

토마토 재배지 성페로몬 및 LED 유인 트랩을 이용한 파밤나방 (*Spodoptera exigua*)과 담배거세미나방(*Spodoptera litura*) 대량 포획

이중섭¹ · 방지웅² · 이재한² · 장혜숙^{3*}

¹국립원예특작과학원 시설원예연구소 연구관, ²국립원예특작과학원 시설원예연구소 연구사,

³국립원예특작과학원 시설원예연구소 전문연구원

Attraction Effects of Sex Pheromone and LED Mass-Trap to *Spodoptera exigua* and *Spodoptera litura* (Fabricius) Adults around the Tomato Greenhouse

Jung Sup Lee¹, Ji Wong Bang², Jae Han Lee², and Hye Sook Jang^{3*}

¹Senior Researcher, Protected Horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Haman 52054, Korea

²Researcher, Protected Horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Haman 52054, Korea

³RDA Research Associate, Protected Horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Haman 52054, Korea

Abstract. The attraction effects of light emitting diode (LED) trap to *Spodoptera exigua* and *Spodoptera litura* adults were evaluated in greenhouse and compared with those of no light trap, which is typical used in commercial trap. At this time, in order to attract these two species of moths, sex pheromone traps were installed at the top side according to the degree of tomato growth inside the tomato cultivation greenhouse around the LED trap. In addition, two types of light-emitting traps (420 nm, 470 nm) were installed in the greenhouse at 1/40 m², respectively. Also two sex pheromone were installed inside of the greenhouse according to the height of the tomato plants. 10 days later, Blue-light trap (BLB, 470 nm wavelength) was 3.1 – 3.5 times more attractive than Violet-light trap (VLB, 420 nm wavelength) in *S. exigua* (105.6 ± 7.3) and *S. litura* (42.0 ± 3.1) respectively, whereas the no-light trap was little attractive to *S. exigua* (33.7 ± 2.8) and *S. litura* (12.0 ± 1.5). On the other hand, after the installation of the sex pheromone trap and the LED trap, there was no damage to *S. litura* (Fabricius) and *S. exigua* in the pesticide-free area, indicating a high possibility of control. At this time, the operating cost of the two types of LED traps was 80 won/m² per unit area, and it was confirmed that both types of moths could be controlled. In addition, as a result of confirming the number of two types of moths caught in the sexual pheromone trap and two types of LED traps after 4 months, it was judged that eco-friendly control was possible as more than 373 moths/trap were attracted to the two types of moths.

Additional key words : insect attraction, LED trap, mass trapping, sex pheromone, *Spodoptera exigua*, *Spodoptera litura*

서 론

시설채소 작물은 대부분 연중 온실에서 재배할 수 있기 때문에 생육 중 질병이나 해충에 의한 피해가 자주 발생하게 되는 데 이때 발생 원인을 조기에 진단하는 것은 매우 중요한 일이다. 파밤나방과 담배거세미나방은 생태·생리적 특성에서 많은 공통점을 가지고 있다(Choi 등, 2005). 시설온실에서 재배

되고 있는 채소 작물에 많이 발생하여 피해를 나타내는 파밤나방(*Spodoptera exigua*)과 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)은 나비목(Lepidoptera), 밤나방과(Noctuidae) *Spodoptera* 속에 속하는 해충으로 기주 범위가 광범위하여 파속작물 이외에 토마토, 딸기, 양파, 감자, 고추 등 거의 모든 작물을 가해하는 광폭식성 농업 해충으로 알려져 있다(Bae 등, 1997; Bhoneung 등, 2009; Goh 등, 1991). 우리나라의 경우 경남, 전남 등 주로 남부지방의 시설재배 밀집지역에서 발생하고 있다고 알려져 있으나(Bae 등, 2007), 최근 시설재배지 증가에 따라 온실 내에서는 지역과 시기를 불문하고 나방류에 의해

*Corresponding author: jhs915@korea.kr

Received December 15, 2021; Revised January 12, 2022;

Accepted January 12, 2022

연중 피해가 발생되고 있다(Goh 등, 1991). 연중 대량 피해를 일으키는 파밤나방의 빠른 증식에 대응하기 위한 무분별한 화학농약의 살포가 이루어지고 있어, 이들 가운데 저항성 개체 선발이 비교적 용이한 화학 농약에 대해 농약 저항성이 나타나는 것으로 알려져 있다(Byrne와 Toscano, 2001; Kim 등, 1997). 이러한 화학적 방제법의 단점을 보완하기 위한 비화학적 온실 해충방제법으로 점착 카드트랩(Yellow sticky card trap), 스트레스 음파, 특정 광원 등을 이용한 친환경 물리적 해충방제 개발에 많은 연구가 꾸준히 진행되고 있다(Chu 등, 2003; Kim 등, 2012; Park 등, 2011). 그중에서도 특히 기존 광원의 에너지 효율을 높이고 선택적인 파장 조절이 가능한 발광트랩이나 화학통신 수단인 페로몬을 활용한 친환경 해충방제 연구가 주목받고 있다(Kim, 2021; Kim과 Lee, 2012; Yeh과 Chung, 2009). 성페로몬은 주로 촉각에 존재하는 곤충의 화학 감각기를 이용하여 성페로몬 성분을 감지하며, 곤충 중 특이적으로 교미신호를 전달하는 화학신호물질이다. 이러한 곤충은 성페로몬 화학물질을 받아들이는 특이적 수용체를 지니고 있으며, 성페로몬이 이 수용체에 결합하면서 감각전위를 발생시킨다. 이는 대뇌로 전달되어 정보 인식을 통해 교미행동을 유발하게 하며, 성페로몬은 화학통신의 수단으로 반대 성을 유인한다(Kim, 2021).

시설온실에서 작물 생육기에 광을 조사하는 것은 광합성 증진과 지표식물의 스크린 연구 등에서도 사용되어 왔지만 파밤나방(*S. exigua*)이나 담배거세미나방(*S. litura*)이 조사된 광조건에 어떻게 반응하는가에 대한 연구는 아직까지 부족한 실정이다(Schubert와 Yao, 2002). 일반적으로 곤충이 시각적

으로 인지하는 파장은 350 – 700nm의 가시광선 영역대로 알려져 있으며, 곤충 종에 따라 반응하는 파장이 다양하게 존재한다(Bishop 등, 2004). 이에 최근 농업에 문제가 되고 있는 나방류나 노린재류와 같은 시설재배지 해충방제를 위하여 발광트랩을 이용해 포획 효율을 높이는 연구도 다양하게 이루어지고 있다(Gulidov와 Poehling, 2013; Mutwiwa 등, 2005). 또한 발광 트랩의 색상 변환은 기존 조명에 비해 특정파장과 광량 조절이 가능하고, 전력 소모량도 적어 경제적이기 때문에(Yeh과 Chung, 2009) 친환경적 해충방제를 위해 활용될 가능성이 매우 높다. 이에 본 연구에서는 경제적 피해가 심한 나방류 방제를 위하여 살충제 사용 대신 성페로몬 및 LED 트랩을 이용하여 토마토 재배 시설온실내 나방류 유인 포획 정도를 구명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험연구

시설원에 재배지에 발생하는 해충 나방류들이 가시광선 영역의 빛을 인지하고 파장에 따라 다른 행동반응을 나타내는 것을 이용하여 나방류 방제에 활용하였다. 이를 위해 선택적인 파장 조절이 가능하고 높은 에너지 효율을 나타내는 LED (Light emitting diode)를 주광성 반응을 보이는 나방류 해충의 유인 활성광원으로 사용하였다. 실험은 Blue-light trap 광원(BLB, Green agro-technology Korea, 470nm wavelength)과 Violet-light trap 광원(VLB, agricultural system Korea, 420nm wavelength), 그리고 No-light trap을 대조군으로 하였으며, 각각의 트랩 중앙부에는 나방류 해충이 쉽게 유인되도록 2종의 LED 조명을 설치하였다. 또한, 유인된 나방류들이 내부로 흡입되도록 조명등 밑에 회전모터(AC 220V, DC 12V)를 설치하였으며 그 하부에는 나방류 해충 포집망(0.4mm: 40mesh)을 부착하였다. 2종의 LED 트랩은 토마토 재배 하우스 외곽 20m 떨어진 부분에 지면으로부터 1.5m 높이로 각각 설치하였다(Fig. 1). 시설온실은 온실내에 해충이 유입하지 못하도록 방충망을 측창에 설치하여 작물을 재배하고 있지만 온실 출입구 또는 천창에는 설치되어 있지 않아 나방류의 유입이 발생되고 있다. 따라서 토마토 재배온실 안쪽에 온실내에 유입되는 이들 두 종의 나방류 유인을 위해 성페로몬 트랩(시판용 삼각 델타트랩)을 재배 작물 위 30 – 50cm 높이에 설치한 후 작물의 성장높이에 따라 조절하였으며, 델타트랩간에는 10a당 약 50m 간격으로 삼각 델타 트랩 2개를 설치하였다. 한편, 성페로몬 물질은 트랩 중앙부위에 성페로몬 성분을 부착하였고 약 60일 사용 후에는 주기적으로 교체하였다. 그 후 LED 트랩과 성페로몬 트랩의 포집망에 유인된 나방류의

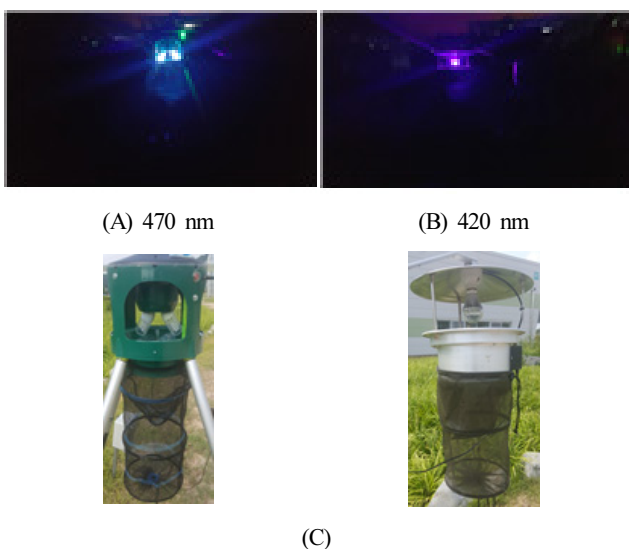


Fig. 1. Traps used in this study. (A) BLB-LED trap; (B) VLB-LED trap; (C) No-light trap.

성충수를 조사하여 유인효과를 검증하였다.

2. 통계분석

연구에서 수집된 자료는 IBM SPSS statistics 25 프로그램을 이용하여 분석하였다. No-light, 2종의 LED 트랩에 유인된 두 종류 나방의 개체 수 간 비교는 일원배치분산분석, LSD로 유의성을 검증하였고, 두 종류의 나방류 포획 수와 손상된 토마토 식물 간 비교는 일원배치분산분석, Tukey's multiple range test(arcsin 변환)로 유의성을 검증하였으며, Pearson's 상관관계 분석을 하였다. 토마토 온실 내부에 설치된 성페로몬 트랩별 포획된 두 종류의 나방 수 차이는 독립 t-test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 2종의 LED 트랩에 유인된 두 종류 나방의 개체 수

2종의 LED 트랩의 경우 유인되는 두 종류 나방의 개체 수가 꾸준히 증가하였다. 2종의 LED 트랩에 유인된 두 종류 나방 개체 수의 10일간의 변화를 살펴보면 파밤나방(*S. exigua*)의 경우 대조구(No-light trap)보다 BLB(Blue-light) 트랩 광원 8.9배(105.6마리), VLB(Violet-light) 트랩 광원 2.8배(42.0마리) 높게 유인되었고, 담배거세미나방(*S. litura*)은 대조구(No-light trap)보다 BLB(Blue-light) 트랩 광원은 5.3배(33.7마리), VLB 트랩 광원은 1.5배(12.0마리) 높은 유인 활성을 나타내었다. 또한 2종의 LED 트랩 중에서도 BLB 트랩 광원

이 VLB 트랩 광원보다 파밤나방은 3.1배, 담배거세미나방은 3.5배 높은 유인 활성을 나타내었다. 반면 대조구에서는 시험 진행 10일 동안 파밤나방이 총 11.9마리, 담배거세미나방이 총 8.0마리가 포획되었을 뿐 유의할 만한 결과는 나타나지 않았다(Table 1). 따라서 10일간 대조구 총 19.9마리, 2종의 LED 광원 트랩에서는 총 193.3마리가 포획된 것으로 나타났다. BLB 트랩은 설치 2일째부터 10일째까지 대조구 트랩보다 두 종류의 나방 모두 통계적으로 유의하게 높은 활성이 관찰되었고, VLB 트랩은 파밤나방의 경우 6일째부터, 담배거세미나방의 경우에는 10일째날에 대조구보다 높은 활성이 나타난 것으로 볼 수 있었다.

또한 총 10일 동안의 유인된 나방 수의 평균 비교 결과, 파밤나방은 대조구에서 2.38마리, BLB 트랩 광원에서 21.12마리, VLB 트랩 광원에서 6.74마리로 나타났으며, 통계적으로 유의하지 않았고, 담배거세미나방은 대조구에서 1.60마리, BLB 트랩 광원에서 8.40마리, VLB 트랩 광원에서 2.40마리로 나타났으며($F=22.424, p<.001$) 통계적으로 유의하였다(Table 2). 그 이후 지속적인 조사에서도 가시광선 영역의 파장을 방출하는 BLB LED 트랩에서 초기부터 지속적으로 유인 개체 수가 증가한 것은 빛에 민감한 반응을 유발하여 대조구보다 더 높은 유인 활성을 나타낸 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 LED에 대한 파밤나방의 행동반응 실내 실험 결과, 파밤나방은 광에 대해 주광성 행동반응을 나타냈으며, 기존 광원보다 우수한 유인활성을 나타내었다는 Oh 등(2011)의

Table 1. Attraction effects of two types of LED traps to *Spodoptera exigua* and *Spodoptera litura* in the greenhouse.

Days	Number of insects/trap/day (means ± SEM)*					
	<i>S. exigua</i>			<i>S. litura</i>		
	No-light	BLB LED	VLB LED	No-light	BLB LED	VLB LED
2	1.3 ± 0.1 a	3.1 ± 0.2 bc	2.0 ± 0.1 ab	0.5 ± 0.1 a	5.1 ± 0.1 b	1.0 ± 0.1 ab
4	1.3 ± 0.1 a	8.1 ± 0.6 bc	5.3 ± 0.3 ab	1.5 ± 0.1 a	7.3 ± 0.5 bc	1.0 ± 0.1 ab
6	2.3 ± 0.3 a	13.3 ± 1.1 bc	7.1 ± 0.5 b	1.5 ± 0.3 a	8.3 ± 0.7 bc	1.8 ± 0.3 ab
8	3.3 ± 0.3 a	25.8 ± 2.5 c	9.1 ± 0.7 b	2.0 ± 0.5 a	10.0 ± 0.9 c	3.2 ± 0.5 ab
10	3.7 ± 0.5 a	55.3 ± 2.9 c	10.2 ± 1.2 b	2.5 ± 0.5 a	11.3 ± 0.9 c	5.0 ± 0.5 b
Total	105.6 ± 7.3 a	33.7 ± 2.8 a	11.9 ± 1.3 a	42.0 ± 3.1 a	12.0 ± 1.5 b	8.0 ± 1.5 a

*Means followed by the same letter in same row are not significantly different ($p = .05$, LSD).

Table 2. Difference of two types of LED traps to *Spodoptera exigua* and *Spodoptera litura* in the greenhouse.

Moth	No-light trap	BLB LED trap	VLB LED trap	F	p
<i>S. exigua</i>	2.38 ± 0.50 a*	21.12 ± 9.34 b	6.74 ± 1.45 a	3.218	.076 ^{NS}
<i>S. litura</i>	1.60 ± 0.33 a	8.40 ± 1.07 b	2.40 ± 0.76 a	22.424	.001 ^{***}

*Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by LSD, values are mean ± standard error.

^{NS}Non-significant, ^{***}Significant at $p < .001$ by one way ANOVA.

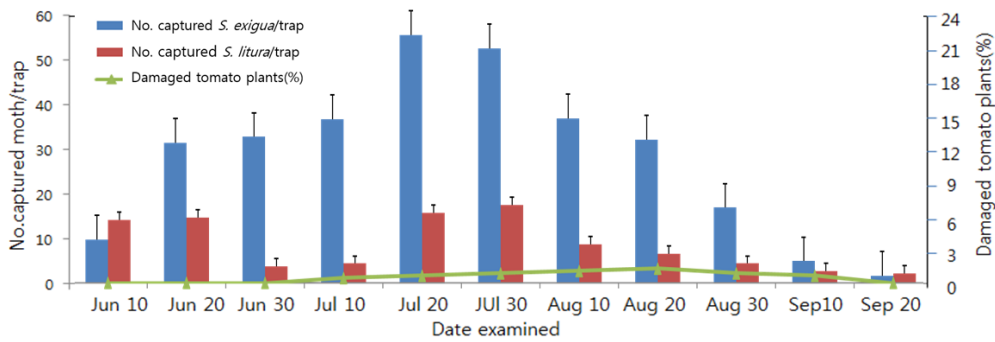


Fig. 2. Relationship between the trap catches of two moths (*S. exigua* and *S. litura*) and the percentage of damaged tomato plants in the tomato cultivated greenhouse.

보고가 본 연구를 지지해 주고 있다. 또한 Kim과 Lee(2012)는 광원을 설치하지 않은 대조구(No light)보다 LED 광원 트랩에서 유인되는 파밤나방 개체 수가 꾸준히 증가하였다고 보고하고 있다. 더불어 가시광선 영역의 파장을 방출하는 흰색 LED 트랩이 설치 초기부터 종료일까지 7일간의 지속적인 자극에도 불구하고 트랩에 유인된 개체 수가 증가하였다는 Kim과 Lee(2012)의 보고가 본 연구에서 2종의 LED 광원 트랩의 나방류 유인 개체 수가 증가한 결과를 뒷받침해주고 있다. 또한 기존 광원에 비해 높은 에너지 효율과 파장 조절의 선택이 가능한 LED(light emitting diode)를 이용한 친환경 해충방제를 위해(Kim과 Lee, 2012; Yeh과 Chung, 2009), LED를 이용한 담배가루이의 행동반응을 소규모 실내 실험에서 blue(470nm), yellow(590nm) 등 파장에 따라 유인력의 차이는 있지만 높은 유인활성을 나타내었다는 Kim 등(2012)의 보고는 LED가 환경친화적인 곤충방제에 유용하게 활용될 수 있음을 시사하고 있다.

2. LED 트랩에 포획된 두 종류 나방 수 및 토마토 재배 온실에서 손상된 토마토 식물 비율

LED 트랩에 포획된 두 종류 나방 수 차이를 알아본 결과(Fig. 2), 6월 10일, 9월 20일을 제외하고 4개월 동안 모두 담배거세미나방(*S. litura*)보다 파밤나방(*S. exigua*)의 포획 수가 많았다. 특히 7월 20일에는 담배거세미나방(15마리)보다 파밤나방(51마리)이 36마리 많이 포획되어 4개월 중 최고치를 나타냈으며, 4개월간 두 종류 나방의 LED 트랩 포획 수는 파밤나방 286마리, 담배거세미나방 87마리로 총 373마리가 포획되었다. 두 종류의 나방류 포획 수와 손상된 토마토 식물 간의 평균 차이를 알아본 결과(Table 3), 4개월 평균 파밤나방은 26.0마리, 담배거세미나방은 6.68마리, 손상된 토마토 비율은 1.23%로 집단 간 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($F=13.959, p < .001$). 또한 두 종의 나방류와 손상된 토마토

Table 3. Difference between the LED trap catches of two moths (*S. exigua* and *S. litura*) and the percentage of damaged tomato plants in the tomato cultivated greenhouse.

Variable	Mean	SE	Tukey's test a = 0.05			F	p
			1	2	3		
Damaged tomatoes	1.23%	4.12	a ^z			13.959	.001***
<i>S. litura</i>	6.68	5.46	a				
<i>S. exigua</i>	26.0	5.00	b				

^zMean separation within columns by Tukey's multiple range test, 5% level (n = 11).

***Significant at $p < .001$ by one way ANOVA.

Table 4. Correlation between of captured of *Spodoptera exigua* and *Spodoptera litura* and of damaged tomatoes.

Variance	<i>S. exigua</i>	<i>S. litura</i>	Damaged tomatoes
Damaged tomatoes	1		
<i>S. exigua</i>	.398	1	
<i>S. litura</i>	.308	.535	1

Non-significant at $p > .05$, respectively (N = 11).

와의 상관관계를 알아본 결과, 파밤나방, 담배거세미나방, 손상된 토마토가 정의 상관성이 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 4). 따라서 파밤나방과 담배거세미나방의 포획 수가 증가함에 따라 손상된 토마토 식물 수도 증가하는 것으로 볼 수 있다. 또한 토마토 재배 온실에서 손상된 토마토 식물 비율을 알아본 결과, 6월에는 손상된 토마토 식물이 발생하지 않았으나 7월에 1-2% 증가하는 경향을 보였고 8월 중순에 3%로 최고치로 상승하였으며, 다시 8월 하순부터 9월 중순까지 1.5-2%로 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 2). 이러한

결과는 특히 담배거세미나방은 발생기 고온과 맑은 날씨가 지속되면 매우 높은 증식력을 나타내어 단기간 동안에 그 밀도가 폭발적으로 증가하게 되었다는 Kim과 Shin(1987)의 보고가 본 연구에서 고온기인 7월 중하순에 포획 수가 가장 많았던 결과를 지지해 주고 있다. 따라서 2종의 LED 광원 트랩에서 두 종류의 나방 포획 수가 많아져 토마토 재배 온실에서 손상된 토마토 식물 비율이 높지 않았던 것으로 판단되었다. 2003년 토마토 온실에서 성페로몬의 대량 포획 능력을 평가한 연구에서 4개월 동안 총 107마리의 담배거세미나방을 포획하였으나 온실 내 토마토 손상률이 9월 말 78.6%의 높은 비율로 나타나 성페로몬 트랩 설치를 활용한 대량포획 방제효과를 기대하기 힘들 것으로 판단되었다는 Kim 등(2009)의 보고에서 본 연구와는 상이한 결과로 나타났다. 따라서 성페로몬 트랩, LED 광원 트랩 등 여러 가지 방제 방법의 연구는 지속되어 그 효능을 방제수단별로 구체적으로 구명되어야 한다고 생각되었다.

3. 토마토 온실 내부에 설치된 성페로몬 트랩별 포획된 두 종류 나방 수

토마토 온실 내부에 설치된 성페로몬 트랩별 포획된 두 종류의 나방 수를 알아본 결과(Fig. 3), 6월에 파밤나방(*S. exigua*)은 12마리, 7월 10마리, 8월 11마리, 9월 20일까지 5마리로 6월-9월까지 총 37마리가 포획되었고, 담배거세미나방(*S. litura*)은 6월 4마리, 7월 3마리, 8월 4마리, 9월 2마리로 6월-9월까지 총 13마리가 포획되어 두 종류 나방의 4개월간 총 포획 수는 50마리였다. 4개월간 평균의 차이로 알아본 결과, 파밤나방은 3.36 ± 0.31 (평균 \pm 표준오차), 담배거세미나방은 1.18 ± 0.12 (평균 \pm 표준오차)로 나타났으며 통계적으로 유의하였다($t = 6.556, p < .001$). 이는 성페로몬 트랩을 이용한 연구에서 담배거세미나방의 포획량이 급격하게 늘어나는 시기는 7월 중하순 경으로 시설 내에 침입이 주로 이 시기에 일어난

다는 Bae 등(2007)과 Kim 등(2009)의 보고와 달리 본 연구에서 4개월 동안 유사한 수준으로 포획되어 기존연구와는 조금 다른 차이를 나타내었다. 그러나 이러한 결과는 시설온실 외부에 설치한 2종의 LED 트랩에서 7월 중하순 경 2종의 나방류가 가장 많이 포획되어 시설온실 내에 나방류 포획 수는 감소한 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서 제시한 두 종류의 LED 트랩과 나방 유인용 성페로몬 트랩은 시설재배지에서 나방류 유인활성이 매우 높은 것을 확인할 수 있었다. 추후 각 해충에 적합한 LED 트랩과 유인용 성페로몬 트랩의 활용은 토마토 시설재배지 내에서 발생하는 나방류의 조기 예찰 및 친환경적 해충방제를 위한 통합 해충 관리방법에 적용될 수 있을 것으로 판단되었다.

적 요

토마토 재배지에서 다발생하는 파밤나방(*S. exigua*)과 담배거세미나방(*S. litura*) 유인살충을 위해 두 종류의 LED 트랩을 온실 외부에 설치하고 no light 트랩을 대조군으로 하여 트랩내 유인력을 상호 비교하였다. 이때 이들 두 종의 나방류 유인을 위해 LED 트랩 주위 토마토 재배온실 안쪽에 토마토의 생장 정도에 따라 상부에 성페로몬 트랩을 각각 설치하였다. 설치 10일 후 LED 트랩에서 두 종의 나방이 다량 유인되었으나 no light 트랩에서는 두 종의 나방류 유인력이 매우 낮았다. 또한, 두 종의 나방이 유인된 LED 트랩 간 유인량 비교 결과 Violet-light 트랩(VLB trap, 파장범위 420nm)에서는 담배거세미나방 12마리, 파밤나방 34마리가 유인된 반면, Blue-light 트랩(BLB trap, 파장범위 470nm)에서는 42마리와 105마리가 유인되어 3.1-3.5배 높게 유인되었다. 한편, 성페로몬 트랩과 LED 유인 트랩 설치 후 살충제 무처리구에서 파밤나방과 담배거세미나방 피해가 발생하지 않아 방제 가능성이 높은 것으로 나타났다. 이때 2종의 LED 트랩의 운용비용은 단위

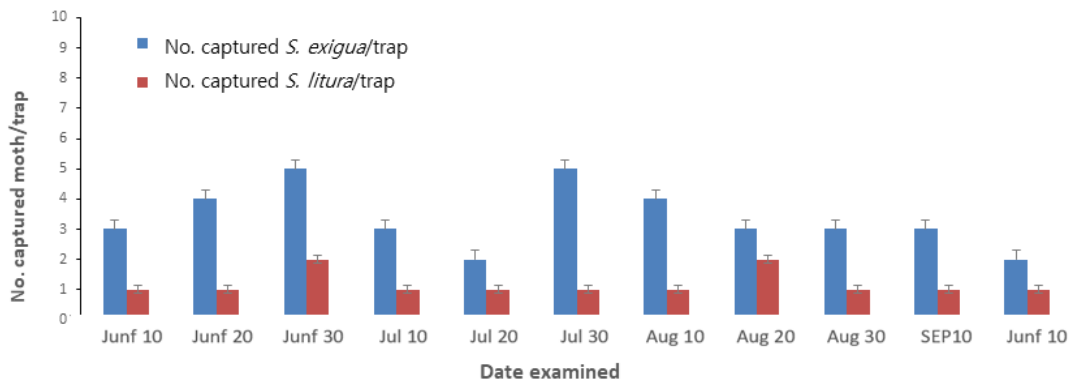


Fig. 3. Number of captured *S. exigua* and *S. litura* moths in each sex pheromone trap installed inside of the tomato glasshouse.

토마토 재배지 성페로몬 및 LED 유인 트랩을 이용한 파밤나방(*Spodoptera exigua*)과 담배거세미나방(*Spodoptera litura*) 대량 포획

면적당 80won/m²으로 나타났으며, 두 종의 나방 모두 방제가 가능한 것으로 나타났다. 또한 성페로몬 트랩과 2종의 LED 트랩에서 포획된 토마토 가해 두 종의 나방 수를 4개월 후 확인 해 본 결과, 두 종의 나방이 373마리/트랩 이상 유인되어 친환경 경적인 방제가 가능한 것으로 판단되었다.

추가 주제어: 담배거세미나방, 대량포획, 성페로몬, LED 트랩, 파밤나방, 해충유인

사 사

본 연구는 2021년 농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소 연구개발사업(과제번호: PJ016073)에 의해 수행되었음.

Literature Cited

- Bae S.D., H.J. Kim, G.H. Lee, and S.T. Park 2007, Seasonal occurrence of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius and beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) using sex pheromone traps at different locations and regions in Yeongnam district. Korean J Appl Entomol 46:27-35. (in Korean) doi:10.5656/KSAE.2007.46.1.027
- Bae S.D., K.B. Park, and Y.J. Oh 1997, Effects of temperature and food source on the egg and larval development of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius. Korean J Appl Entomol 36:48-54. (in Korean)
- Bhonwong A., M.J. Stout, J. Attajarusit, and P. Tantasawat 2009, Defensive role of tomato polyphenol oxidases against cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*) and beet armyworm (*Spodoptera exigua*). J Chem Ecol 35:28-38. doi:10.1007/s10886-008-9571-7
- 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.
- Byrne F.J., and N.C. Toscano 2001, An insensitive acetylcholinesterase confers resistance to methomyl in the beet armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). J Econ Entomol 94:524-528. doi:10.1603/0022-0493-94.2.524
- Choi I.H., Y.B. Kim, C.W. Kim, S.S. Nam, and Y.S. Jang 2005, Monitoring the seasonal occurrence and damage caused by insect pests in welsh onion field in the southern regions of Korea. Treat of Crop Science 6:528-537. (in Korean)
- 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. doi:10.1093/jee/96.3.543
- Goh H.G., J.D. Park, Y.M. Choi, K.M. Choi, and I.S. Park 1991, The host plants of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) and its occurrence. Korean J Appl Entomol 30:111-116. (in Korean)
- 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. doi:10.1007/bf03356463
- Kim C.H., and H.Y. Shin 1987, Studies on bionomics and control of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius in southern part of Korea. J Insect Sci 5:33-36. (in Korean)
- Kim H.Y., J.H. Kim, B.G. Son, J.R. Cho, Y.H. Lee, Y.H. Kim, and M.Y. Choi 2009, Analysis on the mass-trapping effects by *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) sex pheromone traps deployed around the tomato glasshouse. Korean J Appl Entomol 48:245-251. (in Korean) doi:10.5656/KSAE.2009.48.2.245
- Kim M.G., and H.S. Lee 2012, Attraction effects of LED trap to *Spodoptera exigua* adults in the greenhouse. J Appl Biol Chem 55:273-275. (in Korean) doi:10.3839/jabc.2012.043
- 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 Soc Appl Biol Chem 55:567-569. (in Korean) doi:10.1007/s13765-012-2115-4
- Kim Y.G., J.I. Lee, S.Y. Kang, and S.C. Han 1997, Variation in insecticide susceptibilities of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner): esterase and acetylcholinesterase activities. Korean J Appl Entomol 36:172-178. (in Korean)
- Kim Y. 2021, Sensory physiology of sex pheromone and its uses for insect pest management. Korean J Appl Entomol 60:15-47. (in Korean) doi:10.5656/KSAE.2021.01.1.086
- Mutwiwa U.N., C. Borgemeister, B. Von Elsner, and H.J. Tantau 2005, Effects of UV-absorbing plastic films on greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). J Econ Entomol 98:1221-1228. doi:10.1603/0022-0493-98.4.1221
- Oh M.S., C.H. Lee, S.G. Lee, and H.S. Lee 2011, Evaluation of high power light emitting diodes (HPLEDs) and potential attractant for adult *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). J Korean Soc Appl Biol Chem 54:416-422. (in Korean) doi:10.3839/jksabc.2011.065
- Park J.A., J.K. Seok, S.V. Prasad, and Y. Kim 2011, Sound stress alters physiological processes in digestion and immunity and enhances insecticide susceptibility of *Spodoptera exigua*. Kor J Appl Entomol 50:39-46. (in Korean) doi:10.5656/KSAE.2011.02.0.002
- Schuber E.F., and H.F. Yao 2002, Light emitting diode: Research, manufacturing, and applications. VI. SPIE. Bellingham, Wash. pp 434.
- Yeh N., and J.P. Chung 2009, High-brightness LEDs-energy efficient lighting sources and their potential in indoor cultivation. Renew Sust Energ Rev 13:2175-2180. (in Korean) doi:10.1016/j.rser.2009.01.027