

## Attraction Effects of LED Trap to *Spodoptera exigua* Adults in the Greenhouse

Min-Gi Kim · Hoi-Seon Lee\*

### 시설재배지에서 LED 트랩을 이용한 파밤나방(*Spodoptera exigua*) 성충의 유인효과

김민기 · 이희선\*

Received: 24 August 2012 / Accepted: 25 September 2012 / Published Online: 31 December 2012  
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2012

**Abstract** The attraction effects of light emitting diode (LED) trap to *Spodoptera exigua* adults were evaluated in greenhouse and compared with those of no light trap and black-light trap, which is typical used in commercial trap. 7 days later, white LED trap ( $83.0 \pm 0.7$ ) was 2.4 times more attractive than black-light trap ( $34.0 \pm 2.6$ ), whereas the no light trap was little attractive to *S. exigua*. These results suggest that white LED traps could be used for environmental insect control.

**Keywords** attraction · insect pest control · light emitting diode trap · *Spodoptera exigua*

파밤나방(*Spodoptera exigua*)은 기주 범위가 광범위 하여 파 이외에 감자, 고추, 담배, 대두, 딸기, 목화, 사탕수수, 양파, 옥수수, 토마토, 콩 등 거의 모든 작물을 가해하는 광폭식성 해충으로 많은 경제적 피해를 주는 밤나방과(Noctuidae) 농업해충으로 알려져 있다(Bhonwong 등, 2009). 국내의 경우 1년중 4-5회 발생하고, 남부지방의 경우 6월 초에서 11월 말까지 발생하여

9월 중순경이 발생 최성기로, 2000년 이후로 시설재배지가 늘어남에 따라 온실하우스에서는 시기와 지역을 불문하고 파밤나방에 의한 피해가 연중 발생하고 있다(Kang 등, 2008). 이렇게 경제적 피해가 심한 파밤나방 방제를 위하여 많은 화학 살충제를 사용하고 있으나, 파밤나방은 선천적으로 약제에 대한 저항성이 강하고, 장거리를 이동할 수 있는 해충으로 부화 유충이 집단으로 작물의 줄기 속에 들어가 가해하므로 약제에 노출될 기회가 적어져 방제가 어려운 난방제 해충이다(Kim 등, 2009). 또한, 지속적인 화학농약의 처리는 오히려 천적의 생태에 영향을 주어 생물학적 방제기능을 저하시키는 물론 환경오염 및 인축 독성에 심각한 문제를 야기하고 있다(Yang 등, 2002; Kim 등, 2004).

화학농약의 이러한 문제점을 보완하고자 비화학적 방제기술에 대한 많은 노력들이 진행되어왔다. Jin 등은 기존 살충제와 *Bacillus thuringiensis* (BT)제를 교호 처리하여 단일처리보다 10% 높은 방제효과를 확인하였으며(Jin et al., 2009), 이 외에도 파밤나방에 특이적 바이러스 병을 유발하는 핵다각체바이러스(nucleopolyhedrosis virus)를 이용한 방제(Kim과 Kim 2011), 선충을 통한 방제(Han 등, 1999), 합성페로몬 트랩을 이용한 방제(Bae 등, 2007) 및 스트레스 음파를 이용한 물리적 해충방제(Park 등, 2011) 등의 연구가 진행되었으나, 효과가 미비하거나 경제적 이유로 인해 대중화되지 못하고 있다.

농업해충이 가시광선영역의 빛을 인지하고 파장에 따라 다른 행동반응을 나타내는 것을 이용하여 나방류 및 노린재류와 같은 해충방제 연구가 다양하게 이루어지고 있다(Junji 등, 2002). 한편, LED (light emitting diode)는 기존 광원에 비해 높은 에너지 효율, 긴 수명, 낮은 발열 및 전력으로 구동이 가능하며, 파장을 선택적으로 조절할 수 있다는 장점들을 가져 친환경적 해충방제를 위한 연구가 대두되고 있다(Tamulaitis 등, 2005; Yeh과 Chung, 2009; Jeon 등, 2012). 본 연구팀의 이전 연구

M.-G. Kim  
Department of Bioenvironmental Chemistry and Institute of Agricultural Science & Technology, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Republic of Korea

H.-S. Lee  
Department of Bioenvironmental Chemistry and Institute of Agricultural Science & Technology, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Republic of Korea

\*Corresponding author (H.-S. Lee: hoiseon@jbnu.ac.kr)

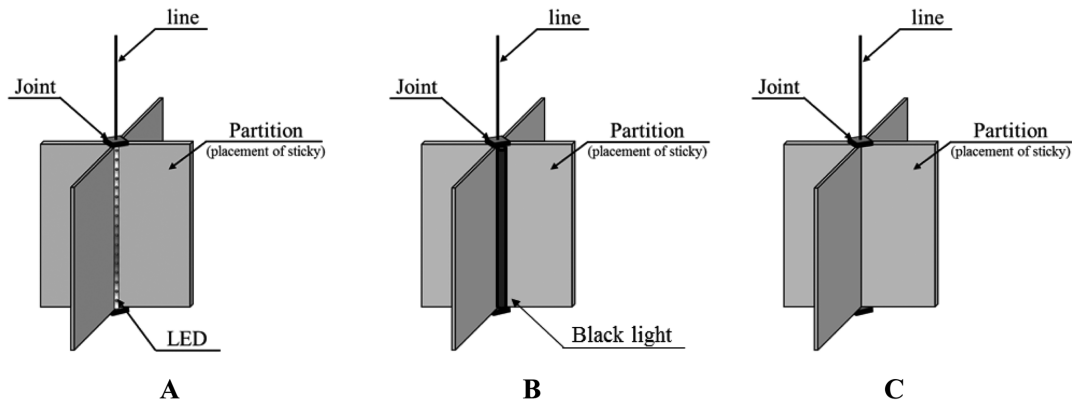


Fig. 1 Traps used in this study. (A) LED light trap; (B) Black light trap; (C) non-light trap

에 따르면, LED에 대한 파밤나방의 행동반응 실내 실험결과 파밤나방은 광에 대해 주광성 행동반응을 나타냈으며, 기존광원보다 우수한 유인활성을 나타내었다(Oh 등, 2011). 따라서 본 연구에서는 우리의 이전 연구를 바탕으로 제작된 LED 트랩의 시설재배지내의 이용 가능성을 평가하기 위해 시설재배지 실증실험을 실시하였다.

본 연구에 사용된 파밤나방(*S. exigua*)은 상대습도 60±5%, 온도 27±0.5°C 그리고 광주기 16L:8D의 조건에서 사육되었으며, 알-유충기는 insect breeding dish (φ100 mm × H40 mm)에서 번데기-성충기는 growth chamber (W350 mm × L350 mm × H350 mm)에서 각각의 성장기에 따라 사육 케이지를 달리하였다. 사육에 필요한 인공사료 조성은 콩가루 113 g, 밀맥아 113 g, 건조효모 60 g, agar powder 27 g, *p*-hydroxybenzoic acid methyl ester 4.5 g, L-ascorbic acid 15 g, sorbic acid 2.3 g, 포르말린 (10%) 2.3 g, 소금 5 g 및 원비산(vitamin) 15 g을 900 g의 증류수에 녹여 사용하였다.

실험에 사용된 흰색(450–620 nm, wavelength) LED광원은 씨엘라이트(Ciel light, Korea)사에서 구입한 것을 사용하였고, 양성대조구(positive control)로 사용된 black light는 산쿄(Sankyo Denki Co. Ltd., Japan)에서 구입한 제품을 사용하였다.

실험을 위해 고안된 장치는 Fig. 1과 같다. 4개의 아크릴판(W200 × H300 mm)을 십자가 모양으로 결합하고, 중앙부에 트랩을 연결하는 줄을 달아 모빌형태로 제작 하였다. 각 아크릴판에는 곤충을 포집할 수 있도록 yellow sticky를 부착하였고, 각 판 사이에는 조명을 설치할 수 있도록 제작하였다. 실험구는 흰색 LED를, 양성대조구는 black light (BL)을 설치하였고, 음성대조구에는 조명장치를 설치하지 않았다.

제작된 실험장치를 이용하여 비닐하우스(100 m<sup>2</sup>)내에서 실시되었다. 비닐하우스 3동에 실험구(LED + sticky trap), 양성대조구(BL + sticky trap), 및 음성대조구(sticky trap)를 설치하였다. 트랩의 설치지점은 기주로 사용된 착색단고추의 높이와 동일 지점에 설치하였고, 파밤나방(*S. exigua*) 성충 200마리를 방사한 후 12시간(오후 8시–오전 8시) 노출시험으로 진행하였다. 이후, 각 실험군에 부착된 sticky에 붙잡힌 파밤나방 성충 개체수를 조사하여 유인효과를 검정하였다.

실험은 6반복으로 진행되어 얻은 실험결과를 SPSS(Ver. 12, SPSS Inc., USA)을 이용하여 평균 ± 표준오차 또는 백분율(%)로 결과값을 나타내었다. 또한 분산분석(ANOVA)을 실시하여

Table 1 Attraction effects of three types of traps to *S. exigua* in the greenhouse<sup>1)</sup>

Day	Number of insects (means ± SEM) <sup>2)</sup>		
	No light	Black light	White LED
1	0±0.0a	16.0±0.9b	10.5±0.8ab
2	0.5±0.2a	17.0±0.9b	26.5±1.2c
3	0.5±0.2a	20.5±1.0b	42.0±1.2c
4	1.5±0.3a	22.5±1.1b	51.5±1.6c
5	1.5±0.3a	25.5±0.6b	66.5±1.7c
6	1.5±0.9a	31.5±2.4b	78.0±0.9c
7	2.0±1.7a	34.0±2.6b	83.0±0.7c

<sup>1)</sup>Each condition is the average of 6 determinations for week, with 200 adult insects per replication

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

평균간의 차이를 비교하였으며, Tukey's HSD test을 이용 사후 검정 하였다.

본 연구팀의 이전연구에서 파밤나방의 LED 파장에 따른 행동반응을 조사하기 위하여 파랑(470 nm), 녹색(520 nm), 노랑(590 nm), 빨강(625 nm) 및 혼합파장을 가진 흰색(450–620 nm) LED를 이용하여 주광성 행동반응을 관찰한 결과 혼합파장을 가진 흰색 LED가 가장 뛰어난 유인활성을 나타내었다(Oh 등, 2011). 이 결과를 바탕으로 시설재배지내 실증실험을 위해 모빌 형태의 주광성 실험장치를 개발하였고, 이에 실내 실험에서 가장 활성이 뛰어난 흰색 LED를 장착하여 실험하였다. 양성대조구로는 일반적인 해충유인 트랩으로 사용되는 black-light 를 사용하였고, 음성대조구는 광원을 설치하지 않고 yellow sticky 만 부착하여 시설재배지내 실험을 실시 하였다(Table 1). 실험 결과 광원을 설치하지 않은 음성대조구(No light)는 시험을 진행한 7일 동안 평균 2마리가 포획되었을 뿐 유의할만한 결과를 보이지 않은 반면, 양성대조구(black light)와 흰색 LED는 유인되는 개체수가 꾸준히 증가하는 것을 관찰하였다. 음성대조구에 포획된 개체는 파밤나방이 야간 비산활동 중 우연히 발생한 것으로 사료된다. 반면 흰색 LED 트랩과 black-light 트랩은 실험을 진행한 7일 동안 유인되는 파밤나방의 수가 꾸준히 증가하는 것을 관찰 할 수 있었다. Black-light 트랩은 첫째 날 16.0마리가 유인 되었으며, 일 평균 4.9마리가 유인되어 7일 동안

평균 34.0마리의 파밤나방이 유인되었다. 흰색 LED 트랩은 첫째 날 10.5마리를 시작으로 일 평균 11.8마리가 유인되어 7일 동안 평균 83.0마리의 파밤나방 개체가 유인되어 black-light보다 평균 약 2.4배 높은 유인활성을 나타내었다. 트랩에 따른 일일 변화를 살펴보면 black-light 트랩은 설치 첫날 흰색 LED 트랩보다 통계적으로 유의하게 높은 활성이 관찰되었으며, 이틀째부터 흰색 LED 트랩이 유의하게 높은 활성이 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 자외선 영역의 빛을 방출하는 black-light가 초기 반응에서는 강한 자극을 유발하여 유인활성을 나타낸 것으로 보이며, 이는 몇몇 나비목(Lepidoptera) 해충들이 자외선영역의 파장에서 강한 유인활성을 나타낸다는 연구결과(Langrvelde 등, 2011)와 유사한 결과를 보여주었다. 그러나 자외선 영역의 지속적인 빛의 자극은 파밤나방의 시각적 반응을 둔감하게 하여 초기 반응보다 유인활성이 감소하는 것으로 사료된다. 반면, 가시광선 영역의 파장을 방출하는 흰색 LED 트랩은 설치초기부터 종료일까지 7일간의 지속적인 자극에도 불구하고 트랩에 유인된 개체수가 증가하였고, 이는 빛에 대한 민감한 반응을 지속적으로 유발하여 black-light 트랩보다 더 높은 유인활성을 나타낸 것으로 보인다. 본 연구에서 제시한 흰색 LED는 시설재배지내 시험을 통해 우수한 파밤나방 유인활성을 확인할 수 있었으며, 기존에 black-light를 사용한 해충트랩을 대체하여 앞으로 시설재배지내에서 발생하는 파밤나방의 초기 예찰 및 친환경적 해충방제를 위한 통합 해충 관리(IPM; Intergrated Pest Management)의 일환으로서 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

**초 록**

파밤나방에 대한 LED 트랩의 유인활성을 no light 트랩과 상업적 대조구인 black-light 트랩과 비교하였다. 7일 후, 흰색 LED 트랩(83.0±0.7)은 black-light 트랩(34.0±2.6)보다 약 2.4배 높은 유인활성을 나타내었으며, no light 트랩에서는 낮은 유인활성을 나타내었다. 이러한 결과를 바탕으로 흰색 LED 트랩이 친환경적 해충방제법으로의 가능성을 보여주었다.

**Keywords** 유인 · 파밤나방 · 해충방제 · LED 트랩

**감사의 글** 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ007408)의 지원에 의하여 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

**참고문헌**

Bae SD, Kim HJ, Lee GH, and Park ST (2007) Seasonal occurrence of

tobacco cutworm, *Spodoptera exigua* (Hubner) using sex pheromone traps at different locations and regions in yeongnam district. *Korean J Appl Entomol* **46**, 27–35.

Bhonwong A, Stout MJ, Attajarusit J, and Tantasawat P (2009) Defensive role of tomato polyphenol oxidases against cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*) and beet armyworm (*Spodoptera exigua*). *J Chem Ecol* **35**, 28–38.

Han SC, Lee SS, and Kim YG (1999) Pathogenicity and multiplication of entomopathogenic nematode, *Spodoptera litura* (Fabricius) *Korean J Appl Entomol* **38**, 255–60.

Jeon JH, Oh MS, Cho KS, and Lee HS (2012) Phototactic response of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae), to light-emitting diodes. *J Korean Soc Appl Biol Chem* **55**, 35–9.

Jin DY, Paek SK, Kim JS, Choi SY, Park C, Kim TH et al. (2009) Environment-friendly control of beet armyworm, *Spodoptera exgua* (Noctuidae: Lepidoptera) to reduce insecticides use. *Korean J Appl Entomol* **48**, 253–61.

Junji H, Makoto A, Tomoki N, Toshio M, Tetsuo Y, and Hiroki I (2002) Studies on the control of insect pests using illuminators made from ultra-high luminance light-emitting diodes. Characteristics of insect electroretinogram (ERG) with respect to wavelength and frequency of pulsed light stimuli. *J Jpn Soc Agric Mach* **64**, 76–82.

Kang EJ, Kang MG, Seo MJ, Park SN, Kim CU, Yu YM et al. (2008) Toxicological effects of some insecticides against welsh onion beet armyworm (*Spodoptera exigua*). *Korean J Appl Entomol* **47**, 155–62.

Kim JH and Kim YG (2011) Three metabolites from an entomopathogenic bacterium, *Xenorhabdus nematophila*, inhibit larval development of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) by inhibiting a digestive enzyme, phospholipase A<sub>2</sub>. *Insect Sci* **18**, 282–88.

Kim SG, Kim DI, Ko SJ, Kang BR, Kim HJ, and Choi KJ (2009) Determination of Economic injury levels and control thresholds for *Spodoptera exigua* on Chinese cabbage. *Korean J Appl Entomol* **48**, 81–6.

Kim YM, Lee CH, Kim HG, and Lee HS (2004) Antraquinones isolated from *Cassia tora* (Leguminosae) seed show an antifungal property against phytophthogenic fungi. *J Agric Food Chem* **52**, 6696–9100.

Langevelde FV, Ettema JA, Donners M, Wallisdevries MF, and Froenendijk D (2011) Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. *Biological Conservation* **144**, 2274–81.

Oh MS, Lee CH, Lee SG, and Lee HS (2011) Evaluation of high power light emitting diodes (HPLEDs) and potential attractant for adult *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *J Korean Soc Appl Biol* **54**, 416–22.

Park JA, Seok J, Parasad SV, and Kim Y (2011) Sound stress alters physiological processes in digestion and immunity and enhances insecticide susceptibility of *Spodoptera exigua*. *Korean J Appl Entomol* **50**, 39–46.

Tamulaitis G, Duchovskis P, Bliznika Z, Breive K, Ulinskaite R, Brazaityte A et al. (2005) High-power light-emitting diode based facility for plant cultivation. *J Phys D: Appl Phys* **38**, 3182–7.

Yang YC, Lee SG, Lee HK, Kim MK, Lee SH, and Lee HS (2002) A piperidine amide extracted from *Piper longum* L. fruit show activity against *Aedes aegypti* mosquito larvae. *J Agric Food Chem* **50**, 3765–7.

Yeh N and Chung JP (2009) High-brightness LEDs-energy efficient lighting sources and their potential in indoor cultivation. *Renew Sust Energy Rev* **13**, 2175–80.