

## 토마토 온실에서 청색 발광 및 점착트랩을 이용한 온실가루이 유인 효과

이종섭 · 이재한 · 권준국 · 박경섭 · 김진현 · 이동수\*

국립원예특작과학원 시설원예연구소

### Attraction Effect of Blue Light Emitting Trap Combination of Sticky Trap for *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera : Aleyrodidae) Capture in Tomato Greenhouse

Jung Sup Lee, Jae Han Lee, Joon Kook Kwon, Kyoung Sub Park, Jin Hyun Kim, and Dong Soo Lee\*

Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, RDA, Haman 52054, Korea

**Abstract.** The effect of the trap equipped with diverse light-emitting lamp on the lure efficiency of whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) was investigated in the greenhouse cultivating tomato. The light-emitting lamp type equipped to trap was blue, yellow, and white light-emitting lamp. The experiment results showed that trap equipped with blue light-emitting lamp captured the most number of  $110 \pm 3.2$  adult whitefly and the number of captured adult whitefly was  $71 \pm 1.4$  at yellow light-emitting lamp trap and  $45 \pm 1$  at white light-emitting lamp trap respectively. The wavelength distribution band of blue light-emitting lamp was between 330 nm and 430 nm. The wavelength band of yellow and white light-emitting lamp contain repellent wavelength band at the same time. These results show that the trap equipped with blue light-emitting lamp could be used effectively for whitefly control and prevention in the greenhouse cultivating tomato.

**Additional key words :** aleyrodidae, blue sticky trap, light emitting trap wavelength, trap attraction.

## 서 론

온실가루이는 노린재목(Hemiptera), 진딧물아목(Stenomiryncha), 가루이과(Aleyrodidae)에 속하는 해충으로 시설 토마토 재배지에서 지속적으로 발생되고 있다(Lee 등, 2013; Chu 등, 2004). 온실가루이는 박과, 가지과 채소작물, 화훼류 및 관상식물의 잎에 성충과 유충의 형태로 서식하면서 작물의 수량을 감소시키고, 그을음병을 유발하여 생육을 저하시킨다(Carmelo, 2015). 또한, 생식용 과채류의 상품가치를 떨어뜨리고, 토마토 황화잎말림병(Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV)의 매개충이 되는(Navas-Castillo 등, 2000) 등 시설원예 작물의 주요 해충으로 알려져 있다(Polston 등, 1999). 가루이류의 경우 월동과 번식에 좋은 환경 조건이 제공 될 경우 연평균 10~15세대 이상을 경과하고, 정착 후에는 증식속도가 매우 빨라 일단 정착하게 되면 단기간에 피해를 발생시키며, 방제하기가 매우 어렵다(Lee 등, 2013). 국내 시설

재배 하우스에서 발생하는 온실가루이 방제는 주로 29종의 살충제에 의존하고 있으며(Lee 등, 2013) 살충제 연용에 의한 저항성 개체들의 출현 뿐 아니라 잔류농약 및 생산 비용의 증가로 경제적 부담은 큰 문제가 되고 있다(Palumbo 등, 2001; Gerling, 1990). 최근 살충제에 의존한 해충방제 기술의 대안으로 해충들이 가지고 있는 특정 광 파장에 따른 행동 반응을 이용한 방제 기술이 다양하게 연구되어지고 있다(Stukenburg 등, 2015; Manabu 등, 2014; Jeon 등, 2012; Tamulaitis 등, 2005; Chu 등, 2004; Junji 등, 2002). 그 중 발광을 이용한 유인 트랩은 높은 에너지 효율, 긴 수명, 낮은 발열 및 전력으로 구동이 가능하며, 파장을 선택적으로 조절 할 수 있다는 장점을 가지고 있어 연구가 활발히 진행되고 있다(Jeon 등, 2012; Yeh and Chung, 2009; Tamulaitis 등, 2005).

최근 광의 파장 또는 강도의 정밀한 조절이 가능한 발광트랩이 개발되어 있어 해충 방제에 이용이 기대되고 있다(Gu 등, 2008; Qui와 Ren, 2006; Riley와 Ciomperlik, 1997; Schubert와 Yao, 2002). 또한, Chu 등(2004)은 온실가루이가 두 개의 파장범위(400nm~490nm와 500nm~600nm)에서 유인되는 것을 확인하였다.

따라서, 토마토 온실가루이의 효과적인 유인 살충을

\*Corresponding author: tara0808@korea.kr

\*Received March 15, 2018; Revised July 9, 2018;

\*Accepted July 15, 2018

위해 청색, 황색 그리고 백색 발광트랩에 점착트랩을 조합하여 효율적인 발광 트랩이 개발 될 수 있다면 온실 가루이의 조기 예찰과 초기 방제가 가능하여 피해를 현저하게 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 이에 따라 본 연구는 시설 토마토 재배지에서 온실가루이 성충 모니터링 및 방제를 위한 새로운 트랩을 개발하고자 3종의 발광 트랩에 대한 온실가루이 유인 효과 실험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 온실가루이 준비

본 연구에 사용한 온실가루이(*T. vaporariorum*)는 2016년 국립원예특작과학원 원예특작환경과 해충관리연구실에서 바이러스 무보독 개체를 분양 받아 화분에 심겨진 토마토를 기주로 항온항습조건(25±5°C, 65±10% RH, 16L:8D)에서 살충제를 사용하지 않고 누대 사육하여 이용하였다.

### 2. 색상 및 파장별 발광트랩

온실가루이의 행동반응 시험에 사용된 발광램프(Hikari Bio Optoelectronics Co., LTD, Japan)의 가시적 색상은 청색광, 황색광 및 백색광이었으며, 이들 램프의 스펙트럼 분포는 분광측정 세트(Li-1800, Li-Cor, USA)을 이용하여 측정하였다. 청색광, 황색광 및 백색광 발광트랩의 스펙트럼 분포는 각각 330nm~470nm, 490nm~710nm, 330nm~1,000nm이었다. 발광램프별 광도는 광원에서 25cm 거리에서 광도계(Li-250A, Li-Cor, USA)를 이용하여 측정하였으며, 청색, 황색, 백색광 발광 트랩의 광도는 각각 1.3μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 15.0μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 4.3μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>이었다. 발광트랩의 광원장치는 30×30×35cm 크기로 알루미늄 반사판과 청색광, 백색광 및 황색광 발사 램프를

내장하였고 하단부에는 포집망을 설치하였다. 각각의 발광 트랩은 220V의 전원을 타이머에 연결하여 사용하였고 대조구는 광원을 설치하지 않고 트랩 하단부에 포집망만 설치하여 사용하였다. 발광 트랩은 Kim과 Lee(2012)에 의해 고안된 케이지형 포집망을 하단부에 부착하였고 일부는 본 연구 환경에 맞게 트랩을 수정 보완하여 사용하였다(Fig. 2).

### 3. 유인트랩 설치 및 온실가루이 성충 포집

발광트랩별 온실가루이의 유인력 측정은 2016년 5월 2일부터 9일까지, 그리고 6월 22일부터 8월 17일까지 2회에 걸쳐 수행되었다. 첫 번째 실험은 함안 시설재배연구소내의 45m<sup>2</sup>의 소형온실을 이용하여 청색광, 황색광, 백색광 트랩 처리구와 광원을 설치하지 않은 대조구를 각각 3반복으로 두어 실험을 실시하였으며, 두 번째 실

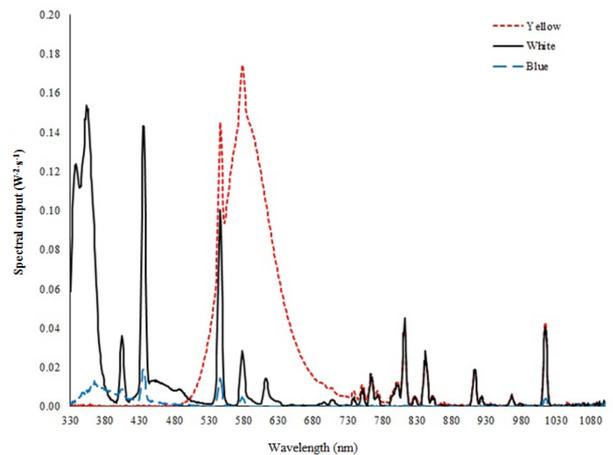


Fig. 1. Spectral reflectance of three types of colored light traps measured by a spectrophotometer.



A (blue light trap)



B (yellow light trap)



C (white light trap)

Fig. 2. Light and color sticky traps used in this study (A, 470 nm wavelength of blue light; B, 590 nm wavelength of yellow light; C, 450~625nm wavelength of white light and sticky trap).

험은 150m<sup>2</sup>의 비닐 온실에서 청색광, 황색광, 백색광 처리구와 광원을 설치하지 않은 대조구를 각각 3반복으로 두어 실험을 실시하였으며, 각각의 발광트랩 상부에는 광원과 동일한 색깔의 점착트랩을(35×25cm)을 재배작물의 높이에 각각 1.5m 간격으로 2개를 매달아 설치하였다(Fig. 2). 두 실험 모두 각각의 발광트랩은 식물체를 향하여 조사되도록 작동시켰다. 트랩장치 하단부에는 반투명 포집망을 부착하였다(Fig. 2). 공시 작물은 약제를 처리하지 않은 토마토를 사용하였으며, 각각의 처리구에 1반복당 20주씩 재식하였다. 발광트랩 설치 높이는 지표면 기준 이랑으로부터 25cm 부위에 상부로부터 와이어 줄로 매달아 설치하였다. 발광 트랩의 가동 시간은 조도 센서를 부착하여 오후 8시부터 오전 8시까지 작동시켰다. 온실가루이 접종은 성충 약 1,000마리를 각각의 처리구에 방사하였으며, 그 후 포획된 온실가루이 성충 개체수를 파악하여 유인 효과를 검증하였다.

기주 식물에서의 온실가루이 증식량을 조사하기 위해 성충 포집 활성화에 대한 개체수 조사가 종료된 8월 18일부터 9월 13일까지 기주 5주를 선발하여 1주당 2개의 잎에 부착된 온실가루이 약충 개체수를 육안으로 조사하였다. 조사 후 각각의 발광 트랩에서 얻어진 결과를 SPSS(ver. 12, SPSS INC., USA)를 이용하여 평균±표준편차 또는 백분율(%)로 결과 값을 나타내었다. 또한, 분산분석(ANOVA)을 이용하여 결과 값의 유의성을 검증하였으며, 사후 검정으로는 Tukey's HSD test를 사용하였다.

## 결 과

온실가루이를 접종한 이후 5월 2일부터 9일까지 일일 간격으로 각각의 광원에 의한 유인 활성을 7일간 매일 조사한 결과, 성충의 색체 광원별 일일 포획밀도 변화는 청색 발광트랩에서 트랩당 평균 100마리 이상의 개체수가 포획되어 가장 높은 유인활성을 나타내었으며, 황색 발광트랩에서는 청색 발광트랩 보다는 낮았으나 온실가루이가 반응하여 일일 평균 트랩당 71마리 이상의 개체수가 유인되었다(Table 1). 한편, 흰색광 트랩에서는 일일 트랩당 평균 45마리의 개체수가 포획되어 청색광 및 황색광 트랩보다 유인 개체수가 낮았다. 그러나 대조구로 사용된 광원이 설치되지 않은 트랩의 경우 광원이 설치된 발광트랩보다 현저히 적은 트랩당 평균 26 마리의 개체수가 포획되었다.

6월 22일부터 8월 17일까지 청색과 황색, 백색의 각각 발광트랩에서 8주 동안 유인 포집한 온실가루이 개체수를 조사한 결과 청색광과 황색광 트랩에서 각각 트랩당 215마리, 170마리가 유인되었으며 백색광 트랩에서는 112마리로 청색 및 황색광 트랩보다 낮았다(Fig. 2). 그

러나 광원이 부착되지 않은 트랩에서는 평균 64 마리로 처리구중 가장 낮았다. 이러한 결과는 처리 기간 동안 포획된 온실가루이 개체수는 처리구간에  $F=13.69$ ;  $df=3$ ;  $P=0.003$ 으로 유의한 차이를 나타내었다. Tukey's test 검정 결과에서도 포획 성충수는 청색광+YST 처리구에서 가장 높아 유의성을 나타내었다(Fig. 3). 그러나, 각각의 발광트랩 상부에 부착한 동일한 색깔의 점착 트랩에 유인된 개체수는 처리구간 유의적 차이가 나타나지 않았다. 기주 식물에서 증식한 온실가루이 약충수를 성충 포획실험이 끝난 시기부터 1주일 간격으로 4주간 육안 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 1주차에는 청색 발광트랩, 황색발광 트랩 및 백색발광 트랩에서 각각 0.3, 0.5 및 0.8마리로 유인 밀도가 매우 낮았으나 증가하는 속도는 발광트랩 처리구에서 보다 무광원 처리구에서 높았다. 3주차에서는 다소 증가속도가 억제되었다가 그 후 다시 증가하는 경향을 나타내었다.

## 고 찰

발광트랩이 온실 내 온실가루이 성충 유인에 미치는 효과에 대해 알아보고자 실험을 수행한 결과, 2회에 걸친 연구결과 모두에서 청색과 황색광 발광 트랩에서 온실가루이(*T. vaporariorum*) 유인에 효과가 높음을 알 수 있었다. 특히, 청색광 발광 트랩 처리구에서 다른 발광 트랩 처리구들에 비해 월등히 높았다(Table 1, Fig. 3). 이러한 결과로 보아 청색광 발광트랩은 온실가루이 성충을 야간에 유인하는 효과가 현저하게 높은 것으로 생각되어진다. 성충 유인수는 청색, 황색 및 백색광 발광트랩별로 평균 109.6, 70.6 및 45.3마리 순서로 높게 나타났다(Table 1). 청색광 발광트랩과 황색광 발광트랩에서 유인된 성충수의 비율은 각각 38.3%와 30.3%로 백색광 발광 트랩에서의 20%보다 높았다(Fig. 3). 온실가루이의 눈은 365nm에서 380nm의 파장에 대해 민감하게 반응하며, UV 파장영역을 차단하는 비닐을 사용한 온실에서는 온실가루이의 운동능력이 억제되어 온실 내부로의 이동 확산이 현저하게 감소된다고 보고된 바 있다(Antignus 등, 2001; Mellor 등, 1997; Shinkaji 등, 1983). 또한 온실가루이 성충은 470nm와 590nm사이에서 빛의 굴절 및 반사에 주광성을 나타내는데(Coombe, 1982; Mellor 등, 1997; Mutwiwa 등, 2005), Stukenberg 등(2015)은 온실가루이(*T. vaporariorum*)의 주광성 행동반응 시험에서 온실가루이는 특정 파장대역폭에 민감한 광 수용체를 갖고 있으며 그것이 발광 광원에 의해 선택적으로 자극되어 유인행동을 보인다고 하였다. Green LED와 Blue LED를 함께 사용 할 경우 Green LED의 유인효과가 감소한 반면 UV LED를 사용 할 경우는 유인효과가 높았

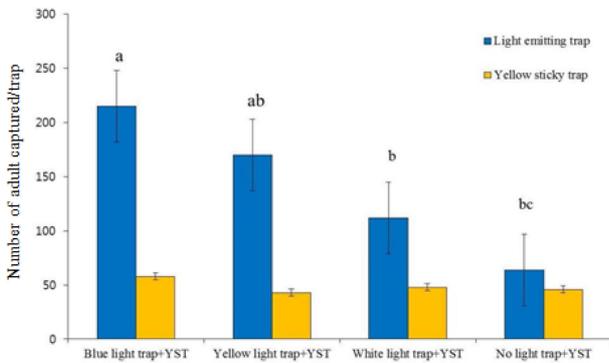
**Table 1.** Attraction effects of four types of light traps against *Trialeurodes vaporariorum* adults in the greenhouse for tomato cultivation.

Days <sup>z</sup>	Number of insects (means ± SEM) <sup>y</sup>			
	Blue light trap	Yellow light trap	White light trap	No light trap
1	125.1±5.2a <sup>x</sup>	88.9±3.0ab	51.4±2.0bc	36.0±2.0c
2	120.5±4.5a	79.5±1.5ab	49.6±2.0bc	35.8±2.0c
3	112.7±4.1a	73.7±1.5ab	47.2±1.0bc	32.3±1.5c
4	109.6±3.3a	68.9±1.5b	45.2±1.0bc	27.2±1.5c
5	107.1±2.1a	65.1±1.0b	43.2±1.0bc	21.1±1.0c
6	97.4±2.3a	61.4±1.0b	41.2±0.5bc	18.1±1.0c
7	94.5±1.1a	56.5±0.5b	39.0±0.5c	10.3±0.5c

<sup>z</sup>Days after treatment.

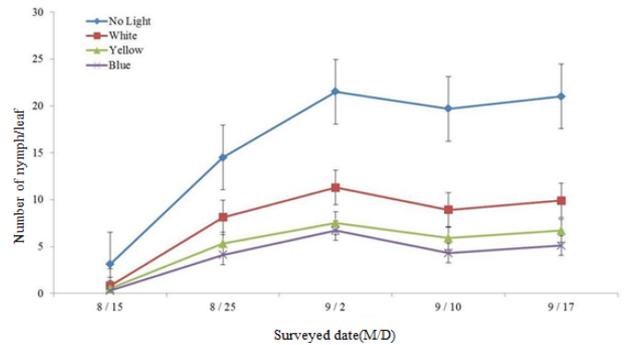
<sup>y</sup>Each value is the average of 3 determinations with 1,000 adult insects per replication.

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



**Fig. 3.** Average number of adult *T. vaporariorum* that were captured by traps attached with a colored sticky board and an light emitting trap for eight weeks in tomato greenhouse. Vertical bars represent standard error of the means. Columns followed by different letters above bars are significantly different at a 5% level by Tukey's HSD test in each light emitting trap.

다고 보고하여 온실가루이는 주로 UV 파장영역에서 반응성이 높고, 유인효과 또한 높다고 보고하였다. 그러나 이와 반대로 474nm의 Blue 영역의 파장대는 반대로 유인효과를 감소시킨다고 하였다. 온실가루이의 광 파장 영역에 따른 활동력과 관련하여 Antigus (2000)는 온실가루이의 활동력이 610nm와 700nm 사이의 파장범위에서 억제된다고 하였으며, Affeldt 등(1983)은 400nm~490nm의 파장에 의해 활동이 억제되며, 온실가루이의 비행 방향은 파장에 의해 결정되어 진다고 보고한 바 있다. 위 연구 결과들을 고려해 볼 때, 본 실험에서 백색 발광트랩의 성충 유인수가 청색 발광트랩보다 낮은 원인은 백색광 트랩의 파장분포가 유인효과가 있는 파장영역에도 분포하고 있으나, 상대적으로 온실가루이의 활동력을 억제한다고 보고된 400nm와 490nm사이의 영역과 630nm와



**Fig. 4.** Number of nymph per leaf of *Trialeurodes vaporariorum* nymph attached to the tomato leaves that were treated with light emitting trap.

1,000nm사이의 영역에 높게 동시에 분포하고 있기 때문으로 판단된다. 그리고 청색광 발광트랩에 비해 황색광 발광트랩의 유인효과가 낮게 나타난 것 역시, 황색광 트랩의 파장분포가 유인효과가 높다고 알려진 520nm와 610nm범위에 존재하고 있으나 반면에 억제효과가 높다고 알려진 630nm이후의 영역도 동시에 높게 분포하기 때문인 것으로 판단된다. 발광트랩의 광도는 청색광, 황색광, 백색광 발광트랩이 각각  $1.3\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 황색광 발광트랩은  $15.0\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 백색광 발광트랩은  $4.3\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  이었는데, 상대적으로 광도수준이 가장 낮았던 청색광 발광트랩에서 유인율이 높았던 것은 온실가루이가 광도보다는 광파장의 영역에 더욱 민감하게 반응하는 것으로 판단된다. 곤충의 활동력과 관련한 연구에서 곤충은 선천적으로 색채에 민감하게 반응하며, 광도 자체보다는 파장의 변화에 민감하다고 보고된 바(Brisco와 Chittka 2001; Keller와 Osorio 2010)있는데 이는 본 실험에서 광도는 낮으나 광파장이 UV영역대에 분포하는 청색광

발광트랩에서 높은 유인결과를 뒷받침하여 본 연구 결과와도 일치하였다. 한편, 각각의 발광트랩 위에 설치한 점착트랩에서 포획된 성충수는 무광원 트랩에서의 유인 밀도와 유사한 수준으로 발광 트랩의 파장에 따른 차이는 나타나지 않았다(Fig. 3). 청색 발광트랩 조사구와 점착트랩을 설치한 처리구에서 유인 성충수가 높았다. 기존의 연구결과와 본 연구결과를 종합해 볼 때 점착트랩과 청색 발광트랩을 조합 할 경우 토마토 온실가루이에 대해 유인력이 높은 트랩이 만들어 질 수 있을 것이라 판단된다. 이와 관련하여 효율적인 유인이 가능한 파장 영역 또는 광 강도에 대한 추가적인 검토가 필요하다고 판단된다. 한편, 시간이 경과함에 따라 광원이 장착된 발광트랩에 포획되는 온실가루이 성충의 개체수가 점차 감소하였는데, 이는 무광원 트랩에서와 유사한 밀도감소 양상을 나타내어 해충의 생활사에 의한 성충 개체의 자연 감소임을 알 수 있었다. 성충 포획실험이 끝난 후 기주 식물에서 증식한 온실가루이 약충수를 조사한 결과 2주차까지 무광원 트랩에서 약충수가 빠르게 증가한 것은 광원 설치트랩이 장착된 온실에서 빛에 의해 온실가루이 성충이 유인 및 포획되어 상대적으로 성충의 개체수가 감소되었기 때문에 약충 발생 밀도가 억제되었다고 생각된다. 그러나 3주차 관찰결과 약충의 개체수가 약간 감소한 후 4주차에 다시 증가하였는데 이는 온실가루이의 생활사를 고려해 볼 때, 처음 산란된 알이 성충으로 우화되는 시기이기 때문에 감소된 것으로 판단되었다.

결론적으로 발광 트랩은 해충 유인력 향상을 위한 색상 변환으로 기존 조명에 비해 특정파장 및 광량을 조절 할 수 있으며, 전력 소모량도 낮아 경제적 이라는 장점을 가지기 때문에(Yeh와 Chung, 2009) 친환경적 해충 방제를 위한 수단으로 활용 될 가능성이 매우 높다. 본 연구에서 제시한 청색광 및 황색광 발광트랩을 이용한 시험 결과에서 효과적으로 온실가루이 성충을 유인 할 뿐만 아니라 그에 따른 약충의 밀도감소 양상을 보여 주었다. 따라서, 시설 재배지에서 기존에 이용되고 있는 황색 점착트랩과 온실가루이의 활동력을 억제하는 파장을 제외한 UV 파장 영역을 가지는 청색광 발광트랩을 병용하면 보다 높은 유인 활성을 나타낼 수 있기 때문에 해충방제를 위한 통합 해충종합관리(IPM; Integrated Pest Management)의 일환으로서 적용 될 수 있을 것으로 기대된다.

## 적 요

시설 토마토 온실에서 다양한 발광 램프가 장착된 트랩을 가지고 온실가루이의 유인 효과에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 설치된 램프의 종류는 청색, 황색

그리고 흰색 발광 램프가 장착된 트랩을 이용하였다. 실험 결과 청색 발광 램프가 설치된 트랩에서 110마리로 가장 많은 온실가루이 성충이 유인되었고 황색램프 트랩과 흰색램프 트랩에서는 각각 71마리와 45마리가 포획되었다. 이때 청색 발광램프 트랩의 파장대역은 330nm에서 430nm를 나타내었다. 그러나, 황색광과 흰색광 발광램프 트랩에서도 청색광 램프의 파장대역을 가지고는 있었으나 한편으로 온실가루이가 회피하는 파장대역 또한 동시에 포함하고 있었다. 이 결과 이들 두 개의 트랩에서 보다 청색광 발광트랩이 유인 포획률이 높아 시설 토마토 온실에서 온실가루이의 방제와 예찰에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 판단되었다.

**추가 주제어:** 가루이과, 청색점착트랩, 발광트랩, 파장, 해충유인

## 사 사

본 연구 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 시설 원예재배지 작물 가해 해충 유인 및 기피 실용기술 개발, 세부과제번호: PJ1138504)의 지원에 의해 이루어진 것임

## Literature Cited

- Antignus, Y. 2000. Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. *Virus Research* 71:213-230.
- Antignus, Y., D. Nestel, S. Cohen, and M. Lapidot. 2001. Ultraviolet-deficient greenhouse environment affects whitefly attraction and flight-behavior. *Environmental Entomology* 30:394-399.
- Briscoe A.D. and L. Chittka. 2001. The evolution of color vision in insects. *Annu. Rev. Entomol.* 46:471-510.
- Carmelo, P.B. 2015. Effect of environmental factors on the flight activity of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) under greenhouse conditions. *Entomological Science* 18:207-216.
- Chen, T.Y., C.C. Chu, G. Fitzgerald, E.T. Natwick, and T.J. Henneberry. 2004. Trap Evaluations for Thrips (*Thysanoptera: Thripidae*) and Hoverflies (Diptera: Syrphidae) *Environ. Entomol.* 33:1416-1420.
- Chu C. C., M.S. Alvin, T.Y. Chen, P.J. Alexander, and T.J. Henneberry. 2004. Lime green light emitting diode equipped yellow sticky card traps for monitoring whiteflies, aphids and fungus gnats in greenhouses. *Entomologia Sinica* 11:125-133.
- Coombe, P. E. 1982. Visual behaviour of the greenhouse

- whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. *Physiological Entomology* 7(3):243-251.
- Gerling, D. 1990. Natural Enemies of whiteflies: Predators and Parasitoids. En: Gerling, D. (ed.), *Whiteflies: their bio-nomics, pest status and management*. Intercept, Andover UK. 147-186.
- Gu, X.S., W.J. Bu, W.H. Xu, Y.C. Bai, B.M. Liu, 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.
- Jeon, J.H., M.S. Oh, K.S. Cho, and H.S. Lee. 2012. Phototactic response of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae), to light emitting diodes. *J Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.* 55:35-39.
- Junji, H., A. Makoto, N. Tomoki, M. Toshio, Y. Tetsuo, and I. Hiroki. 2002. Studies on the control of insect pests using illuminators made from ultra-high luminance light-emitting diodes. Characteristics of insect electro retina grams (EGR) with respect to wavelength and frequency of pulsed light stimuli. *J. Jpn. Soc. Agric. Mach.* 64:76-82.
- Kelber A. and D. Osorio. 2010. From spectral information to animal colour vision: experiments and concepts. *Proc. Biol. Sci.* 277:1617-1625
- Kim, M.G., and H.S. Lee. 2012. Attraction effects of light trap to *Spodoptera exigua* adults in the greenhouse. *J. Appl. Biol. Chem.* 55:273-275.
- 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*. *Kor. J. Pestic. Sci.* 17:33-40.
- Mellor, H. E., J. Bellingham, and M. Anderson. 1997. Spectral efficiency of the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa* its hymenopteran parasitoid. *Entomologia Experimentalis et Applicata.* 83:11-20.
- Mutwiwa, U.N. C. Borgemeister, B. Vonelsner, 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.* 84:835-837.
- Palumbo, J.C., A.R. Horowitz, and N. Praghaker. 2001. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20:739-765.
- Polston, J.E., R.J. McGovern, and L.G. Brown. 1999. Introduction of Tomato yellow leaf curl virus in Florida and implications for the spread of this and other geminiviruses of tomato. *Plant Disease* 83:984-988.
- Qui, B.L. and S.X. Ren. 2006. Using yellow sticky traps to inspect population dynamics of *Bemisia tabaci* and its parasitoids. *Chinese Bulletin of Entomology* 43:53-56.
- Riley, D. G. and M.A. Ciomperlik. 1997. Regional population dynamics of whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and associated parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae). *Environmental Entomology* 26:1049-1055.
- Schubert, E. F. and H.F. Yao. 2002. Light emitting diode: Research, manufacturing, and applications. VI. SPIE. Bellingham, Wash.
- Shinkaji, N., T. Fujiwara, and H. Amano. 1983. The effects of the vinyl film absorbing ultraviolet to alighting of adult of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on cucumber in the plastic house, pp. 99-105. Technical Bulletin, Faculty of Horticulture, Chiba University, Japan.
- 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.
- Tamulaitis G, P. Duchovskis, Z. Bliznika, K. Breive, R. Ulinskaite, and A. Brazaityte. 2005. High-power light-emitting diode based facility for plant cultivation. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 38:3182-3187.
- Yeh, N. and J.P. Chung. 2009. High-brightness lights-energy efficient lighting sources and their potential in indoor cultivation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 13:2175-2180.