



Control effects of LED trap to *Sitotroga cerealella* and *Plodia interpunctella* in the granary

Ye-Jin Jeon¹ · Hoi-Seon Lee¹

양곡보관창고에서 LED 트랩을 이용한 보리나방과 화랑곡나방의 방제효과

전예진¹ · 이희선¹

Received: 15 March 2016 / Accepted: 11 May 2016 / Published Online: 30 September 2016
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2016

Abstract This study was conducted to evaluate the attraction effects of *Sitotroga cerealella* and *Plodia interpunctella* adults to light emitting diode (LED) trap in granary and compared with the results of the black light bulb (BLB) trap, which is typically used as a commercial trap. The blue LED was more attractive to *S. cerealella* than the BLB. The green LED was significantly more attractive to *P. interpunctella* than the BLB. Furthermore, the external installation of blue LED and green LED was about 1.7 times more attractive to *S. cerealella* and *P. interpunctella*, respectively, than the internal installation. These results indicated that blue LED and green LED traps can be used for eco-friendly insect pest control in granary.

Keywords Attractive effect · Light-emitting diode trap (LED) · *Plodia interpunctella* · *Sitotroga cerealella* · Stored-grain insects

저곡해충은 곡식의 수입, 유통 및 보관 시에 외부로부터 침입에 의하여 발생하며, 저장창고와 같이 고도로 집적된 공간에서 개체군이 빠르게 성장한다(Na과 Ryoo 2005). 이와 같이 소수의 저곡해충 개체의 침입에도 곡식에 심각한 피해를 일으킬 가능성이 높아서 곡물의 안정적인 생산과 공급을 위해 저장/유통과정에서 저곡해충의 확실한 방제가 필요하다. 다양한 저곡해충 중에 특히 보리나방(*Sitotroga cerealella*)과 화랑곡나방(*Plodia interpunctella*)은 전 세계적으로 저장곡물, 건과류와 건조채소 등에 피해를 주는 주요 해충이다(Paik 1983). 보리나방의 유충은 보리, 옥수수 및 밀을 섭취하고 곡물 안에서 서식하여 수확 전·후 곡물의 치명적인 손실을 야기한다(Ahmed과 Raza 2010). 화랑곡나방 유충의 경우에는 저장식품을 섭취하여 양적 피해를 입힐 뿐만 아니라 흰색 실크의 분비와 배설물로 인해 식품의 품질 저하를 유발한다(Tzanakakis 1959; Williams 1964).

이러한 사유로 저곡해충으로 인한 저장곡물의 피해를 줄이기 위하여 훈증제 및 접촉살충제와 같은 많은 화학적인 방법이 이용되고 있다. 주로 메틸브로마이드(CH₃Br)를 사용하였으나 발암, 저항성, 잔류 등의 높은 위험성으로 인해 소량 흡입 시에도 인간의 체내축적이 문제되어 2015년에 사용이 금지되므로 친환경적이고 안정적인 저곡해충 방제기술 개발이 필요하게 되었다(Isman 2006). 더불어 화학적 방제법의 단점을 보완하기 위해 접착트랩, 스트레스 음파 및 특정 광원을 적용한 물리적 해충방제 개발에 관한 연구가 진행되고 있으며(Chu 등, 2003; Park 등, 2011; Kim 등, 2012; Yang 등, 2013), 그 중에서도 LED는 기존 광원에 비해 고효율, 장수명 및 선택적 파장 조절이 가능하여 친환경 해충방제법으로 연구가 활발히 진행되고 있다(Tamulaitis 등, 2005; Wu 등, 2007; Yeh과 Chung 2009; Oh과 Lee 2011; Jeon 등, 2012). 이와 같이 LED의 특정 파장을 이용하여 여러 해충들을 제어하는 연구들이 계속해서 진행

Hoi-Seon Lee (✉)
E-mail: hoiseon@jbnu.ac.kr

¹Department of Bioenvironmental Chemistry, College of Agriculture & Life Science, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

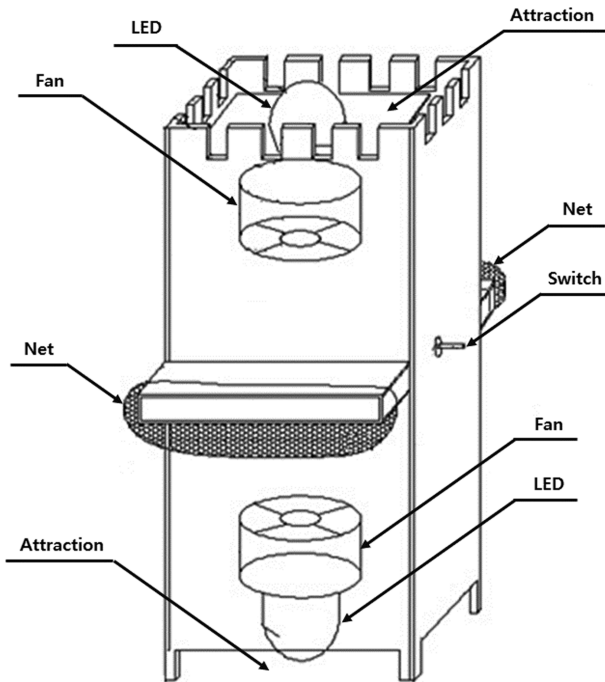


Fig. 1 LED Trap used in this study

되고 있으나 곡물보관창고내의 저곡해충에 대한 실험은 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구팀은 보리나방과 화랑곡나방의 주광성 행동반응을 실험한 이전 연구결과를 바탕으로 제작된 LED 트랩의 이용 가능성을 검토하기 위해 곡물보관창고에서 실증실험을 실시하였다.

시험해충

본 연구에 이용된 보리나방과 화랑곡나방은 국립농업과학원 농업생물부로부터 분양 받아 온도 $28 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $70 \pm 5\%$ 및 광주기 12L:12D 조건으로 항온항습실에서 어떠한 약제처리 없이 누대 사육하였다. 보리나방의 먹이로는 통밀, 보리 및 현미 등을 공급하였으며, 플라스틱 사육상자(W45 × L45 × H45 cm)에서 사육하며 우화한 유충을 사육하여 성충을 실험에 사용하였다. 화랑곡나방은 플라스틱 사육 상자(W80 × L40 × H30 cm)에 넣어 사육하였다. 먹이는 쌀겨와 밀가루를 1:1 (w/w)의 비율로 섞은 것을 넣어 공급하였다. 사육 과정에서 발생하는 손상된 곡식은 수시로 제거한 후 새로운 먹이를 공급하여 누대 사육하였다.

LED 트랩

본 연구에서는 Song과 Lee(2016)에 의해 고안된 곡물보관창고내 포집장치를 본 연구에 맞게 수정/보완하여 제작된 LED 트랩을 곡물보관창고내에서 진행한 실증실험을 위해 사용하였다 (Fig. 1). 실험에 사용된 blue LED ($470 \pm 10\text{nm}$)와 green LED ($520 \pm 5\text{nm}$)는 CR-LED (Guandong, China)사에서 구입하여 사용하였으며, 양성대조구(positive control)로 사용된 BLB는 Ciel light (Seoul, Korea)사 제품을 실험에 사용하였다. LED 트랩은 상·하단부에 장착된 LED 광원에 의해 저곡해충을 유인하며, 저곡해충 중에 유시충은 상단부에 흡입력이 강한 팬을 통해 흡

입되어 포집망에 포집되도록 제작되었다. 또한 무시충은 하단부에 장착된 LED 광원에 의해 유인되어 포집되도록 설계되었다.

유인효과 검증방법

본 연구에서 저곡해충 검정실험 실험구는 이전 연구를 바탕으로 blue LED는 보리나방, green LED는 화랑곡나방에 사용하였고 양성대조구는 BLB를 사용하였으며, LED 트랩은 곡물보관창고 내부와 외부에 빛의 확산/간접 효과를 고려하여 설치하였다. 보리나방과 화랑곡나방에 대한 주광성 행동반응을 측정하기 위해 곡물보관창고 내부에서 빛, 어둠, 먹이를 조건으로 진행하였으며, 외부에서는 빛과 어둠을 환경조건으로 하여 외부로부터 유입되는 해충에 대한 방제를 위하여 실험을 진행하였다. 보리나방과 화랑곡나방 성충 약 300마리를 방사하여 4일간 5반 복하여 진행하였으며, 포집망에 포집된 개체수를 파악하여 LED 트랩의 유인효과를 검증하였다.

통계분석

본 실험은 3회 반복하여 얻어진 결과를 통계분석프로그램(SPSS)을 이용하여 평균 \pm 표준오차 또는 백분율(%)로 결과 값을 표기하였으며, 분산분석(ANOVA)을 이용하여 결과값의 유의성을 검증하였다. 또한 사후검정으로 Duncan's multiple range test를 사용하였다.

결과 및 고찰

본 연구팀의 이전연구에서 보리나방과 화랑곡나방의 LED 파장에 따른 주광성 행동반응을 조사하기 위하여 blue ($470 \pm 10\text{nm}$), green ($520 \pm 5\text{nm}$), yellow ($590 \pm 5\text{nm}$), red ($625 \pm 10\text{nm}$), UV (365nm), IR (730nm) LED를 이용하여 관찰한 결과, 보리나방은 blue LED에 가장 우수한 유인활성을 나타내었으며(Kim과 Lee 2014), 화랑곡나방은 green LED 높은 유인활성을 나타내었다(Park과 Lee 2016). 이 결과를 바탕으로 곡물보관창고 내부와 외부에서 보리나방과 화랑곡나방을 효과적으로 방제하기 위해 제작된 LED 트랩에 각 해충의 유인활성이 나타난 blue LED와 green LED를 장착해 실험하였다. 이들의 유인활성을 비교하기 위해 양성대조구로 BLB를 사용하여 곡물보관창고 내에서 실증실험을 진행하였다. 보리나방은 곡물보관창고에서 blue LED 트랩으로 4일동안 실험한 결과 내부에서 평균 145.8마리가 포획되었고, 외부에서 평균 248.4마리가 포획되었으며 이는 외부에서 내부보다 약 1.7배 높은 유인활성을 보였다(Table 1). 반면, 일반적으로 널리 사용되고 있는 BLB의 경우에는 보리나방에 대한 유인활성은 나타내었으나 곡물보관창고 내부에서 평균 105.1마리, 외부에서 평균 105.5마리로 blue LED보다 내부 약 1.8배, 외부 약 2.4배의 낮은 개체수가 포획되었다. 화랑곡나방은 곡물보관창고에서 green LED 트랩으로 4일동안 실험을 진행한 결과는 내부에서 평균 120.4마리, 외부에서 평균 199.1마리가 포획되어서 외부가 내부보다 약 1.7배 높은 유인활성을 보였다. 대조구로 사용된 BLB는 곡물보관창고 내부에서 평균 65.3마리, 외부에서 평균 94.1마리로 화랑곡나방에 대해 유인활성은 나타내었으나 green LED보다 내부 약 1.9배, 외부 약 2.1배의 낮은 유인활성을 나타내었다(Table 2).

Table 1 Attractive effects of LED trap against *Sitotroga cerealella* adults in the granary¹⁾

Wavelength (color)	Luminance intensity (lx)	Light exposure time (day)	Number of insect (Mean±SEM) ²⁾	
			Internal	External
470±10 nm (Blue)	60	1	77.6±2.1	165.5±1.8
		2	118.6±2.1	180.2±2.2
		3	133.4±2.1	225.6±3.2
		4	145.8±2.1	248.4±1.9
BLB (Control)	-	4	105.1±0.5	105.5±2.1

¹⁾Each value is the average of 5 determinations at optimal conditions, using 300 adult insects per replication

²⁾Mean within each column followed by the same letter are not significantly different ($p > 0.05$)

Table 2 Attractive effects of LED trap against *Plodia interpunctella* adults in the granary¹⁾

Wavelength (color)	Luminance intensity (lx)	Light exposure time (day)	Number of insect (Mean±SEM) ²⁾	
			Internal	External
520±5 nm (Green)	60	1	65.7±1.1	120.3±1.8
		2	88.2±1.9	153.5±1.9
		3	101.7±1.4	182.3±4.2
		4	120.4±1.5	199.1±2.5
BLB (Control)	-	4	62.3±2.1	94.1±1.6

¹⁾Each value is the average of 5 determinations at optimal conditions, using 300 adult insects per replication

²⁾Mean within each column followed by the same letter are not significantly different ($p > 0.05$)

실내검정에 있어서 보리나방과 화랑곡나방의 주광성 행동반응은 각각 blue LED와 green LED에서 우수한 유인활성을 나타냈으나(Kim과 Lee 2014; Park과 Lee 2016) 실증실험에서는 낮은 유인활성을 보여주었다. 이는 곡물보관창고에서 진행된 실증실험이 온도, 습도, 빛, 양분과 같은 환경적 조건에 의해 영향을 받은 것으로 판단된다. 또한 곡물보관창고 외부 실험이 내부 실험보다 유인활성이 보리나방과 화랑곡나방 모두 약 1.7배 높게 나타났으며, 이 현상은 내부 실험 중에 먹이에 대한 조건이 저곡해충에 영향을 미쳐 LED 트랩의 유인활성을 감소시키는 것으로 사료된다. 본 연구결과에서 보리나방은 blue LED, 화랑곡나방은 green LED 트랩에 대해 유인활성을 보여주었으며, 단과장 LED에 민감하게 반응한다는 것으로 확인하였다. 이러한 결과는 화랑곡나방(*Plodia interpunctella*)과 줄알락명나방(*Cadra cautella*)이 창고 실험에서 green light trap과 UV 에 대한 유인효과가 있다고 보고된 연구결과와 유사하며(Kirkpatrick 등, 1970), 이와 같은 연구결과는 단과장 LED에 더 민감하게 반응한다는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 곡물보관창고 실험을 통해 blue LED 트랩은 보리나방, green LED 트랩은 화랑곡나방을 효과적으로 유인할 뿐만 아니라 상업적으로 널리 이용되는 BLB보다 우수한 유인활성을 나타내었으며, 이는 곡물보관창고의 친환경 해충방제에 적용 가능성을 기대한다.

초 록

보리나방과 화랑곡나방 성충에 대한 LED 트랩의 곡물보관창고에서 이용가능성을 평가하기 위해 상업적 대조구 BLB 트랩과 비교한 실증실험을 통하여 유인효과를 비교하였다. 그 결과 4 일 후 blue LED 트랩은 보리나방, green LED 트랩은 화랑곡나방에 대하여 대조구 BLB 트랩보다 높은 유인활성을 나타내었으며 곡물보관창고 외부에서 진행된 실험은 내부 실험보다 약 1.7배 높은 유인활성을 나타내었다. 이러한 결과를 바탕으로 blue LED와 green LED 트랩이 곡물보관창고에서 화랑곡나방과 보리나방을 방제하기 위한 친환경 저곡해충 방제법으로 적용 가능성을 보여주었다.

Keywords 보리나방 · 유인효과 · 저곡해충 · 화랑곡나방 · LED 트랩

Acknowledgment This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project title: Development of integrated pest management techniques using natural products and LEDs in the grain storage, Project No. PJ010045012016)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

Ahmed S, Raza A (2010) Antibiosis of physical characteristics of maze grains to *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (Gelechiidae: Lepidoptera) in free choice test. Pak J Life Soc Sci 8: 142–147

Chu CC, Jackson CG, Alexander PJ, Karur K, Henneberry TJ (2003) Plastic cup traps equipped with light-emitting diodes for monitoring adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). J Econ Entomol 96: 543–546

Isman MB (2006) Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Ann Rev Entomol 51: 45–66

Jeon JH, Oh MS, Cho KS, Lee HS (2012) Phototactic response of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae), to light-emitting diodes. Appl Biol Chem 55: 35–39

Kim MG, Lee HS (2014) Phototactic behavior 5: Attractive effects of the angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*, to light-emitting diodes. Appl Biol Chem 57(2): 259–262

Kim MG, Yang JY, Chung NH, and Lee HS (2012) Photo-response of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae), to light-emitting diodes. Appl Biol Chem 55: 567–569

Kirkpatrick RL, Yancey DL, Marzke FO (1970) Effectiveness of green and ultraviolet light in attracting stored-product insects to traps. J Econ Entomol 63:1853–1855

Na JH, Ryoo MI (2005) A note on the control of Indian meal moth (Lepidoptera: Pyralidae) in flour milling facility by superheating. Korean J Appl Entomol 44(1): 67–72

Oh MS, Lee HS (2011) Development of phototactic test apparatus equipped with light source for monitoring pests. J Appl Biol Chem 53: 248–252

Paik WH (1983) Agricultural and forest entomology. Hyang mun sa, Seoul

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

Park JH, Lee HS (2016) Phototactic behavior 10: phototactic behavioral effects of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) adults to different light-emitting diodes of seven wavelengths. J Appl Biol Chem 59: 95–98

Song JE, Lee SG, Lee HS (2016) Effect of LED trap on controlling *Sitophilus*

- zeamais* and *Tribolium castaneum* in granary. J Appl Biol Chem 59: 129–132
- Tamulaitis G, Duchovskis P, Bliznika Z, Breive K, Ulinskaite R, Brazaityte A, Novičkovas A, Žukauskas A (2005) High-power light-emitting diode based facility for plant cultivation. J Phys D Appl Phys 38: 3182–3187
- Tzanakakis ME (1959) An ecological study of the Indian-meal moth *Plodia interpunctella* (Hübner) with emphasis on diapause. Hilgardia 29(5): 205–246
- Williams GC (1964) The life-history of the indian meal-moth, *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lep. Phycitidae) in a warehouse in Britain and on different foods. Ann Appl Biol 53: 459–475.
- Wu MC, Hou CY, Jiang CM, Wang YT, Wang CY, Chen HH, Chang HM (2007) A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. Food Chem 101: 1753–1758
- Yang JY, Cho KS, Chung NH, Kim CH, Suh JW, Lee HS (2013) Constituents of volatile compounds derived from *Melaleuca alternifolia* leaf oil and acaricidal toxicities against house dust mites. Appl Biol Chem 56: 91–94
- Yeh N, Chung JP (2009) High-brightness LEDs-energy efficient lighting sources and their potential in indoor cultivation. Renew Sust Energy Rev 13: 2175–2180.