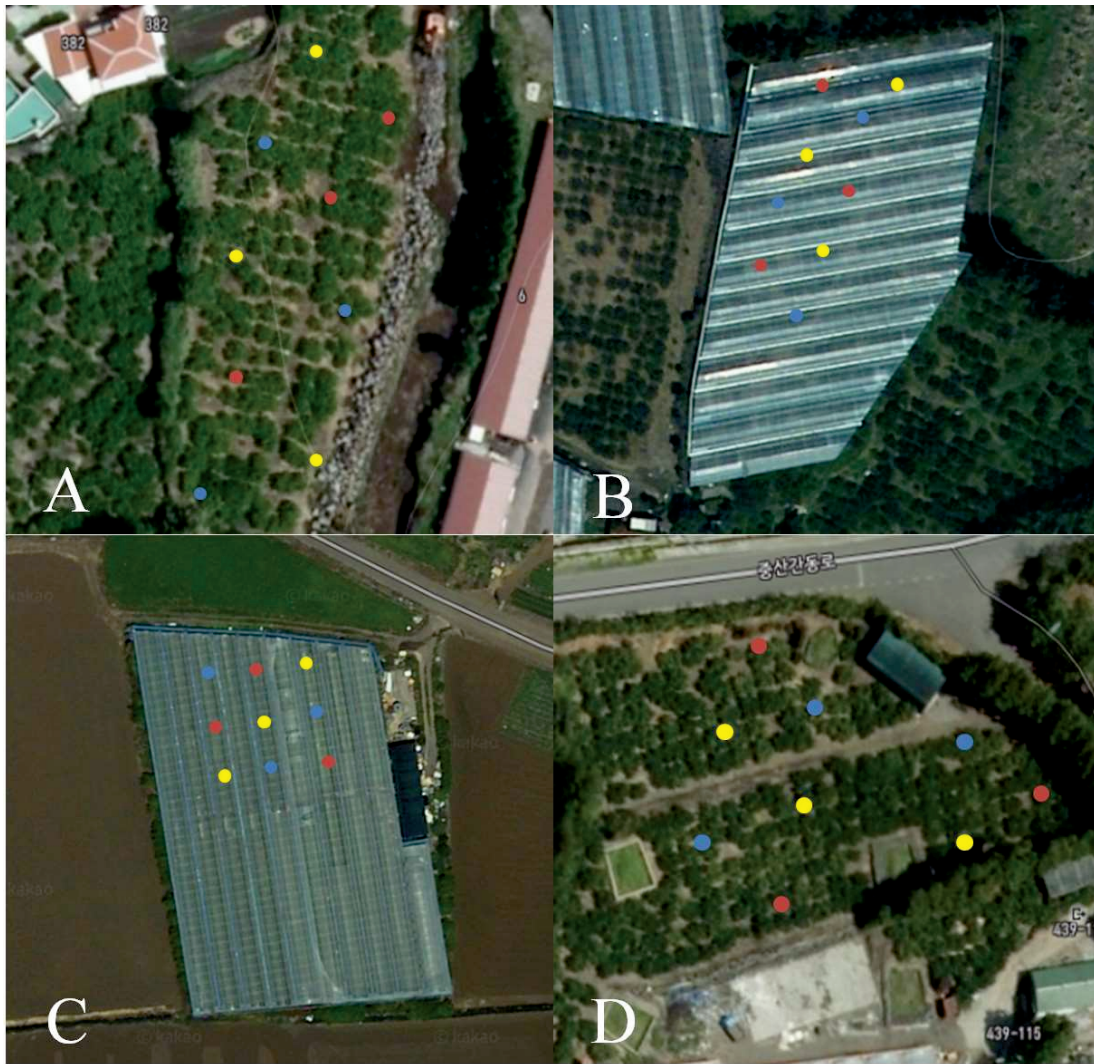


Fig. 3. Trap installation location for each treatments shown in the satellite pictures. The red circles represent traps with normal yellow sticky traps (YST) (A), the yellow circles represent YST with a 10 mm-mesh non-target insect-blocking net (B), and the blue circles represent YST with a 5 mm-mesh non-target insect-blocking net (C).



Fig. 4. Yellow sticky trap with non-target insect-blocking net hung on a tree branch 1.5m above the ground in a citrus orchard.



Fig. 5. Yellow sticky trap with non-target insect-blocking net installed on a pipe line 30-40 cm above the plant canopy in a strawberry farm.



Fig. 6. Measurements of wingspan and body length. When two wings was straight state, the wingspan was measured exactly. When the wings of trapped individuals was folded, the wingspan was calculated by summing the lengths of the prothorax and wings.

2-4. 자료 분석

2-4-1. 트랩에 유입된 곤충의 종 다양성 분석

방지망을 적용함에 따라 유입되는 곤충 종의 차이를 분석하고자 수집된 자료를 이용하여 개체수(N), 종수(S), 종 다양성 지수를 산출하였다. 종 다양성 지수는 Shannon and Weaver(1949)의 방법과 Simpson(1949)의 방법으로 각 조사일 단위로 분석을 수행하였다.

Shannon and Weaver 지수는 하나의 군집집단에서 어떠한 개체를 임의로 추출하였을 때, 추출한 개체가 어떤 종인지를 예측하였을 때 나타나는 불확실성의 정도를 나타내는 지수로, 한 종만이 존재하는 군집에서는 추출한 종이 어떠한 종인지 100% 예측이 가능하므로 0의 지수값을 나타내고, 군집 내 존재하는 종수가 증가할수록 큰 지수값을 나타내게 된다.

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) [\ln(p_i)]$$

H' = Shannon - Wiener index of species diversity.

S = Number of species in community.

P_i = Proportion of total abundance represented by i^{th} species.

Simpson 지수는 하나의 군집 집단에서 두 개체를 임의로 선발하였을 때, 두 개체가 서로 동일한 종일 확률을 나타내는 지수로, 값이 클수록 종의 다양성이 낮다는 것을 의미한다.

$$\lambda = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

λ = Simpson's index.

N = Total number of organism of all species at a given site.

n = Total number of organism of a particular species.

거미강(Arachnida), 내구강(Entognatha)에 속하는 절지동물과 일개미, 무시형 진

덧물, 나비목(Lepidoptera) 및 벌목(Hymenoptera)의 유충(larva), 날개가 발달되지 않은 메뚜기목(Orthoptera) 곤충의 약충(nymph)이 일부 유입되었으나 이들은 비행 능력이 없기 때문에 분석에서 제외하였다. 트랩을 수거, 운반, 취급하는 과정에서 손상되어 분류가 불가능할 정도로 형체가 훼손된 개체 또한 분석 대상에서 제외하였다.

실험포장별로 채집된 모든 곤충에 대하여, 그리고 해당 재배 작물에 대한 해충이 포함되어 있는 곤충 분류군만을 선정하여 각각 종 다양성 분석을 실시하였다. 재배 작물별 해충 분류군은 다음과 같이 선정하였다.

2-4-1-1. 딸기에서 종 다양성 분석 대상 주요 해충 분류군 선정

제주 지역 딸기에서 발생하고 있는 해충 중 발생빈도가 높고 피해가 많은 대표적인 종은 점박이응애(*Tetranychus urticae*), 차면지응애(*Polyphagotarsonemus latus*), 꽃노랑총채벌레, 대만총채벌레(*Frankliniella intonsa*), 과총채벌레, 경희애매미충(*Aguriahana triangularis*), 괴테애매미충(*Empoasca vitis*), 딸기가루이(*Trialeurodes packardii*), 목화진딧물, 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)이 있다 (Yang et al., 2016). 이들 중에서 황색점착트랩에 유인되는 분류군인 총채벌레류, 매미충과(Membracoidea), 진딧물과(Aphidoidea), 가루이과(Aleyrodidae)를 분석 대상으로 선정하였으며, 또한 딸기 주요 해충인 작은뿌리파리(*Bradysia agrestis*)가 속한 검정날개버섯파리과(Sciaridae)와 깍지벌레류(Coccoidea)의 유시충의 유입되었기 때문에 포함시켰다. 딸기잎벌레(*Galerucella grisea*)가 속한 딱정벌레목 곤충은 오직 반날개류(Staphylinidae)만 유입이 되어 분석에서 제외하였다. 나방류(Heterocera)에 속하는 해충 또한 딸기에 피해를 주고 있으나, 본 조사에서 유입이 전혀 되지 않았고, 예찰 시 주로 페로몬트랩을 이용하기 때문에 분석대상에서 제외하였다.

2-4-1-2. 온주밀감에서 분석 대상 주요 해충 분류군 선정

제주 지역 감귤에서 문제가 되는 해충종 목록을 참고하여(Kim et al., 2000, Jeju Special Self Governing Province Agricultural Research & Extension Services, 2016) 볼록총채벌레, 꽃노랑총채벌레, 대만총채벌레 등이 속해있는 총채벌레류, 초록애

매미충(*Empoasca vitis*) 등이 속해있는 매미충과, 귤가루이(*Dialeurodes citri*)가 속해있는 가루이과, 조팝나무진딧물(*Aphis cirtricola*), 목화진딧물이 포함되어 있는 진딧물류, 이세리아각지벌레(*Icerya purchasi*), 화살각지벌레(*Unaspis yanonensis*), 귤애가루각지벌레(*Pseudococcus cryptus*), 루비각지벌레(*Ceroplastes rubens*) 등이 포함되는 각지벌레상과(Coccoidea)의 유시충, 애넓적밀빠진벌레(*Epuraea domina*)가 포함된 딱정벌레목 중 육안으로 보았을 때 밀빠진벌레과(Nitidulidae)에 속한 것으로 판단되는 개체, 감귤꽃혹파리(*Contarnia okadai*)가 포함되는 혹파리과(Cecidomyiidae)를 분석대상으로 선정하였다. 추가로 검역 해충으로서 감귤황록병(Citrus greening disease; *Candidatus Liberibacter* spp.)을 매개하는 귤나무이(*Diaphorina citri*)의 유입 예찰을 황색점착트랩으로 수행하고 있기 때문에(Hall et al., 2010), 나무이과(Psyllidae)도 분석 대상에 포함시켰다. 귤굴나방(*Phyllocnistis citrella*), 네눈썹가지나방(*Ascotis selenaria*) 등 나비목 해충 또한 감귤에 피해를 주고 있으나, 예찰 시 주로 페로몬트랩을 이용하기 때문에 분석 대상에서 제외하였다.

2-4-1-3. 해충 분류군의 유입 개체수 분석

방지망의 격자 크기에 따른 곤충의 크기와 유입 빈도, 종 다양성 지수 분석만으로는 해충의 유입에 대한 영향을 파악하기 어려웠기 때문에 각 포장 별로 주요 해충이 속한 분류군의 각 처리 별 유입 개체수를 분석하였다. 해당 포장의 각 처리에서 잡힌 개체수를 합하여 비교 분석을 실시하였다.

2-4-2. 통계처리

산출된 종 다양성 분석 값은 종수(S)를 제외하고, 조사 시기에 따른 변이를 최소화하기 위하여 적용한 망의 크기를 각 반복을 통합하여 변량으로 취급하였고, 조사일 단위를 블록으로 설정하여 임의화 블록 설계(Randomized Block Design) 일원 분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였으며, 사후검정으로 Tukey-Test을 유의수준 $P < 0.05$ 로 수행하여 평균값을 비교하였다.

산출된 값이 정규분포 하지 않는 유입 종수(S), 작물별 유입 해충 분류군, 대표적 비표적 곤충의 유입 개체수는 각 처리의 반복을 통합하여 얻어진 값을 무처

리와 10 mm 망처리, 무처리와 5 mm 망처리를 각각 유의수준 $P < 0.05$ 에서 χ^2 - 검정을 통하여 비교하였다. 이 때 분석은 SAS University Edition과 Excel(2010)을 사용하여 수행하였다.

IV. 결과

1. 각 처리 별 유입된 모든 곤충의 종 다양성 분석

각 조사일 마다 각 처리 별로 유입된 모든 곤충의 종 다양성 분석을 실시하였다.

1-1. 제 1포장

제 1포장에서 수행한 분석 결과 각 처리 당 포획된 분류군의 수(S), 개체수(N), 종 다양성 지수의 평균값은 대체로 격자의 크기가 클수록 높은 경향을 나타내었다(Table 1).

각 처리 당 포획된 평균 분류군의 수(S)는 격자의 크기가 클수록 높은 경향을 나타내었으며, 대조군과 비교하였을 때 10 mm 망처리에는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나($\chi^2 = 2.510$, $p = 0.1131$), 5 mm 망처리에는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($\chi^2 = 8.843$, $p = 0.0029$).

포획된 평균 개체군의 수 역시 격자의 크기가 클수록 많은 경향을 나타내었으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($F = 73.53$, $df = 4, 4$, $p = 0.0005$). 포획 개체수의 차이가 발생한 원인을 추적하기 위하여 무처리와 망이 있는 트랩에서 잡힌 종을 비교한 결과 쉬파리과(Sarcophagidae), 꽃파리과(Anthomyiidae), 검정파리과(Calliphoridae), 초록파리과(Rhiniidae)를 합친 5분류군의 파리 모두 망이 없는 트랩에서만 잡혔으며, 특히 쉬파리과는 무려 20 개체가 부착되어 비교적 체장이 큰 파리류의 유입에 따른 차이가 나타났다.

Shannon and Weaver 지수의 평균값은 격자의 크기가 클수록 높은 수치를 나타내어 높은 종 다양성을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($F = 14.02$, $df = 4, 4$, $p = 0.0127$).

Simpson 지수는 10 mm 망에서 가장 낮은 수치를 나타내었고, 5 mm 망에서 가장 높은 수치를 보여 5 mm 망에서 종 다양성이 낮게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($F = 25.94$, $df = 4, 4$, $p = 0.0040$).

1-2. 제 2포장

제 2포장에서 수행한 분석 결과 각 처리 당 포획된 평균 분류군의 수(S), 평균 개체수(N), Shannon and Weaver 지수, Simpson 지수는 대체로 격자의 크기가 클수록 높은 경향을 나타내었다(Table 2).

각 처리 당 포획된 평균 분류군의 수(S)는 방지망이 없을 때 가장 크게 나타났고, 무처리와 10 mm 망처리, 무처리와 5 mm 망처리를 비교하였을 때 모두 통계적으로 유의한 차이는 없었다(10 mm: $\chi^2 = 1.63$. $p = 0.2611$; 5 mm: $\chi^2 = 1.052$. $p = 0.3050$).

평균 유입 개체수(N) 또한 무처리에서 많은 개체수가 유입되었으나 통계적으로 유의성은 없었다($F = 1.48$. $df = 8, 12$. $p = 0.2621$).

Shannon and Weaver 지수와 Simpson 지수 모두 격자의 크기가 클수록 높은 종 다양성을 나타내는 값을 보였고, Simpson 지수에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Shannon and Weaver Index: $F = 8.12$. $df = 8, 12$. $p = 0.0259$; Simpson Index: $F = 2.94$. $df = 8, 12$. $p = 0.0455$).

1-3. 제 3포장

제 3포장에서 수행한 분석 결과 각 처리 당 포획된 평균 개체수(N), 평균 분류군의 수(S), 종 다양성에서 대체로 격자의 크기가 클수록 높은 경향을 나타내었다(Table 3).

각 처리 당 포획된 평균 분류군의 수(S)는 무처리와 10 mm 망처리에서 각각 22종, 20종으로 유사하게 나타났으며 무처리와 10 mm 망처리를 비교한 결과 통계적으로 차이는 없었다($\chi^2 = 0.095$. $p = 0.7576$). 5 mm에서 유입된 종은 9종으로 무처리, 10 mm와 비교하여 낮게 나타나 통계적으로 유의한 차이를 보였다($\chi^2 = 5.452$. $p = 0.0196$).

포획된 평균 개체수(N)는 무처리에서 확연하게 높게 나타났고 망을 처리한 것과 비교하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다($F = 5.02$. $df = 4, 4$. $p = 0.0735$). 종 다양성 지수는 모두 10 mm 망을 처리한 트랩에서 가장 높은 종 다양성을 나타냈으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Shannon and Weaver Index: $F = 1.14$. $df = 4, 4$. $p = 0.4521$; Simpson Index: $F = 1.03$. $df = 4, 4$. $p = 0.4904$). 포장 내

분포하는 대형 곤충이 거의 없고 분포 종수가 매우 적어 무처리와 10 mm 망을 비교하였을 때, 유입되는 종수의 차이는 거의 없었다. 망이 있는 트랩에서 적은 개체수가 유입되어 망이 존재할 때, 유인 효율이 낮음을 확인 할 수 있었고, 특히 검정날개버섯파리과의 유입이 적었다. 무처리에서 10 mm 망을 처리한 것보다 종 다양성이 낮게 나타난 것은 종수 대비 유입 개체수가 큰 것에 기인한 것으로 판단된다.

1-4. 제 4포장

제 4포장에서 수행한 분석 결과 각 처리 당 포획된 평균 개체수(N), 평균 분류군의 수(S), 종 다양성에서 대체로 격자의 크기가 클수록 높은 경향을 나타내었다(Table 4).

격자의 크기가 클수록 포획된 평균 분류군의 수(S)는 증가하였고 무처리와 10 mm 망처리, 5 mm 망처리 간에 유의한 차이를 나타내었다(10 mm: $\chi^2 = 23.558$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 35.328$. $p < 0.001$). 특히 딱정벌레류는 해당 포장에서 잡힌 15종 중 에서 11종이 망이 없는 트랩에서 포획되어 망이 없는 트랩에서 유입이 뚜렷하게 높았는데, 이러한 경향이 반영된 결과로 판단된다.

각 처리 당 포획된 평균 개체수(N) 또한 방지망이 없는 것에서 높은 경향이었고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($F = 7.24$. $df = 5, 6$. $p = 0.0159$).

Shannon and Weaver 지수와 Simpson 지수는 격자의 크기가 클수록 종 다양성이 높음을 의미하는 수치를 나타내었고, Shannon and Weaver 지수에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Shannon and Weaver index: $F = 4.50$. $df = 5, 6$. $p = 0.0473$; Simpson's index: $F = 1.35$. $df = 5, 6$. $p = 0.3594$).

2. 각 처리 별 유입된 주요 해충 분류군의 종 다양성 분석

각 조사일 마다 각 처리 별로 해당 작물에 대한 해충이 포함되는 분류군의 종 다양성 분석을 실시하였다.

2-1. 제 1포장

제 1포장에서 수행한 분석 결과 각 처리 당 포획된 주요 해충이 속한 분류군의 평균 개체수(N), 평균 분류군의 수(S), 종 다양성은 대체로 격자의 크기가 클수록 높은 경향을 나타내었다(Table 5).

각 처리 당 포획된 평균 분류군의 수(S)는 격자의 크기가 클수록 많은 경향을 나타내었으며 대조군과 10 mm 를 비교하였을 때, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(10 mm: $\chi^2 = 0.123$. $p = 0.7255$; 5 mm: $\chi^2 = 3.689$. $p = 0.0548$). 포획된 평균 개체수(N)는 대체로 격자의 크기가 클수록 많은 경향을 나타내었으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($F = 8.86$. $df = 4, 4$. $p = 0.0288$).

Shannon and Weaver 지수에서 10 mm 망처리와 무처리보다 미세하게 높은 종 다양성을 보였고, 무처리와 10mm 망처리는 5mm 망처리와 비교하였을 때, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($F = 37.47$. $df = 4, 4$. $p = 0.0288$). Simpson 지수는 Shannon and Weaver 지수와 동일한 경향을 나타내었으나 통계적으로 유의성은 없었다($F = 265.73$. $df = 4, 4$. $p < 0.001$).

2-2. 제 2포장

제 2포장에서 수행한 분석 결과 각 처리 당 포획된 평균 분류군의 수(S), 종 다양성에서 일부를 제외하고 격자의 크기가 클수록 높은 경향을 나타내었다(Table 5). 그러나 포획된 평균 개체수(N)는 예상과 다르게 격자의 크기가 작을수록 많은 경향을 나타내었으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다($F = 0.65$. $df=8, 12$. $p = 0.0022$). 포획된 평균 분류군의 수(S)는 망이 없는 것에서 높게 나타났으나 망을 처리한 트랩과 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이는 없었다(10 mm: $\chi^2 = 0.857$. $p = 0.3543$; 5 mm: $\chi^2 = 0.857$. $p = 0.3543$).

Shannon and Weaver 지수와 Simpson 지수는 격자의 크기가 클수록 종 다양성이 높게 나타났으나, 각 처리 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Shannon and Weaver index: $F = 3.11$. $df = 8, 12$. $p = 0.0379$; Simpson index: $F = 2.07$. $df = 8, 12$. $p = 0.1229$).

2-3. 제 3포장

제 3포장에서 수행한 분석 결과 각 처리 당 포획된 주요 해충이 속한 분류군

의 평균 개체수(N), 평균 분류군의 수(S), 종 다양성 모두 격자의 크기가 클수록 높은 경향을 나타내었다(Table 7).

각 처리 당 포획된 평균 개체수(N)는 격자의 크기가 클수록 높은 경향을 나타내었으며 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($F = 12.37$. $df = 4, 4$. $p = 0.0159$). 검정날개버섯파리과와 총채벌레과의 유입빈도가 망이 존재하였을 때 감소하였는데 이에 따른 영향으로 파악되었다. 포획된 평균 분류군의 수(S)는 격자의 크기가 클수록 높은 경향을 보였고, 무처리와 망이 적용된 트랩을 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이는 없었다(10 mm: $\chi^2 = 0.400$. $p = 0.5271$; 5 mm: $\chi^2 = 2.000$ $p = 1.573$).

Shannon and Weaver 지수와 Simpson 지수는 대부분 격자의 크기가 클수록 종 다양성이 높음을 나타내는 수치를 보였으며 각 처리 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Shannon and Weaver index: $F = 0.59$. $df = 4, 4$. $p = 0.6866$; Simpson index: $F = 0.36$. $df = 4, 4$. $p = 0.8266$).

2-4. 제 4포장

제 4포장에서 수행한 분석 결과 각 처리 당 포획된 주요 해충 분류군의 평균 개체수(N), 평균 분류군의 수(S), 종 다양성에서 대부분 격자의 크기가 클수록 높은 경향을 나타내었다(Table 8).

각 처리 당 포획된 평균 분류군의 수(S)는 대체로 망이 없는 것에서 높은 경향을 나타내었으나 10 mm 망처리, 5 mm 망처리와 비교하였을 때 통계적으로도 유의한 차이는 없었다(10 mm: $\chi^2 = 1.806$. $p = 1.790$; 5 mm: $\chi^2 = 2.182$. $p = 1.396$).

각 처리 당 포획된 평균 개체수(N)는 무처리에서 가장 높았고, 10 mm 망처리에서 가장 낮게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($F = 2.06$. $df = 5, 6$. $p = 0.2022$).

Shannon and Weaver 지수와 Simpson 지수는 격자의 크기가 클수록 높은 종 다양성을 나타내었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Shannon and Weavers index: $F = 4.46$. $df = 5, 6$. $p = 0.0482$; Simpson's index: $F = 4.79$. $df = 5, 6$. $p = 0.0413$).

Table 2. Comparison of species diversity indices obtained using whole insect species caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 1 (without pesticide control, an open ground citrus orchard)

Date investigated	The size of non-target insect-blocking net	Species diversity index			
		S (Species)	N (Individuals)	Shannon Index	Simpson Index
2018.08.30 ~ 2018.09.10.	Control	137	236 ± 19.9a ¹⁾	3.21 ± 0.318a	0.13 ± 0.063a
	10 mm	112 ^{ns}	134 ± 20.3b	3.19 ± 0.141a	0.11 ± 0.038a
	5 mm	92*	159 ± 20.2b	2.77 ± 0.235a	0.17 ± 0.056a

¹⁾Means with same letters in a column and date investigated are not significantly different by Tukey test at $p = 0.05$.

ns : Non-significant between control and 10mm or 5mm by χ^2 -test at $P = 0.05$.

* : Significant between control and 10mm or 5mm by χ^2 -test at $P = 0.05$.

Table 3. Comparison of species diversity indices obtained using whole insect species caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 2 (conventional culture, rain proof cultivation citrus orchard)

Date investigated	The size of non-target insect-blocking net	Species diversity index			
		S(Species)	N(Individuals)	Shannon Index	Simpson's Index
2018.09.10. ~ 2018.10.08.	Control	63	90 ± 15.0a ¹⁾	1.76 ± 0.311a	0.38 ± 0.102a
	10 mm	51 ^{ns}	47 ± 8.9a	2.21 ± 0.133a	0.16 ± 0.018b
	5 mm	52 ^{ns}	51 ± 10.2a	2.04 ± 0.161a	0.22 ± 0.034ab

¹⁾Means with same letters in a column and date investigated are not significantly different by Tukey test at $p = 0.05$.

ns : Non-significant between control and 10mm or 5mm by χ^2 -test at $P = 0.05$.

Table 4. Comparison of species diversity indices obtained using whole insect species caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 3 (Farming without agricultural chemicals, green house strawberries orchard)

Date investigated	The size of non-target insect-blocking net	Species diversity index			
		S(Species)	N(Individuals)	Shannon Index	Simpson's Index
2019.03.05 ~ 2019.03.26.	Control	22	88 ± 11.8a ¹⁾	1.31 ± 0.160a	0.46 ± 0.077a
	10 mm	20 ^{ns}	31 ± 1.3b	1.42 ± 0.062a	0.36 ± 0.018a
	5 mm	9 [*]	30 ± 13.8b	1.08 ± 0.157a	0.45 ± 0.084a

¹⁾Means with same letters in a column and date investigated are not significantly different by Tukey test at $p = 0.05$.

ns : Non-significant between control and 10mm or 5mm by χ^2 -test at $P = 0.05$.

* : Significant between control and 10mm or 5mm by χ^2 -test at $P = 0.05$.

Table 5. Comparison of species diversity indices obtained using whole insect species caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 4 (conventional cultivation, an open ground citrus orchard)

Date investigated	The size of non-target insect-blocking net	Species diversity index			
		S(Species)	N(Individuals)	Shannon Index	Simpson's Index
2019.03.26. ~ 2019.04.23.	Control	139	211 ± 43.7a ¹⁾	3.12 ± 0.087a	0.10 ± 0.021a
	10 mm	69*	67 ± 9.9b	2.72 ± 0.182ab	0.13 ± 0.026a
	5 mm	56*	61 ± 8.8b	2.58 ± 0.140b	0.13 ± 0.020a

¹⁾Means with same letters in a column and date investigated are not significantly different by Tukey test at $p = 0.05$.

* : Significant between control and 10mm or 5mm by χ^2 -test at $P = 0.05$.

Table 6. Comparison of species diversity indices obtained using taxonomic groups (i.e. Family) including insect pests caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 1 (conventional culture, an open ground citrus orchard)

Date investigated	The size of non-target insect-blocking net	Species diversity index			
		S(Species)	N(Individuals)	Shannon Index	Simpson's Index
2018.08.30. ~ 2018.09.10.	Control	38	125 ± 29.9a ¹⁾	1.82 ± 0.262a	0.34 ± 0.104a
	10 mm	35 ^{ns}	75 ± 14.7a	1.88 ± 0.278a	0.32 ± 0.095a
	5 mm	23 ^{ns}	91 ± 18.2a	1.34 ± 0.208b	0.46 ± 0.096b

¹⁾Means with same letters in a column and date investigated are not significantly different by Tukey test at $p = 0.05$.

ns : Non-significant between control and 10mm or 5mm by χ^2 -test at $P = 0.05$.

Table 7. Comparison of species diversity indices obtained using taxonomic groups (i.e. Family) including insect pests caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 2 (conventional culture, rain proof cultivation citrus orchard)

Date investigated	The size of non-target insect-blocking net	Species diversity index			
		S(Species)	N(Individuals)	Shannon Index	Simpson's Index
2018.09.10. ~ 2018.10.08.	Control	24	19 ± 4.5a ¹⁾	1.43 ± 0.158a	0.34 ± 0.050a
	10 mm	18 ^{ns}	20 ± 4.8a	1.34 ± 0.161a	0.37 ± 0.052a
	5 mm	18 ^{ns}	28 ± 4.9a	1.08 ± 0.207a	0.49 ± 0.091a

¹⁾Means with same letters in a column and date investigated are not significantly different by Tukey test at $p = 0.05$.

ns : Non-significant between control and 10mm or 5mm by χ^2 -test at $P = 0.05$.

Table 8. Comparison of species diversity indices obtained using taxonomic groups (i.e. Family) including insect pests caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 3 (Farming without agricultural chemicals, green house strawberries orchard)

Date investigated	The size of non-target insect-blocking net	Species diversity index			
		S(Species)	N(Individuals)	Shannon Index	Simpson's Index
2019.03.05. ~ 2019.03.26.	Control	6	48 ± 7.9a ¹⁾	0.41 ± 0.079a	0.82 ± 0.044a
	10 mm	4 ^{ns}	18 ± 1.0b	0.21 ± 0.128a	0.90 ± 0.062a
	5 mm	2 ^{ns}	10 ± 1.7b	0.25 ± 0.132a	0.86 ± 0.080a

¹⁾Means with same letters in a column and date investigated are not significantly different by Tukey test at $p = 0.05$.

ns : Non-significant between control and 10mm or 5mm by χ^2 -test at $P = 0.05$.

Table 9. Comparison of species diversity indices obtained using taxonomic groups (i.e. Family) including insect pests caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in orchard 4 (conventional culture, an open ground citrus orchard)

Date investigated	The size of non-target insect-blocking net	Species diversity index			
		S(Species)	N(Individuals)	Shannon Index	Simpson's Index
2019.03.26. ~ 2019.04.23.	Control	39	31 ± 3.2a ¹⁾	2.45 ± 0.124a	0.12 ± 0.025a
	10 mm	28 ^{ns}	20 ± 2.6a	2.22 ± 0.201a	0.14 ± 0.029a
	5 mm	27 ^{ns}	28 ± 3.1a	1.99 ± 0.230a	0.20 ± 0.063a

¹⁾Means with same letters in a column and date investigated are not significantly different by Tukey test at $p = 0.05$.

ns : Non-significant between control and 10mm or 5mm by χ^2 -test at $P = 0.05$.

3. 격자 크기 별 유입되는 곤충의 크기와 유입 빈도 분석

날개폭과 체장을 동시에 측정한 개체들에서 얻은 날개폭 측정값과 체장 측정값 간에 상관관계 분석 결과 두 값이 서로 $R^2 = 0.9265$ 의 높은 상관관계가 나타나 격자 크기와 체장에 따른 유입 빈도 분석에서 날개폭을 체장으로 대체하여도 무방한 것을 확인하였다(Fig. 7). 각 분류군 별로 얻은 평균 체장 측정치를 해당 분류군에 속해있는 모든 개체에 대입하여 유입 빈도분포표를 작성하였다(Fig. 8).

3종류의 트랩에서 모두 체장이 3 mm 이하인 곤충이 가장 많은 유입 빈도를 보였고, 망이 없는 트랩에서 더 많은 수의 개체가 포획되는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 망을 적용한 트랩에서는 유입 빈도가 낮게 나타나는 5-6 mm 범위의 체장을 가진 곤충이 망이 없는 트랩에서 다수 포획되었다. 본 연구에서 측정된 체장값 평균으로 보았을 때, 꽃파리과, 집파리과(Muscidae), 초록파리과가 해당 범위에 속하는 곤충으로 파악되었다. 7-12 mm 에 해당하는 곤충들은 망이 처리되지 않은 트랩에서 주로 유입되었으며 측정된 체장값 평균으로 보았을 때, 쉬파리과, 검정파리과, 꽃등에과, 꿀벌과가 이에 해당되어, 망의 존재가 대형 파리류와 대형 비표적 곤충의 유입은 확실히 차단하고 있음을 나타내었다. 체장이 3 mm 이하의 해당되는 곤충은 표적 곤충인 미소해충이 해당되었으며, 그 밖에 소형 비표적 곤충인 무판류아집단(Acalypratae), 나방파리과(Psychodoidea), 검정날개버섯파리과, 천적인 쯤벌상과(Chalcidoidea)가 해당되었다.

4. 해충 분류군의 유입 개체수 분석

각 포장 별로 해충이 속한 분류군의 유입 개체수를 분석하였고 그 결과는 다음과 같았다(Table 9). 가루이과는 제 1포장에서 대발생하여 많은 개체수가 유입되었고, 대조군인 무처리와 비교하였을 때 10 mm 망처리는 통계적으로 유의한 차이를 보였으나, 5 mm 망처리에서 유의한 차이를 나타내지 않았다(10 mm: $\chi^2 = 26.130$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 1.980$. $p = 0.1594$). 제 2포장에서 가루이과는 대조군과 10 mm, 5 mm 를 비교하였을 때 모두 유의한 차이를 보였으며, 5 mm 에서 유입개체수가 가장 많았다(10 mm: $\chi^2 = 6.716$. $p = 0.010$; 5 mm: $\chi^2 = 25.000$. $p < 0.001$). 제 3포장에서는 가루이과의 밀도가 낮아 유입되는 개체수가

없었고, 제 4포장에서도 매우 적었다. 상기 분석 결과로 보아 가루이과의 유입에 대한 망의 존재로 인한 악영향은 거의 없는 것으로 판단되었다.

제 1포장에서 매미충과는 5 mm 망처리에서 가장 많이 유입되었으나 전체적으로 개체수가 적었고, 무처리와 10 mm 망처리, 무처리와 5 mm 망처리를 비교하였을 때 통계적 유의성은 없었다(10 mm: $\chi^2 = 1.191$. $p = 0.2752$; 5 mm: $\chi^2 = 2.778$. $p = 0.0956$). 제 2포장에서 매미충과의 유입 개체수는 매우 적어 조사 기간 중 7개체만이 포획되어 통계분석이 어려웠다. 제 3포장에서는 유입되는 매미충과개체가 없었다. 제 4포장에서는 무처리에서 가장 많은 개체가 유입되었으나 10 mm 망처리, 5 mm 망처리와 비교하였을 때, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(10 mm: $\chi^2 = 1.667$. $p = 1.967$; 5 mm: $\chi^2 = 0.529$. $p = 0.4669$). 매미충과는 해충 분류군 중 비교적 체장과 날개폭이 큰 분류군이나 분석 결과로 보았을 때, 망의 존재로 인한 유입 악영향은 없는 것으로 판단되었다.

진딧물과는 제 1포장에서 무처리 트랩에 가장 많이 유입되었고, 10 mm 망처리, 5 mm 망처리와 비교하였을 때 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다(10 mm: $\chi^2 = 8.647$. $p = 0.0033$; 5 mm: $\chi^2 = 6.000$. $p = 0.0143$). 제 2포장에서도 무처리에서 가장 많은 개체수가 유입되었고 10 mm 에는 한 개체도 유입되지 않아 통계적으로 유의한 차이를 보였다(10 mm: $\chi^2 = 31.000$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 7.364$. $p = 0.0067$). 제 3포장에서 진딧물과는 개체수가 적어 포획되지 않았다. 제 4포장에서 또한 매우 소수가 유입되어 통계분석이 어려웠다. 해당 결과로 보았을 때 방지망의 존재가 진딧물의 유입에는 악영향으로 작용할 수 있는 것으로 판단된다.

혹파리과는 제 1포장에서 무처리 트랩에 가장 많이 유입되었고, 5 mm 망과 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이를 보였다(10 mm: $\chi^2 = 6.545$. $p = 0.0105$; 5 mm: $\chi^2 = 30.224$. $p < 0.001$). 제 2포장에서는 10 mm 망에서 가장 많은 개체가 유입되었고 무처리와 비교하였을 때, 망이 있는 트랩과 통계적 차이는 나타나지 않았다(10 mm: $\chi^2 = 2.333$. $p = 0.1266$; 5 mm: $\chi^2 = 1.328$. $p = 0.2492$). 제 4포장에서는 망이 없는 트랩에서 유입 개체수가 가장 많았으나 각 처리에서 비슷한 개체수가 포획되어 유의한 차이를 보이지 않았다(10 mm: $\chi^2 = 0.250$. $p = 0.6171$; 5 mm: $\chi^2 = 0.061$. $p = 0.8055$). 혹파리과는 제 1포장에서 망이 없는 트랩에서 유

입된 개체수가 많았고 통계적으로 유의한 차이를 보였으나, 제 2포장과 제 4포장에서는 그러한 경향이 나타나지 않아 땅의 존재로 인한 유입 악영향이 있다고 판단을 내리기는 어려웠다.

총채벌레과는 제 1포장에서 무처리망에 가장 많이 유입되어, 격자의 크기가 클수록 유입개체수가 많았고 무처리와 5mm 망을 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이를 보였다(10 mm: $\chi^2 = 1.042$. $p = 0.3074$; 5 mm: $\chi^2 = 6.373$. $p = 0.0116$). 제 2포장에서는 반대로 격자의 크기가 클수록 유입되는 개체수가 적게 나타나는 경향을 보였고, 5 mm 망에서 가장 많은 개체가 유입되어 무처리와 유의한 차이를 나타내었다(10 mm: $\chi^2 = 0.053$. $p = 0.8185$; 5 mm: $\chi^2 = 15.364$. $p < 0.001$). 제 3포장에서는 땅이 없는 처리에서 가장 많은 개체가 유입되어, 무처리와 망을 처리한 트랩과의 비교에서 유의한 차이를 보였으나(10 mm: $\chi^2 = 6.231$. $p = 0.0126$; 5 mm: $\chi^2 = 4.571$. $p = 0.0325$), 전체적으로 적은 수의 개체가 유입되어 방지망에 의한 악영향으로 단정을 내리기는 어려웠다. 제 4포장에서도 제 2포장과 유사하게 격자의 크기가 작을수록 많은 개체가 유입되는 현상을 보여 5 mm 망에서 가장 많은 개체가 유입되었다. 그러나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(10 mm: $\chi^2 = 0.117$. $p = 0.7324$; 5 mm: $\chi^2 = 2.844$. $p = 0.0917$). 종합한 결과를 보면 총채벌레는 각 포장마다 그 경향이 상이하였고, 격자의 크기가 작은 트랩에서 유입이 많은 경우도 있었기 때문에 땅의 존재가 총채벌레과의 유입에 악영향을 주지 않는 것으로 판단되었다.

검정날개버섯파리과는 딸기 재배포장인 제 3포장에서 유입된 개체수에 한하여 분석을 진행하였다. 땅이 없고, 격자의 크기가 클수록 매우 확연하게 유입 개체수가 높았으며, 무처리와 망을 처리한 트랩 간에 비교에서 모두 유의한 차이를 보였다(10 mm: $\chi^2 = 34.783$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 67.600$. $p < 0.001$). 이를 보았을 때, 땅의 존재는 검정날개버섯파리의 유입에 대해서 확연하게 악영향을 주고 있다는 추정이 가능하였다.

5. 비표적 곤충 분류군의 유입 개체수 분석

비표적 곤충 중 유입개체수가 풍부한 파리목, 화분매개곤충에 속하는 꿀벌상과, 천적에 속하는 좀벌상과, 맵시벌상과를 선정하여 모든 포장에서 각 처리 별

로 유입된 개체수를 합하여 망을 처리하지 않은 트랩과 10 mm 망을 처리한 트랩, 망을 처리하지 않은 트랩과 5 mm 망을 처리한 트랩의 유입 개체수를 비교하였다(Table 10).

파리목 중 체장 평균이 9-12 mm에 속하는 무리들의 유입 개체수를 비교한 결과, 모두 망을 처리한 트랩에서 망을 처리하지 않은 트랩보다 유입개체수가 높게 나타났다. 검정파리과(Calliphoridae)는 무처리에서 총 29개체, 10 mm 망처리와 5 mm 망처리에서 유입되지 않아 확실한 차단 효과가 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다(10 mm: $\chi^2 = 29.000$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 29.000$. $p < 0.001$). 기생파리과는 무처리에서 13개체, 10 mm 망처리에서 1개체가 유입되었고, 5 mm 망에서 유입되지 않아 유의한 차단 효과를 보였다(10 mm: $\chi^2 = 10.286$. $p = 0.0013$; 5 mm: $\chi^2 = 13.000$. $p = 0.0003$). 꽃등에과는 무처리에서만 7개체가 유입되어 망이 존재하였을 때 유입이 없어 확실한 차단 효과를 보였다(10 mm: $\chi^2 = 7.000$. $p = 0.0082$; 5 mm: $\chi^2 = 7.000$. $p = 0.0082$). 똥파리과(Scathophagidae)는 무처리에서 22개체 10 mm 망처리에서 3개체, 5 mm 망에서 1개체만 유입되어, 전체 유입 개체수가 많지 않았음에도, 방지망의 유입 차단 효과가 통계적으로 유의하게 나타났다(10 mm: $\chi^2 = 14.440$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 19.174$. $p < 0.001$). 쥐파리과는 망이 없는 트랩에서 42개체, 10 mm 망처리에서 3개체가 유입되었고, 5 mm 망에서는 유입이 되지 않아 유의한 차단 효과를 보였다(10 mm: $\chi^2 = 33.800$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 42.000$. $p < 0.001$).

파리목 중 체장 평균이 5-6 mm 에 속하는 무리인 꽃파리과와 집파리과의 유입 개체수를 비교한 결과, 망을 처리한 트랩에서 망을 처리하지 않은 트랩보다 유입 개체수가 높게 나타났다. 꽃파리과는 무처리에서 191 개체, 10 mm 망처리에서 16개체, 5 mm 망처리에서 1개체가 유입되어 유의한 차단 효과를 나타내었다(10 mm: $\chi^2 = 147.947$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 188.021$. $p < 0.001$). 집파리과는 무처리에서 41 개체, 10 mm 망처리에서 8개체, 5 mm 망처리에서 1개체가 유입되어 방지망의 유입 차단 효과가 통계적으로 유의하게 나타났다(10 mm: $\chi^2 = 22.224$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 38.095$. $p < 0.001$).

체장이 3 mm 이하인 비표적 소형 파리류인 나방파리과와 초파리가 포함되는 무관류아집단, 벼룩파리과(Phoridae)의 유입 빈도 분석 결과 벼룩파리과를 제외하

고 모두 망을 적용하였을 때 차단 효과가 뚜렷하게 나타났다. 나방파리과는 무처리에서 331 개체, 10 mm 망처리에서 173 개체, 5 mm 망처리에서 167개체가 유입되어 10mm 망처리와 5 mm 망처리 간에 차이는 적었으나, 무처리망과 망을 처리한 것을 비교하였을 때는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(10 mm: $\chi^2 = 49.532$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 54.008$. $p < 0.001$). 무관류아집단에서는 무처리에서 449개체, 10 mm 망처리에서 65개체, 5 mm 망처리에서 29개체가 유입되어 초파리를 비롯한 소형파리류의 차단 효과가 통계적으로 유의한 것으로 확인되었다(10 mm: $\chi^2 = 286.879$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 369.038$. $p < 0.001$). 벼룩파리과는 무처리에서 63개체, 10 mm 망처리에서 57개체, 5 mm 망처리에서 77개체가 유입되어 5 mm 망에서 유입이 가장 많았고, 무처리와 망처리를 비교하였을 때, 통계적으로 유의한 차이가 없었다(10 mm: $\chi^2 = 0.300$. $p = 0.5839$; 5 mm: $\chi^2 = 1.400$. $p = 0.2367$).

벌목 중 체장 평균이 10mm 이상인 꿀벌이 속한 꿀벌상과는 무처리에서 17개체, 10 mm 망처리, 5 mm 망처리에서 각각 1개체가 유입되어 망처리 효과가 뚜렷하게 나타났다(10 mm: $\chi^2 = 14.222$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 14.222$. $p < 0.001$).

체장이 종마다 상이하나 2-6 mm 범위에 속하는 맵시벌상과(Ichneumonidea)는 무처리에서 30개체, 10 mm 망처리에서 5개체, 5 mm 망처리에서 4개체가 유입되어 망을 처리한 트랩에서 유의한 유입 차단 효과를 보였다(10 mm: $\chi^2 = 17.857$. $p < 0.001$; 5 mm: $\chi^2 = 19882$. $p < 0.001$).

일부 종을 제외하고 체장이 2mm 이하 범위에 속하는 좀벌상과는 체장이 작아 망을 처리하였을 때 차단 효과가 나타나지 않았다. 무처리에서 234개체, 10 mm 망처리에서 170개체, 5 mm 망처리에서 209개체가 유입되어 무처리와 10 mm 망처리를 비교하였을 때 통계적 유의한 차이가 나타났으나, 무처리와 5 mm 망처리 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(10 mm: $\chi^2 = 10.139$. $p = 0.0015$; 5 mm: $\chi^2 = 1.411$. $p = 0.2349$).

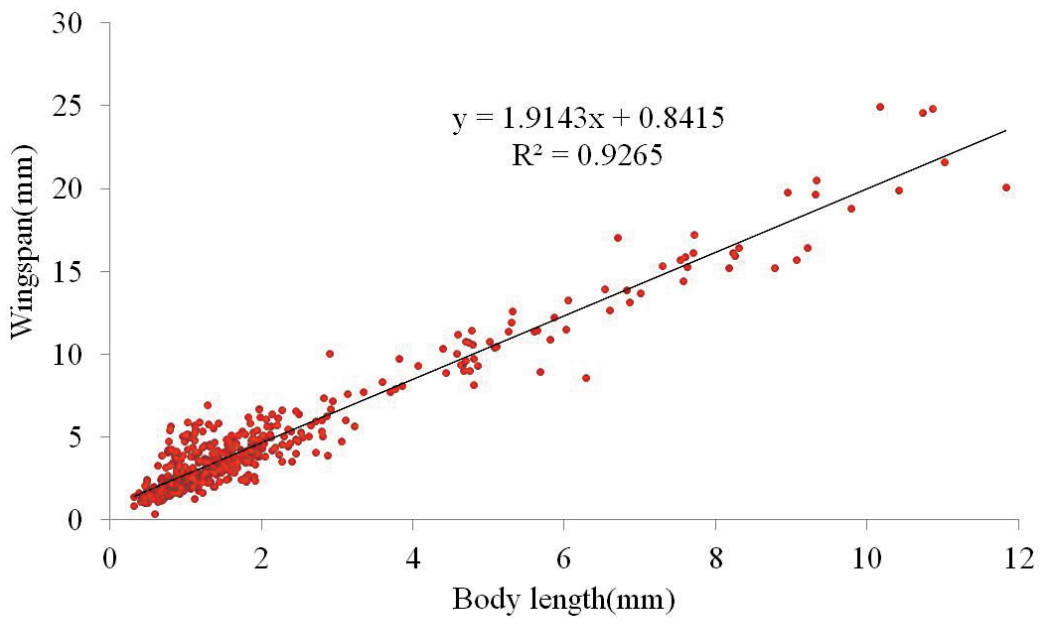


Fig. 7. Relationship between body length and wingspan of trapped insects.

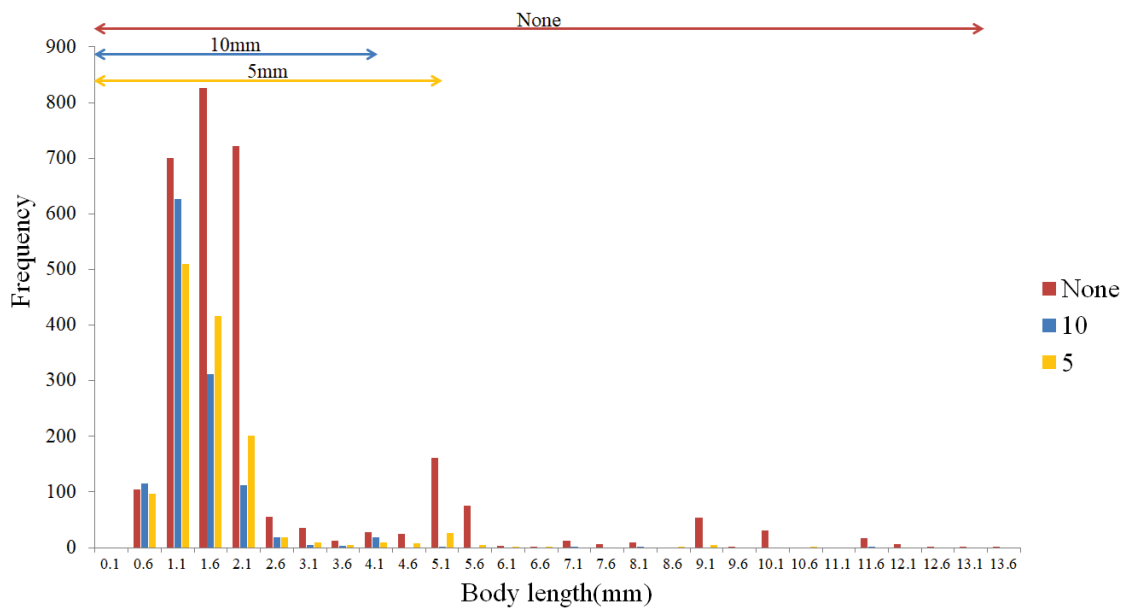


Fig. 8. Frequency distribution of insect body length caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net.

Table 9. Comparison of number of individuals obtained using taxonomic groups (i.e. Family) including insect pests caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in all orchard

Orchard	Taxonomic groups including insect pests	The size of non-target insect-blocking net		
		Control	10 mm	5 mm
I	Aleyrodidae	212	119 ^{ns}	184 ^{ns}
	Cicadellidae	13	8 ^{ns}	23 ^{ns}
	Aphididae	36	15*	18*
	Cecidomyiidae	56	32*	11*
	Thysanoptera	53	43 ^{ns}	30*
II	Aleyrodidae	52	82*	117*
	Cicadellidae	4	1 ^{ns}	2 ^{ns}
	Aphididae	31	0*	13*
	Cecidomyiidae	35	49 ^{ns}	26 ^{ns}
	Thysanoptera	9	10 ^{ns}	35*
III	Sciaridae	132	52*	28*
	Thysanoptera	11	2*	3*
IV	Aleyrodidae	1	1 ^{ns}	1 ^{ns}
	Cicadellidae	10	5 ^{ns}	7 ^{ns}
	Aphididae	1	2 ^{ns}	5 ^{ns}
	Cecidomyiidae	34	30 ^{ns}	32 ^{ns}
	Thysanoptera	37	40 ^{ns}	53 ^{ns}

ns : Non-significant between control and 10mm or 5mm in the same group by χ^2 -test at $P = 0.05$.

* : Significant between control and 10mm or 5mm in the same group by χ^2 -test at $P = 0.05$.

Table 10. Comparison of number of individuals obtained using taxonomic groups including non-target insects caught on yellow sticky trap with different non-target insect-blocking net in all orchard

Orchard	Taxonomic groups non-target insects	The size of non-target insect-blocking net		
		Control	10 mm	5 mm
All	Calliphoridae	29	0*	0*
	Tachinidae	13	1*	0*
	Syrphidae	7	0*	0*
	Scathophagidae	22	3*	1*
	Sarcophagidae	42	3*	0*
	Anthomyiidae	191	16	1
	Muscidae	41	8*	1*
	Psychodidae	331	173*	167*
	Acalyptatae	449	65*	29*
	Phoridae	63	57 ^{ns}	77 ^{ns}
	Apoidea	17	1*	1*
	Ichneumonoidea	30	5*	4*
	Chalcidoidea	234	170*	209 ^{ns}

ns : Non-significant between control and 10mm or 5mm in the same group by χ^2 -test at $P = 0.05$.

* : Significant between control and 10mm or 5mm in the same group by χ^2 -test at $P = 0.05$.

V. 고찰

유입된 모든 비행 곤충을 대상으로 한 분석 결과에서 망을 적용하지 않은 트랩, 10 mm 망이 적용된 트랩, 5 mm 망이 적용된 트랩 순으로 포획되는 개체수와 분류군의 수, 종 다양성이 높은 경향이 나타났으며, 일부 조사에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나기도 하였다. 또한 전체 곤충에서 해충을 포함하는 분류군으로 분석 대상을 제한하였을 때 이러한 경향이 감소하여 대형 곤충종의 유입 차단에 의한 영향으로 이러한 경향이 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

방지망 처리에 따른 유입되는 곤충의 체장과 빈도 분포를 분석한 결과에서 방지망의 존재가 소형 곤충의 유입 빈도에도 영향을 주는 것으로 나타났다. 소형 곤충 중 나방파리, 초파리, 꽃파리 등 비표적 곤충 전체 유입 빈도는 매우 높았고, 망이 적용되지 않은 트랩에서 유입되는 개체수가 현저하게 높게 나타나는 것을 알 수 있었다. 특히 벼룩파리를 제외한 파리목에 속한 분류군들에서 이러한 경향이 뚜렷하게 나타났는데, 향후 이러한 원인을 파악할 필요성이 있다고 사료된다. 대형 비표적 곤충인 대형 파리와 꿀벌 등의 경우 방지망이 적용된 트랩에는 거의 유입되지 않아 차단 효과가 뚜렷하게 나타났다. 이를 통해 개체수가 상대적으로 풍부한 비표적 곤충인 소형 파리와 유입 시 많은 부착면적을 차지하는 대형 파리류에 대한 차단 효과가 뚜렷하게 나타나는 것을 확인하였다.

감귤에서 황색점착트랩을 통해 예찰하고자 하는 중점 표적 해충은 볼록총채벌레가 속한 총채벌레과이다. 각 처리별로 유입된 총채벌레 개체수를 보았을 때 비표적 곤충 유입 방지망의 적용이 총채벌레 유입에는 악영향을 주지 않는 것으로 추정되었으며, 따라서 총채벌레 예찰에는 충분히 활용이 가능할 것으로 판단된다.

그러나 딸기에서의 검정날개버섯파리과와 감귤에서 진딧물과는 망이 존재하였을 때와 격자의 크기가 감소할수록 유입 개체수가 감소하는 것을 확인할 수 있었으며 이는 방지망의 설치가 이들의 예찰에 악영향을 줄 수 있음을 시사하는 결과였다. 하지만 검정날개버섯파리과의 해충인 작은뿌리파리는 감자트랩을 이용하여 모니터링이 가능하며, 진딧물과의 경우 주로 황색수반트랩을 이용하여 예찰

이 이루어지고 있기 때문에 이러한 예찰 수단으로 보완이 가능할 것으로 판단된다.

향후 현장 적용 시 소형 해충 유입에 대한 악영향이 파악된다면, 망을 설치한 트랩과 설치하지 않은 트랩, 표본 조사 및 육안 조사를 통한 해충 밀도 예찰을 통해 얻은 해충의 포획수를 서로 비교하여 방지망의 적용으로 인한 악영향에 따른 포획수의 감소 비율을 반영한 요방제 밀도를 설정할 필요성이 있다. 예를 들어 동일한 환경조건에서 망을 설치하지 않은 트랩에 평균적으로 10개체가 유입되었을 때, 망이 존재하는 트랩에 평균적으로 8개체가 유입이 되었다면 20%의 유인효율의 저하가 발생한 것이다. 이를 감안하여 트랩에 망을 적용하였을 때는 요방제 밀도를 20% 낮춰 설정해야 할 것이며, 향후 이러한 정형화된 수치를 제시할 수 있도록 추가적인 연구가 필요하다.

해충 분류군 만을 대상으로 하였을 때 진딧물과와 파리목에 속하는 일부 분류군을 제외하고 5mm 망과 10mm 망 간 유입되는 개체수에서 차이가 없었기 때문에 5mm 망과 10mm 망을 상황에 따라서 취사선택하여 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

굴나무이와 같이 황색점착트랩을 이용하여 국내 유입에 대한 예찰이 이루어지고 있는 외래 검역 해충의 경우에는 단 하나의 개체의 유입 여부가 미치는 영향이 매우 크기 때문에 대형 비표적 곤충의 차단을 통한 유인 효율의 보존 및 트랩의 수명 향상을 통한 예찰의 편의성 제공에 따른 효과와 망의 존재로 인한 표적종의 유입 악영향 중에 어느 부분이 더 영향이 크며, 예찰에 있어서 유리한지 향후 추가적인 연구를 통해 파악할 필요가 있다. 점착트랩과 루어를 병용하는 경우 표적종의 유인 효율이 증대되기 때문에, 표적종이 유입 가능한 최소 크기의 격자를 가진 방지망을 설치한다면 방지망의 존재로 인한 유입 악영향은 감소시킬 수 있고, 표적 해충보다 체적이 큰 비표적 곤충의 유입은 차단이 가능하기 때문에 예찰 효율을 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 곤충의 방지망 통과에 영향을 줄 것으로 추정되는 체적 수치인 체장, 날개폭과 방지망 격자의 크기 간의 상관관계는 명확하게 구명되지 않았으며, 이동 중 방지망을 조우하였을 때, 곤충이 어떠한 행동으로 반응을 하여 방지망을 통과하거나 우회, 극복하는지에 대한 연구도 미흡한 실정이다. 이러한 연구가 선

행되어야만 특정종에 대한 방지망을 개발할 수 있을 것으로 사료된다. 향후 방지망 격자의 크기와 곤충의 체적 간 상관관계, 곤충의 방지망 극복 행동과 반응을 구명한다면 점착트랩 방지망의 격자 크기를 농업환경과 표적 곤충에 따라 선택적으로 설계할 수 있는 기초자료가 될 것으로 기대된다.

VI. 적요

본 연구는 황색점착트랩에 적용된 비표적 곤충 차단망의 비표적 곤충 차단 효과와 해충의 포획에 미치는 영향을 분석하여 농업 현장에서의 적용 가능성을 검증하고자 수행되었다. 방지망이 없거나 격자의 크기가 클수록 유입 분류군의 수, 유입 개체수, 종 다양성이 높은 경향을 나타내었다. 그러나 분석 대상을 해충종이 포함되는 분류군으로 제한하여 분석한 결과 이러한 경향이 감소하는 것을 확인하여 대형 비표적 곤충의 차단 효과에 대한 영향을 확인할 수 있었다.

각 방지망에 따른 유입 곤충의 체장과 빈도 분석에서 방지망이 존재하였을 때, 검정파리, 쉬파리, 꽃등에, 꿀벌 등 대형 비표적곤충의 차단 효과가 뚜렷하게 나타났다으며, 꽃파리과, 초파리가 속한 무판류, 검정날개버섯파리과, 나방파리과 등 소형 파리류의 유입도 현저하게 감소하는 것이 확인되어 방지망의 적용에 따른 비표적 곤충의 방지효과가 있음을 확인하였다.

해충이 속한 분류군에 대한 유입 개체수를 분석한 결과 대부분의 분류군에서 각 처리별로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 검정날개버섯파리과와 진딧물과에서 망이 적용되었거나 격자의 크기가 작을수록 유입 개체수가 감소하여 방지망에 의한 악영향이 확인되었다. 그러나 일부종에 대한 악영향과 유입 감소는 다른 예찰방법이나 요방제 밀도를 재설정하는 방법으로 보완이 가능할 것으로 판단되며, 감귤에서 주요 예찰 대상인 총채벌레류에서 악영향이 없어 감귤 재배 현장에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

주요 해충이 속한 분류군을 대상으로 유입 개체수를 분석 하였을 때, 검정날개버섯파리과와 진딧물과를 제외하고 5mm 망과 10mm 망 간 유입 개체수에서 차이가 없었으므로 5mm 망과 10mm 망을 상황에 따라서 취사선택하여 적용이 가능할 것으로 판단된다.

VII. 인용문헌

- Antignus, Y., Lapidot, M., Hadar, D., Messuka, Y., Cohen, S., 1998. Ultraviolet-absorbing screens serve as optical barriers to protect crops from virus and insect pests. *J. Econ. Entomol.* 91, 1401-1405.
- 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.
- Augustin, S., Boonham, N., De Kogel, W.J., Donner, P., Faccoli, M., Lees, D.C., Marini, L., Mori, N., Toffolo, E.P., Quilici, S., Roques, A., Yart, A., Battisti, A., 2012. A review of pest surveillance techniques for detecting quarantine pests in Europe. *EPPO Bull.* 42, 515-551.
- Bailey, B.J., Montero, J.I., Parra, J.P., Robertson, A.P., Baeza, E., Kamaruddin, R., 2003. Airflow resistance of greenhouse ventilators with and without insect screens. *Biosyst. Eng.* 86, 217-229.
- Brittain, C.A., Vighi, M., Bommarco, R., Settele, J., Potts, S.G., 2010. Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic Appl. Ecol.* 11, 106-115.
- Brødsgaard, H.F., 1989. Coloured sticky traps for *Frankliniella occidentalis* (Pergande)(Thysanoptera, Thripidae) in glasshouses. *J. Appl. Entomol.* 107, 136-140.
- Byrne, D.N., Von 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 bandedwinged whitefly and the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Environ. Entomol.* 15, 300-304.
- Chen, T.Y., Chu, C.C., Fitzgerald, G., Natwick, E.T., Henneberry, T.J., 2004. Trap evaluations for thrips (Thysanoptera: Thripidae) and hoverflies (Diptera:

- Syrphidae). Environ. Entomol. 33, 1416-1420.
- Cho, J., Choi, J., Qiao, M., Ji, C.W., Kim, H.Y., Uhm, K.B., Chon, T.S., 2007. Automatic identification of whiteflies, aphids and thrips in greenhouse based on image analysis. J. Math. Comput. Simul. 1, 46-53.
- Choi, K.S., Kang K.H., Joa,, J.H., Kim, D.S., Hyun S.W., Kang K.S., Lim H.C., 2012. Sticky Trap Case. Ref. No: 10-1211511. Korea Intellectual Property Office.
- Choi, S., Park, D., Kim, J., Kang, S., Kim, T., 2006. Production of seedless' Maekawa-Jiro'persimmon by blocking the pollinators. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 24, 307-375.
- Chu, C., Henneberry, T., Boykin, M., 1998. Response of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) adults to white fluorescent and incandescent light in laboratory studies. Southwest. Entomol. 23, 169-181.
- Chung, B.K., Lee, H.S., Kim, Y.B., 2013. Establishment of 60 mesh nets to reduce crop loss by *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Homoptera: Aleyrodidae) in tomato greenhouse. Korean J. Appl. Entomol. 52, 23-27.
- DrawWing for insects identification, <http://drawwing.org>.
- Dreistadt, S.H., Newman, J.P., Robb, K.L., 1998. Sticky trap monitoring of insect pests, UCANR Publications, California.
- 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.
- Ferro, D.N., Suchak, G.J., 1980. Assessment of visual traps for monitoring the asparagus miner, *Ophiomyia simplex*, Agromyzidae: Diptera. Entomol. Exp. Appl. 28, 177-182.
- Fujinaga, M., Furuhashi, S., Yoneyama, C., Miyamoto, K., Miyasaka, M., Ogiso, H., 2007. Seasonal prevalence of Iris Yellow Spot Virus viruliferous *Thrips tabaci* on sticky blue sheets beside an onion field and the effect of insect-proof nets in

- preventing invasion. Ann. Rep. Kanto-Tosan Plant Prot. Soc. 54, 89-92.
- Gillespie, D.R., Quiring, D.J., 1987. Yellow sticky traps for detecting and monitoring greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) adults on greenhouse tomato crops. J. Econ. Entomol. 80, 675-679.
- Gillespie, D.R., Quiring, D.J., 1992. Flight behavior of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), in relation to yellow sticky traps. Can. Entomol. 124, 907-916.
- Gu, X., Bu, W., Xu, W., Bai, Y., Liu, B., Liu, T., 2008. Population suppression of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) using yellow sticky traps and *Eretmocerus* nr. *rajasthanicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) on tomato plants in greenhouses. Insect Sci. 15, 263-270.
- Hall, D.G., Sétamou, M., Mizell III, R.F., 2010. A comparison of sticky traps for monitoring Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). Crop Prot. 29, 1341-1346.
- Hartstack Jr, A.W., Hollingsworth, J.P., Ridgway, R.L., Hunt, H.H., 1971. Determination of trap spacings required to control an insect population. J. Econ. Entomol. 64, 1090-1100.
- Hirano, C., 1971. Insects and Their Host Plants, Kyoritsu Press, Tokyo. 20-23.
- Hou, M.L., Lu, W., Wen, J., 2006. Trap catches and control efficiency of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) adults in greenhouse by yellow sticky traps. Sci. Agric. Sin. 39, 1934-1939.
- Jeju Special Self Governing Province Agricultural Research & Extension Services, Lee, P.h., Park, J.G., (Eds.), 2016. Farmer are curious about diagnosis and control of disease and Pest in citrus, Design Otoo, Jeju. 30-79.
- Jung, C.R., Yoon, J.B., Kim, K.H., Lee, G.J., Heo, J.W., Kim, H.H., 2016. Colors and Sizes of Insect Screen Net Influence Physical Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* under Controlled Environments. Korean J. Environ. Agric. 35, 46-54.
- Kaloostian, G.H., 1961. Evaluation of adhesives for sticky board traps. J. Econ.

- Entomol. 54, 1009-1011.
- 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.
- Kittas, C., Katsoulas, N., Bartzanas, T., Mermier, M., Boulard, T., 2008. The impact of insect screens and ventilation openings on the greenhouse microclimate. Trans. ASAE. 51, 2151-2165.
- Landis, D.A., Wratten, S.D., Gurr, G.M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annu. Rev. Entomol. 45, 175-201.
- Lee, S.K., Lee, K.H., Oh, H.K., Lee, J.W., Kim, C.W., Kang, H.J., Kim, S.H., 2017. Effects of Insect Screen Net on Insect Pest Control for Jujube. Korean J. Org. Agric. 25, 619-630.
- Lee, S.Y., Kim, S.T., Im, J.S., Jung, J.K., Lee, J.H., 2013. Comparison of Community Structure and Biodiversity of Arthropos between Coventional and Organic Red Pepper Fields. Korean J. Org. Agric. 21, 601-615.
- Lu, F.M., 1990. Color preference and using silver mulches to control the onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman. Chin. J. Entomol. 10, 337-342.
- Maredia, K.M., Cage, S.H., Landis, D.A., Wirth, T.M., 1992. Visual response of *Coccinella septempunctata* (L.), *Hippodamia parenthesis* (Say), (Coleoptera: Coccinellidae), and *Chrysoperla carnea* (Stephens), (Neuroptera: Chrysopidae) to colors. Biol. Control. 2, 253-256.
- Moreno, D.S., Gregory, W.A., Tanigoshi, L.K., 1984. Flight response of *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Scirtothrips citri* (Thysanoptera: Thripidae) to trap color, size, and shape. Environ. Entomol. 13, 935-940.
- Muirhead-Thomson, R.C., 1991. Plant pest responses to visual and olfactory 'sticky'

- traps Trap Responses of Flying Insects, Academic Press Limited, London. 180-196.
- Murphy, W.L., 1985. Procedure for the removal of insect specimens from sticky-trap material. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 78, 881.
- Mutwiwa, U.N., Tantau, H.J., 2005. Suitability of a UV lamp for trapping the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hom: Aleyrodidae). *Agric. Eng. Int.* 7, 1-11.
- Naranjo, S.E., Flint, H.M., Henneberry, T.J., 1995. Comparative analysis of selected sampling methods for adult *Bemisia tabaci* (Homoptera, Aleyrodidae) in cotton. *J. Econ. Entomol.* 88, 1666-1678.
- Park, C.D., An, H.C., Cho, S.K., Bae, B.S., Park, H.H., Bae, J.H., Kim, H.Y., 2009. Size selectivity of gill net for female snow crab, *Chionoecetes opilio*. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.* 45, 122-127.
- Parrella, M.P., Jones, V.P., 1985. Yellow traps as monitoring tools for *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in chrysanthemum greenhouses. *J. Econ. entomol.* 78, 53-56.
- 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.
- Qiao, M., Lim, J., Ji, C.W., Chung, B.K., Kim, H.Y., Uhm, K.B., Chon, T.S., 2008. Density estimation of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in a greenhouse using sticky traps in conjunction with an image processing system. *J. Asia Pac. Entomol.* 11, 25-29.
- 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.j., 1986. Early detection, monitoring and control of greenhouse whiteflies on cucumber using yellow sticky traps and *Encarsia formosa*. Theses (Dept. of Biological Sciences)/Simon Fraser University.
- Roditakis, N.E., Lykouressis, D.P., Golfopoulou, N.G., 2001. Color preference, sticky trap catches and distribution of western flower thrips in greenhouse

- cucumber, sweet pepper and eggplant crops. Southwest. Entomol. 26, 227-237.
- Rodriguez-Saona, C.R., Byers, J.A., Schiffhauer, D., 2012. Effect of trap color and height on captures of blunt-nosed and sharp-nosed leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) and non-target arthropods in cranberry bogs. Crop Prot. 40, 132-144.
- Rural Development Administration, 2018. CUCUMBER - Agricultural Technology Guide 107(revised edition). 29-134.
- Sampson, C., Kirk, W.D., 2013. Can mass trapping reduce thrips damage and is it economically viable? Management of the western flower thrips in strawberry. PLoS One. 8, e80787.
- Samways, M.J., Tate, B.A., Murdoch, E.L.M.A., 1986. Monitoring the citrus thrips and psylla using fluorescent yellow sticky traps-a practical guide. Citrus Subtrop. Fruit J. 629, 9-15.
- Santos, S.A., Cabanas, J.E., Pereira, J.A., 2007. Abundance and diversity of soil arthropods in olive grove ecosystem (Portugal): Effect of pitfall trap type. Eur. J. Soil. Biol. 43, 77-83.
- Shannon, C.E., Weaver, W., 1949. The mathematical theory of communication, University of Illinois Press, Urbana.
- Shen, B.B., Ren, S.X., 2003. Yellow card traps and its effects on population of *Bemisia tabaci*. J. South China Agric. Univ. 24, 40-43.
- Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. Nature. 163, 688.
- Sohn, T.J., 1985. Mesh Selectivity of the Gill Net for Anchovy, *Engraulis japonica*. Korean J Fish Aquat Sci. 18, 506-510.
- Sonoda, S., Izumi, Y., Kohara, Y., Koshiyama, Y., Yoshida, H., 2011. Effects of pesticide practices on insect biodiversity in peach orchards. Appl. Entomol. Zool. 46, 335-342.
- Steiner, M.Y., 1993. IPM practices in greenhouse poinsettia crops in Alberta, Canada. Bull. OILB-SROP. 16, 133-134.
- Tryon Jr, E.H., Poe, S.L., Cromroy, H.L., 1980. Dispersal of vegetable leafminer

- onto a transplant production range. Fla Entomol. 292-296.
- Tsuchiya, M., Masui, S., Kuboyama, N., 1995. Color attraction of yellow tea thrips (*Scirtothrips dorsalis* Hood). Jpn J. Appl. Entomol. Z. 39, 299-303.
- U, G.S., 1994. entomological taxonomy. Jiphyeonsa, Seoul.
- Vernon, R.S., Gillespie, D.R., 1990. Spectral responsiveness of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) determined by trap catches in greenhouses. Environ. Entomol. 19, 1229-1241.
- Wallis, D.R., Shaw, P.W., 2008. Evaluation of coloured sticky traps for monitoring beneficial insects in apple orchards. NZ. Plant. Prot. 61, 328-332.
- Webb, R.E., Smith, F.F., Affeldt, H., Thimijan, R.W., Dudley, R.F., Webb, H.F., 1985. Trapping greenhouse whitefly with colored surfaces: variables affecting efficacy. Crop Prot. 4, 381-393.
- Xia, C., Chon, T.S., Ren, Z., Lee, J.M., 2015. Automatic identification and counting of small size pests in greenhouse conditions with low computational cost. Ecol. Inform. 29, 139-146.
- Yang, C.Y., 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.
- Yano, E., Koshihara, T., 1984. Monitoring techniques for adults of the greenhouse whitefly. Bulletin of Vegetable and Ornamental Research Station. Crops Res. Sm. Jpn, Ser. A 12, 85-96.
- 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.