

## 토마토 온실에서 담배가루이 성충에 대한 노란색 및 백색 트랩의 방제효과

이종섭 · 이재한 · 박경섭 · 여경환 · 김진현 · 권준국\*

국립원예특작과학원 시설원예연구소

### Efficiency of Yellow and White light Traps on Controlling Tobacco Whitefly in tomato Greenhouse

Jung-Sup Lee, Jae-Han Lee, Kyung-Seob Park, Kyung-Hwan Yeo, Jin-Hyun Kim, Jun-Kuk Kweon\*

Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, Rural Development Administration, Haman 52054, Republic of Korea

**Abstracts.** Yellow sticky traps have been commonly used for monitoring tobacco whitefly populations in open-fields, as well as in greenhouses. However, the attractiveness depends on various factors such as the reflected intensity (brightness) and hues of yellow color (wavelength) of the trap surface, which is often influenced by environmental conditions and may sometimes affect tobacco whitefly capture. Therefore, the use of light-emitting traps can be a significant complementary tool to strengthen the attractiveness and selectivity of these traps. This research was carried out in tomato greenhouses to evaluate the light-emitting trap as potential attractants for *Bemisia tabaci* adults. The results showed that *B. tabaci* adults on average preferred ( $p > 0.05$ ) traps in yellow lights (590 nm) ( $168 \pm 7.6$  adults/trap) compared to traps in white lights ( $106 \pm 4.6$  adults/trap) and traps without lights ( $60 \pm 4.8$  adults/trap). The yellow light trap (590 nm) showed the most attractive to *B. tabaci* adults, followed by a little lower attraction to the white light trap (450-625 nm), whereas the control (no light trap) was little attractive to *B. tabaci* adults. These results suggested that yellow and white light traps could have a promising use in greenhouses for the identification, monitoring, and pest control tools of tobacco whiteflies.

**Additional key words :** light traps, wavelength, yellow sticky trap, *Bemisia tabaci*

## 서 론

담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 노린재목 가루이과에 속하며 약 500여종의 기주식물이 보고된 주요 흡즙성 해충으로 알려져 있다. 작물 생육기 재배 온실내 *B. Tabaci* 밀도가 높아지면 잎에서의 광합성 작용을 저해하여 작물체가 고사하거나 생육이 부진하게 된다. 예를 들어 토마토에서 *B. Tabaci*의 증식은 착색 불량과의 비율이 높아져 과실의 생산량과 품질 저하에 영향을 준다(Lee 등, 2013). 또한, *B. tabaci*의 배설물은 검은 곰팡이균 생장을 조장하여 과실의 상품성을 저하시키고 특히, 토마토 황화잎말림바이러스(TYLTV: tomato yellow leaf curl virus)를 비롯한 100종 이상의 바이러스를 매개할 수 있는 것으로 알려져 있어 각별한 주의를 필요로 하고 있다(Navas-Castillo 등, 2000; Zhang 등, 2005).

현재까지 *B. tabaci*를 방제하기 위한 방법으로는 화학

적 방제가 일반적으로 사용되고 있으나 짧은 생활사로 인한 약제 저항성 발현이 빠르게 나타나며 이미 다수의 약제에 폭넓은 저항성을 보이는 것으로 보고되어 효과적인 방제를 하기 어렵다(Yang 등, 2003; Lee 등, 2013). 또한 화학약제의 지속적인 사용은 *B. tabaci*에 대한 천적의 활동을 억제시켜 더욱 방제가 어려워지기도 한다(González 등, 2004). 화학적 방제법의 단점을 보완하기 위해 최근에 *B. tabaci*를 비롯한 온실 해충을 방제하기 위한 방법으로 점착트랩(yellow sticky card trap), 스트레스 음파 및 특정 광원을 이용한 친환경 물리적 해충 방제 개발에 많은 연구가 꾸준히 진행되고 있다(Chu 등, 2003; Park 등, 2011; Kim 등, 2012). 그 중에서도 기존 광원에 비해 에너지 효율을 높이고 선택적인 파장 조절이 가능한 light trap를 이용한 친환경 해충 방제를 위한 연구가 주목되고 있다(Yeh과 Chung, 2009; Kim과 Lee, 2012). 또한, 작물 생육기에 발광트랩을 이용하여 *B. tabaci* 해충이 조사된 광 조건에 어떻게 유인하여 반응하는가에 대한 연구는 부족한 실정이다(Schubert와 Yao, 2002). 한편, 시설작물에 발생하는 *B. tabaci*와 온실가루이를 포함하여 진딧물 또는 다른 해충들의 발생량을 모

\*Corresponding author: kjk0412@korea.kr  
Received August 24, 2017; Revised October 24, 2017;  
Accepted October 30, 2017

니터링 하는 보편적인 방법으로 노란색 점착트랩을 사용하여 왔다(Gu 등, 2008; Park 등, 2011). 또한 전 등 (2014)의 보고에 의하면 광을 이용한 *B. tabaci*의 행동반응 연구에서 blue (470nm), yellow (590nm), green (520nm) 및 red (625nm) 파장에 높은 유인활성을 나타내었다(Kim 등, 2012).

따라서 본 연구에서는 이전 연구 결과를 바탕으로 우수한 유인 활성을 나타낸 4개의 파장영역을 모두 포함하는 white light (450-625nm) 및 황색 점착트랩에 유인 활성을 나타낸다는(Chu 등, 2003) 연구 결과를 반영하여 yellow light (590nm)를 선발하고, 제작된 light 트랩의 시설 재배지에서 이용 가능성을 검토하기 위해 토마토 온실에서 실증 실험을 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 담배가루이(*B. tabaci*) 준비

본 연구에 사용한 담배가루이(*B. tabaci*)는 2016년 국립원예특작과학원 원예환경과 해충관리연구실에서 분양 받아 온도 25±5°C, 상대습도 65±10% 및 광주기 16L:8D 조건하의 황온 항습실(80cm×80cm×80cm)에서 담배(*Nicotiana tabacum* L.) 작물(품종 : Virginia)을 기주로 이용하여 살충제를 사용하지 않고 누대 사육하였다.

### 2. 노란 점착카드 및 light 트랩

*B. tabaci*의 행동반응 시험에 사용된 white light 및 yellow light는 히카리바이오(Hikari Bio Optoelectronics Co., LTD, Japan)사에서 구입하여 사용하였다. 각각의 light 트랩은 220V의 전원을 타이머에 연결하여 사용하였고 대조구는 light를 설치하지 않고 노란색 light 점착트랩 하단부에 포집망만 설치하여 사용하였다. 모든 lights 트랩은 Kim과 Lee (2012)에 의해 고안된 케이지형 포집망을 하단부에 부착하였고 일부는 본 연구 환경에 맞게 트랩을 수정 보완하여 사용하였다.

### 3. light 트랩설치 및 *Bemisia tabaci* 성충 포집

본 시험은 2016년 5월 하순부터 7월 중순까지 150m<sup>2</sup> 비닐 온실 3개동에서 실시하였다. 제작된 light 트랩은 약제를 처리하지 않은 토마토 모종이 재배된 3개동의 온실(각 150m<sup>2</sup>)에 각각 트랩을 2개씩 설치하였다. 시험구로 사용된 온실 A동 및 B동에는 yellow 및 white light 트랩을 각각 작동시켰으며, 대조구로 사용된 온실 C동에는 광원 장치를 장착하지 않은 트랩만 설치하였다. 각각의 트랩장치에는 해충을 포집하기 위한 투명한 포집망을 트랩 하단부에 부착하여 사용하였다(Fig. 1). 각각의 온실내 light 트랩 설치는 빛의 확산범위 및 간섭효과를 고려하여 25m 이상의 거리를 유지하여 설치하였다. 이때 설치 높이는 온실 입구 10m 지점과 안쪽 30m 지점에 지표면 기준 이랑으로부터 25cm 부위에 상부로부터 와이어 줄로 매달아 설치하였다. 또한 light 트랩 상부에는 일반적 예찰에 이용되는 작물 높이에 노란색 점착카드 트랩을 1.5m 간격으로 2개를 매달아 설치하였다. 그 후 *B. tabaci* 성충 약 1,000마리를 방사하여 기주에 정착 할 수 있도록 하고, *B. tabaci* 성충 방사 이틀 후 부터 약 90일간 light 트랩을 작동시켰다. light 트랩의 작동 시간은 조도 센서를 부착하여 오후 8시부터 오전 8시까지 작동시켰으며, 이후 포획된 *B. tabaci* 성충 개체수를 파악하여 유인 효과를 검증하였다. 기주 식물에서의 *B. tabaci* 증식을 조사하기 위해 성충 포집 활성에 대한 개체수 조사가 종료된 날부터 각각의 온실에서 기주 5주를 구역별로 선발하여 1주당 2개의 앞에 부착된 *B. tabaci* 약충 개체수를 육안으로 조사하였다. 또한 각각의 light 트랩에 얻어진 결과를 SPSS(ver. 12, SPSS INC., USA)를 이용하여 평균±표준 편차 또는 백분율(%)로 결과 값을 나타내었다. 또한 분산분석 (ANOVA)을 이용하여 결과값의 유의성을 검정 하였으며, 사후 검정으로는 Tukey's HSD test를 사용하였다.

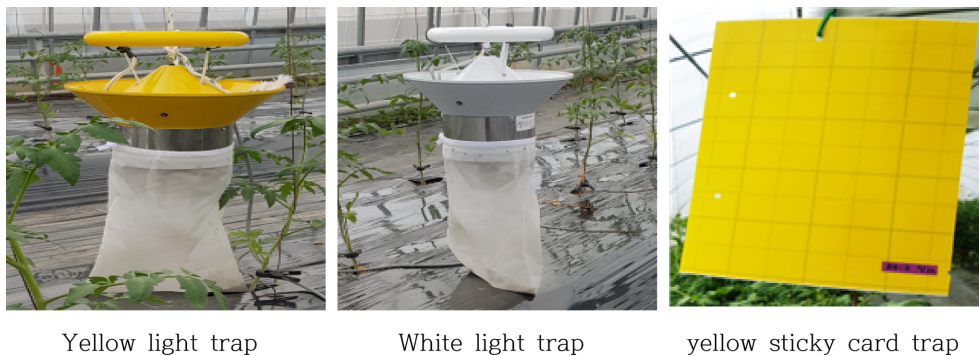


Fig. 1. Traps used in this study (590 nm yellow light, 450-625 nm white light and 30x25 cm yellow sticky card trap)

## 결 과

*B. tabaci*의 행동 반응시험에 사용된 유인광 트랩의 스펙트럼은 white light 트랩에서는 450-625nm를 나타내었고 yellow light 트랩에서는 590 nm를 나타내었다. 이들 트랩을 이용한 *B. tabaci* 성충에 대한 광원별 일일 포획 밀도 변화를 조사한 결과 yellow light 트랩에서 가장 높은 유인활성을 나타내었다. white light 트랩에서도 다량의 성충이 유인되었으나 yellow light 트랩과 비교시 유인력은 낮아 차이를 나타내었다(Table 1). 그러나, 대조구로 사용된 광원이 설치되지 않은 트랩의 경우 광원

Table 1. Attraction effects of three types of light traps against *Bemisia tabaci* adults in the greenhouse condition<sup>1)</sup>

Days	Number of insects(means ± SEM) <sup>2)</sup>		
	Yellow light trap	White light trap	No light trap
1	92.0±2.1a	47.3±2.0b	34.0±2.0b
2	85.3±1.5a	32.3±2.0b	28.1±2.0b
3	77.1±1.5a	31.3±1.0b	23.3±2.0b
4	69.1±1.0a	23.0±1.0b	21.7±2.0b
5	61.3±1.0a	13.7±0.5b	15.3±2.0b
6	54.0±2.0a	9.1±0.5b	11.0±0.5b
7	45.5±0.5a	5.5±0.5b	6.1±0.5b

<sup>1)</sup>Each value is the average of 3 determinations with 1,000 adult insects per replication.

<sup>2)</sup>Means followed by the same letter in same row are not significantly different (p=0.05).

이 설치된 light 트랩보다 적은 개체수가 포획되었다. 그리고 각각의 light 트랩 처리온실에서 8주 동안 유인 포집한 *B. tabaci* 개체수는 Fig. 2에 나타내었다. 처리기간 높게 유인 포획된 처리구는 yellow light 트랩처리구로 평균 트랩당 168.12±7.6마리이었고, white light trap 처리구에서는 106.20±4.6 마리로 다소 낮게 유인되었으며, 광원 미부착 light 트랩에서는 60.10±4.8 마리로 가장 낮았다. 또한, 각각의 처리구 상부에 부착한 노란색 점착 카드 트랩에 유인된 *B. tabaci* 개체수는 평균 43.3 마리로 비슷한 경향을 나타내었으나 yellow light 트랩 상부에 설치한 트랩에서 56 마리로 white light 트랩 상부의 44 마리보다는 다소 높게 나타났다. 또한 Tukey's test 검정결과 yellow lights±YST 처리구에서 가장 높게 포획된 *B. tabaci* 성충수는 white lights+YST과 no lights+YST 처리구와의 비교에서도 유의성을 나타내었다 (Fig. 2). 기주식물에서 증식한 *B. tabaci* 약충수를 성충 포획실험이 끝난 시기부터 1주일 간격으로 4주간 육안 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 1주차 *B. tabaci* 약충수는 white light 설치온실, yellow light 설치온실 및 light 무설치 온실에서 평균 1.0마리, 0.7마리, 3.1마리가 관찰되었으며, 2주차까지 light 트랩이 설치된 온실에 비해 무설치 온실에서 약충수가 빠르게 증가하였고 3주차에는 다소 억제되었으나 그 후 다시 증가하는 경향을 보였다.

## 고 찰

본 연구결과 전형적인 온실조건하에서 yellow와 white

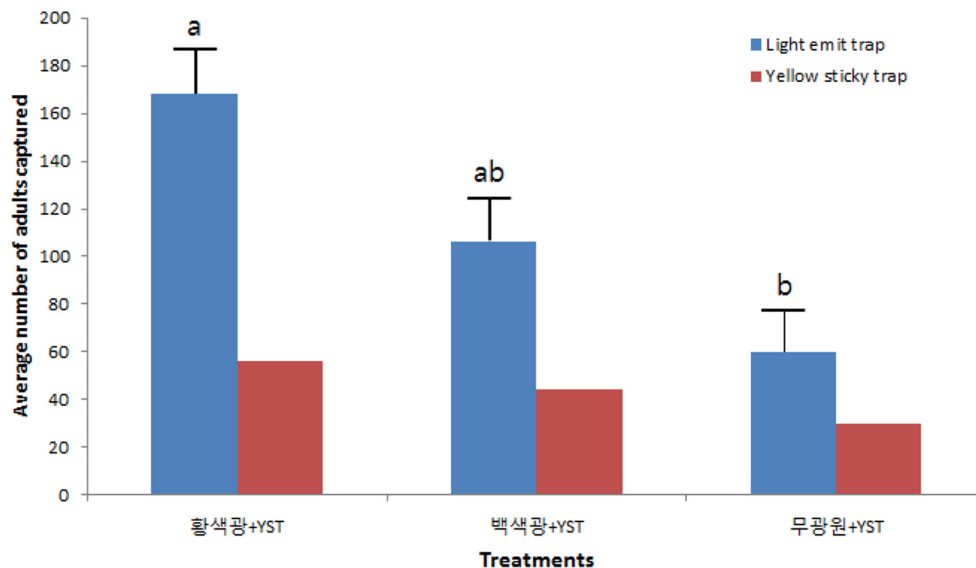


Fig. 2. Average number of adult tobacco whiteflies *B. tabaci* caught in insect net of light traps (Yellow lights+YST, White lights+YST) and a yellow sticky card trap without light during eight weeks in the tomato greenhouse. Vertical bars represent standard errors. Different letters above bars indicate that the treatments are significantly different (p< 0.05).

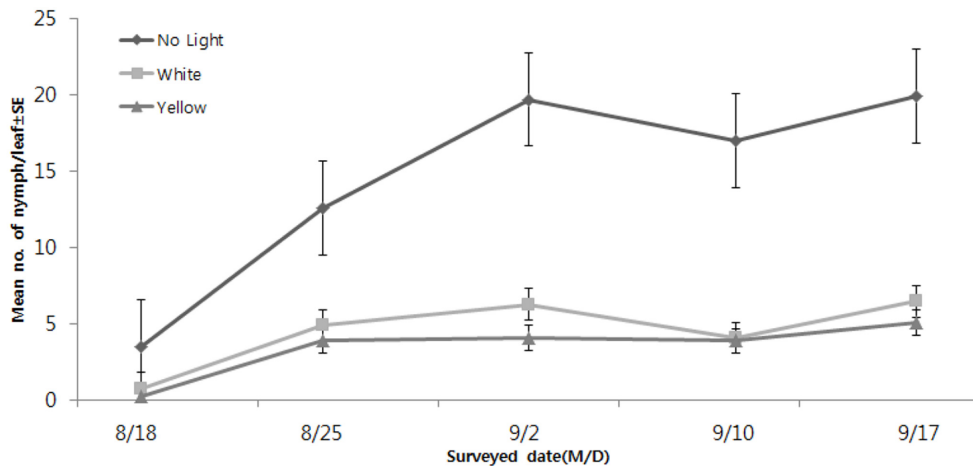


Fig. 3. Growth change of *Bemisia tabaci* nymph attached to the tomato leaves that were treated with light emitting trap for 90 days at 25 cm from the rows in greenhouses.

light 트랩에서 담배가루이(*Bemisia tabaci*)의 유인력이 높게 나타나는 것을 확인하였다. 또한, 가루이류의 성충이 yellow light 트랩에 유인되는 것은 green-yellow 파장 영역대(520-610nm)에서 빛의 굴절 및 반사에 주광성을 나타내기 때문인 것으로 보고되고 있다(Mutwiwa 등, 2005). Kim과 Lee (2012)는 *B. tabaci* 성충에 대한 주광성 행동 반응을 실내 검정을 통해 비교 검정하였는데, blue (470nm) light과 UV (370nm) light 및 black light 에서보다 yellow (590nm)와 green (520nm) light에서 우수한 유인 활성을 나타낸다고 보고하였다. 또한, Chu 등 (2003)은 황색 끈끈이트랩과 530nm light를 결합한 트랩이 기존 트랩에 비해 *B. tabaci* 포획 능력이 향상 되었다고 보고하였다. 이처럼 해충들의 유인 파장대는 Bishop 등(2004)의 연구에 의하면 시각적으로 인지하는 가시광선 영역대(350-700nm)로 알려져 있으며, 곤충 종에 따라 반응하는 파장이 다양하게 존재한다고 보고하였다. Coombe(1981)의 연구에 의하면 550nm의 green light는 가루이류가 유인 반응을 유발시키지만 400nm 또는 그 이하 파장범위의 단색광은 비활성 행동반응을 유발시킨다고 보고하고 있다. 본 시험에서도 yellow light와 노란색 점착트랩을 결합하여 처리되었을 때 *B. tabaci*가 활성반응을 유발하였고 더 나아가 light 트랩에서 유인 포획 개체수를 증가시켰다. Stukenberg 등 (2015)의 보고에 의하면 온실가루이(*T. vaporariorum*)의 주광성 행동 반응시험에서 특정파장인 녹색 light의 좁은 대역폭에 민감한 광 수용체를 갖고 있어 그것이 light에 의해 선택적으로 자극되어 유인행동을 보인 것이라고 설명하고 있다. 또한, UV광에 의한 낮은 파장 조건하에서의 해충 이주와 분산에 관한 연구에서도 녹색 light와 UV light가 결합된 트랩에서 온실가루이의 포획효율을

개선시킨 것은 UV 발사에 의한 이주유발과 녹색 light에 의한 유인 유발 등 영향을 나타낸다고 보고하고 있다(Mutwiwa 등, 2005; Gulidov와 Poehling 2013). 본 시험에서 *B. tabaci*에 대해 yellow light를 이용한 온실에서의 유인 활성을 검정한 결과는 이전 연구결과와 비슷함을 관찰 할 수 있었으며, 우수한 활성을 나타낸 파장대를 모두 포함하는 white light (450-625nm) 트랩에서는 yellow 트랩 보다는 유인력이 낮았으나 무광원 트랩보다는 높았기 때문에 *B. tabaci* 유인력을 갖고 있는 것으로 확인되었다. 한편, 시간이 경과함에 따라 light가 장착된 트랩에 포획되는 *B. tabaci* 성충의 개체수가 점차 감소하였는데, 이는 광원이 장착되지 않은 트랩에서와 유사한 밀도감소 양상을 나타내어 해충의 생활사에 의한 *B. tabaci* 성충 개체의 자연 감소임을 알 수 있었다. 따라서 본 실험 결과는 light 광원의 유인 활성에 의한 *B. tabaci* 개체 밀도가 감소됨을 증명하였으며, yellow light 처리가 white light 처리 보다 유인력이 높아 처리간에 유의성을 나타내었다. 성충 포획실험이 끝난 후 기주 식물에서 증식한 *B. tabaci* 약충수를 조사한 결과 2주차까지 light 무설치 온실에서 약충수가 빠르게 증가한 것은 light 트랩이 설치된 온실은 빛에 의해 *B. tabaci* 성충이 유인 및 포획되어 상대적으로 성충의 개체수가 감소되었기 때문에 약충 발생 밀도가 억제되는 것으로 생각 할 수 있다. 그러나 3주차 관찰결과 약충의 개체수가 약간 감소한 후 4주차에 다시 증가하였는데 이는 *B. tabaci*의 생활사를 고려해 보았을때, 처음 산란된 알이 성충으로 우화되는 시기 때문에 감소된 것으로 판단되었다.

이에 최근 농업에 문제가 되고 있는 나방류 및 노린재류와 같은 시설재배지 해충 방제를 위해 light가 결합된 트랩에서 해충들의 비행 유발과 비행방향에 영향을 나타

나게 하여 포획효율을 높이는 연구가 다양하게 이루어지고 있다(Mutwiwa 등, 2005; Gulidov와 Poehling 2013). 한편, light 트랩의 색상 변환은 기존 조명에 비해 특정 파장 및 광량을 조절 할 수 있으며, 전력 소모량도 낮아 경제적 이라는 장점을 가지기 때문에(Yeh과 Chung, 2009) 친환경적 해충 방제를 위한 수단으로 활용 될 가능성이 매우 높다.

본 연구에서 제시한 yellow light 및 white light 광원은 온실 시험을 통해 효과적으로 *B. tabaci* 성충을 유인 할 뿐만 아니라 그에 따른 약충의 밀도감소 양상을 보여주었다. 따라서, 시설재배지에서 이용되고 있는 yellow sticky card trap과 병용하면 보다 높은 유인 활성을 나타낼 수 있기 때문에 친환경적 해충방제를 위한 통합 해충관리(IPM; Intergrated Pest Management)의 일환으로 적용 될 수 있을 것으로 기대된다.

### 적 요

토마토 작물에 발생하는 *B. tabaci*에 대한 예찰을 위해 시설재배지뿐만 아니라 노지 재배에서도 노란색 점착 카드트랩이 주로 사용되고 있다. 그러나, 예찰트랩의 색상과 굴절되는 빛의 강도 및 환경 변화에 따라 *B. tabaci* 유인력은 차이를 나타내고 있다. 따라서, 온실에 발생하는 *B. tabaci* 성충에 대한 light 트랩의 시설 재배 지내의 이용 가능성을 평가하기 위해 white light (450-625nm) 및 yellow light (590nm) 트랩과 광원이 장착되지 않은 트랩을 이용하여 유인 활성을 비교하였다. 본 시험결과 광원별 *B. tabaci* 포획밀도는 yellow light 트랩(525 nm)에서 168±7.6(마리/트랩)로 가장 높은 유인 활성을 나타내었으며, white light 트랩에서는 106±4.6(마리/트랩)으로 다소 낮은 개체수가 포획되었다. 그러나 대조구로 사용된 광원이 설치되지 않은 트랩의 경우 광원이 설치된 트랩보다 적은 60±4.8(마리/트랩)의 개체수가 포획되었다. 따라서, yellow light trap과 white light 트랩에서 높은 *B. tabaci* 성충의 유인력을 나타내었다. 이러한 결과를 바탕으로 yellow light 및 white light 트랩이 토마토 시설 재배지에서의 *B. tabaci* 성충에 대한 친환경적 해충 방제법의 일환으로 적용 될 수 있을 것으로 판단되었다.

**추가 주제어** : light 트랩, 파장, 노란색 점착 카드트랩, 담배가루이

### 사 사

본 연구는 농촌진흥청 고유연구사업(과제번호: PJ011

3852016, 시설채소 재배지 가해 해충 발생소장 및 유인 살충 기술개발)의 지원에 의해 연구를 수행하였음.

### Literature Cited

- Bishop, A.L., R.J. Worrall, L.J. Spohr, H.J. Mckenzie and I.M. Barchia 2004. Improving light-trap efficiency for *Culicoides* spp. with light-emitting diodes. *Vet Ital* 40:266-269.
- Chu C.C., C.G. Jackson, P.J. Alexander, K. Karut and T.J. Henneberry. 2003. Plastic cup traps equipped with light-emitting diodes for monitoring adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 96:543-546.
- Coombe P.E, 1982. Visual behaviour of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. *Physiol. Entomol.* 7:243-251.
- González-zamora J.E., M.J. Bellido, D. Leira and C. Avilla. 2004. Evaluation of the effect of different insecticides on the survival and capacity of *Eretmocerus mundus* Mercet to control *Bemisia tabaci* (Gennadius) population. 23:611-618.
- Gu, X.S., W.J. Bu, W.H. Xu, B.M. Bai and T.X. Liu. 2008. Population suppression of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) using yellow sticky traps and *Eretmocerus nr. rajasthanicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) on tomato plants in greenhouses. *Insect Science*, 15:263-270.
- Gulidov S., and H.M. Poehling. 2013. Control of aphids and whiteflies on Brussels sprouts by means of UV-absorbing plastic films. *J. Plant Dis. Prot.* 120: 122-130.
- Jeon J.H., S.G. Lee and H.S. Lee. 2014. Efficiency of light Trap on Controlling Tobacco Whitefly, *Bemisia tabaci* Adults in Greenhouse. *J. Appl. Biol. Chem.* 57(3):243-245 (in Korean).
- Kim M.G., and H.S. Lee. 2012. Attraction effects of light trap to *Spodoptera exigua* adults in the greenhouse. *J. Appl. Biol. Chem.* 55:273-5 (in Korean).
- Kim M.G., J.Y. Yang, N.H. Chung and H.S. Lee. 2012. Photo-response of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae), to light emitting diodes. *J. Korean Sco. Appl. Bio. Chem.* 55:567-9 (in Korean).
- Lee S.W., M.K. Song, K.S. Ahn, Y.J. Kim, Y.S. Moon and H.N. Koo. 2013. Insecticidal activity and behavioral disorders by pyrifluquinazon to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. *J. Korean Pestic. Sci.* 17:33-40 (in Korean).
- Mutwiwa U.N., C. Borgemeister, B. Von Elsner and H. Tantau. 2005. Effects of UV-absorbing plastic films on greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal Economical Entomology.* 98:1221-1228.
- Navas-Castillo J., R. Camero, M. Bueno and E. Moriones. 2000. Severe yellowing outbreaks in tomato in Spain associated with infections of Tomato chlorosis virus. *Plant Dis.* 84:835-7.
- Park J.A., J.M. Seok, S.V. Parasad and Y.G. Kim. 2011. Sound stress alters physiological processes in digestion and immunity and enhances insecticide susceptibility of *Spodoptera*

- exigua*. J. Koe. Appl. Entomol. 50, 39-46 (in Korean).
- Park J.J., J.H. Lee, K.I. Shin, S.E. Lee and K.H. Cho. 2011. Geostatistical analysis of the attractive distance of two different sizes of yellow sticky traps for greenhouse whitefly(Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), in cherry tomato greenhouses. Australian Journal of Entomology. 50:144-151 (in Korean).
- Schubert E.F. and H.F. Yao. 2002. Light emitting diode: Research, manufacturing, and applications. VI. SPIE. Bellingham, Wash. 434 p.
- Stukenberg N., K. Gebauer and H.M. Poehling. 2015. Light emitting diode(light)-based trapping of the greenhouse whitefly(*Trialeurodes vaporariorum*). J. Appl. Entomol. 139:268-279.
- Yang Y.C., M.Y. Lim and H.S. Lee. 2003. Emodin isolated from *Cassia obtusifolia* (Leguminosae) seed shows larvicidal activity against three mosquito species. J. Agric. Food-Chem. 51:7629-7631 (in Korean).
- Yeh N and J.P. Chung. 2009. High-brightness lights-energy efficient lighting sources and their potential in indoor cultivation. Renew Sust Energy Rev 13:2175-2180 (in Korean).
- Zhang L.P., Y.J. Zhang, Q.J. Wu, B.Y. Xu and D. Chu. 2005. Analysis of genetic diversity among different geographical populations and determination of biotypes of *Bemisia tabaci* in China. J. Appl. Entomol. 129:121-128.