

Effect of LED trap on controlling *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* in granary

Ja-Eun Song¹ · Sang-Guei Lee² · Hoi-Seon Lee¹ 

곡물저장창고에서 LED 트랩을 이용한 어리쌀바구미와 거릿쌀도둑거저리의 실증 유인효과

송자은¹ · 이상계² · 이희선¹

Received: 6 March 2016 / Accepted: 9 March 2016 / Published Online: 30 June 2016
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2016

Abstract This study was conducted to evaluate the attraction effects of *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* to light emitting diode (LED) trap in granary and compared with the black light bulb (BLB) trap, which is typical used in commercial trap. The red LED trap showed more attractive to *S. zeamais* and *T. castaneum* than that of the BLB. Moreover, the external condition of granary was about 1.5 times more attractive to *S. zeamais* and *T. castaneum* than the internal condition of granary. These results suggested that red LED trap could be useful to control *S. zeamais* and *T. castaneum* in granary.

Keywords Attractive effect · Light-emitting diode trap · *Sitophilus zeamais* · Stored-grain insects · *Tribolium castaneum*

서론

우리나라는 곡물 저장에 주로 통가리, 뒤주 및 곳간 등을 이용하였으며, 곡물의 저장환경이 미흡한 탓에 쥐 및 저곡해충 등에 의한 양적/질적 손실이 발생하는 것으로 조사되고 있다(Kim 2004). 곡물의 품질에 심각한 영향을 미치는 저곡해충은 해충 자체의 이동성보다 곡물이 농경지에서 생산되어 공급되는 과정에서 이동 및 전파가 되고 있다(Na과 Ryoo 2000). 특히 딱정벌레목은 먹이가 풍부한 환경에서 이동하지 않고 오랫동안 한곳에 증식하므로 뒷날개가 퇴화되어 곡물 사이로 이동이 용이하게 진화되었으며, 온대와 열대지역에서 재배되는 곡물, 가축사료 및 전분 등을 가해하여 큰 피해를 일으키는 해충으로 알려져 있다(Markham 등, 1994; Choi 등, 1996; Liu과 Ho 1999). 이러한 저곡해충을 방제하기 위한 노력으로 메틸브로마이드를 이용한 화학적 방제가 일반적으로 사용되고 있으나 이는 잔류로 인한 위험성이 높고 소량 흡입 시 체내 축적으로 인해 주요 선진국과 개발도상국의 경우에 2015년부터 사용이 제한되어 메틸브로마이드를 대체할 수 있는 대안을 찾고 있는 실정이다(Bell 2000; Kim과 Lee 2014). 따라서, 곡물의 저장과정에서 발생하는 저곡해충의 손실을 최소화하고 좋은 품질의 곡물을 소비자에게 공급하기 위한 새로운 형태의 방제법에 대해 연구가 절실한 실정이다.

이러한 새로운 방제법을 이용한 필요성에 의하여 대두된 Light-Emitting diode (LED) 특정 파장에서 해충들에 대한 유인 및 기피활성이 밝혀짐에 따라 새로운 형태의 친환경 방제기술로 LED 방제법에 대하여 연구가 진행 중이며, 이는 기존광원보다 고효율, 긴 수명 및 선택적 파장조절이 가능하여 화학적 방제법의 대안으로 대두되고 있다(Tamulaitis 등, 2005; Yeh와 Chung 2009; Jeon 등, 2012). LED 트랩을 이용한 친환경 해

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

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

²Pest Risk Assessment Division, Animal and Plant Quarantine Agency, Gimcheon 39660, 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.

충방제법으로 온실 내의 농업해충에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 저곡보관창고내의 저곡해충에 대한 연구는 미흡한 실정이다(Kim과 Lee 2012; Jeon 등, 2014; Park 등, 2014). 따라서 본 연구팀은 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리의 주광성 행동반응을 실험한 결과를 바탕으로 제작된 LED 트랩의 곡물저장창고내의 이용 가능성을 검토하기 위해 곡물저장창고에서 실증실험을 실시하였다.

재료 및 방법

시험해충

본 연구는 곡물의 저장에 가장 심각한 피해를 끼치는 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리를 연구실험실내 연구결과를 근거로 일반적으로 곡물저장을 위하여 사용되는 곡물저장창고내에서 실증실험을 진행하였다. 저곡해충은 국립농업과학원 농업생물부로부터 분양 받아 온도 27±1 °C, 상대습도 65±5 % 및 광주기 12L:12D 조건하의 항온항습실에서 누대 사육하였다. 어리쌀바구미는 플라스틱 사육상자(W30×L30×H20 cm)에 넣어 사육하였고, 공기순환을 위해 상단부에 공기구멍(W10×L10 cm)을 만들어서 방충망을 덧대었으며, 쌀을 먹이로 공급하여 누대 사육하면서 우화하는 유충을 사육하여 성충실험에 사용하였다. 거짓쌀도둑거저리는 시판 중인 밀가루를 사육 먹이로 제공하였으며, 플라스틱 상자(W30×L30×H30 cm)를 사육 공간으로 활용하였다.

LED 트랩

곡물저장창고내에서 진행된 실증실험을 위해 제작된 LED 트랩은 Fig. 1과 같다. LED 트랩에 사용된 red LED (625±10 nm)는 씨알엘이디(CR-LED, China)사에서 구입한 것을 사용하였고, 양성대조구로 사용된 BLB (Black light bulb) 는 씨엘라이트(Ciel light, Korea)사에서 구입한 제품을 실험에 사용하였다. LED 트랩은 상단부와 하단부에 장착된 LED 광원에 의해 저곡해충이 유인되며, 강력한 흡입력을 가진 팬에 의해 흡입되어 포집망에 포집되도록 제작하였다. 저곡해충 중에 유시충은 상단부에 장착된 LED 광원에 유인되고, 무시충은 하단부에 장착된 LED 광원에 의하여 유인되도록 설계하였다.

유인효과 검정방법

저곡해충의 검정실험 실험구는 적색 LED를 사용하였고, 양성대조구로는 BLB (Black light Bulb)를 사용하였으며, 곡물저장창고 내부와 외부에 빛 확산 및 간섭을 고려하여 LED 트랩을 설치하였다. 곡물저장창고 내부에서 저곡해충의 주광성 행동반응은 빛, 어둠 및 먹이를 조건으로 하여 진행하였으며, 외부에서는 외부로부터 유입되는 해충에 대한 방제를 위하여 빛과 어둠을 환경조건으로 하여 실험을 진행하였다. 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리에 대한 주광성 행동반응 측정을 위해 약 300마리의 성충을 방사하여 4일간 3반복하여 진행하였으며, 포집망에 포집된 개체수를 파악하여 LED 트랩의 유인 효과를 검정하였다.

통계분석

LED 트랩의 방제효과 실험은 3회 반복하여 진행하였으며, 언

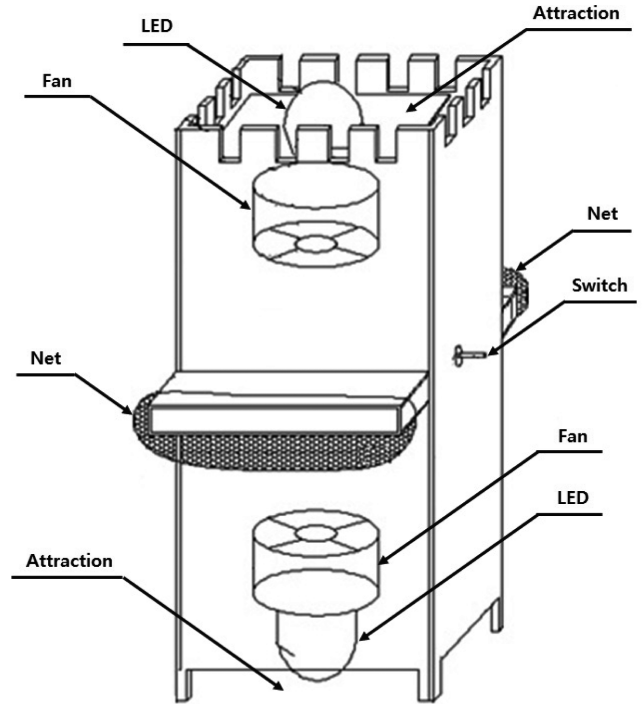


Fig. 1 LED Trap used in this study

어진 결과를 통계프로그램(SPSS)을 이용하여 평균 ± 표준오차 또는 백분율(%)로 결과 값을 표기하였다. 또한 분산분석(ANOVA)을 이용하여 결과 값의 유의성을 검정하였으며, 사후검정으로는 Duncan’s multiple-range test를 사용하였다.

결과 및 고찰

본 연구팀의 연구실에서 진행한 이전연구에서 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리의 LED 파장에 따른 행동반응을 조사하기 위하여 blue (470±10 nm), green (520±5 nm), yellow (590±5 nm), red (625±10 nm), UV (365 nm), IR (730 nm) LED를 이용하여 주광성 행동반응을 관찰한 결과는 red LED가 가장 우수한 유인활성을 나타내었다(Park 등, 2014; Park 등, 2015; Song과 Lee 2016). 이 결과를 바탕으로 곡물저장창고 내부와 외부에서 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리를 효과적으로 방제하기 위해 개발된 LED 트랩에 red LED를 장착하여 실험하였다. LED 트랩에 설치된 red LED의 유인활성과 비교하기 위하여 양성대조구로 BLB를 사용하여 곡물저장창고내에서 실증실험을 진행하였다.

어리쌀바구미는 곡물저장창고 내부에서 red LED 트랩으로 4일동안 실험한 결과 평균 128.4마리가 포획되었고, 외부에서 평균 201.4마리가 포획되었다(Table 1). 반면, 시중에서 널리 사용되고 있는 BLB의 경우 어리쌀바구미에 대한 유인 활성은 나타내었으나 곡물저장창고 내부에서 평균 62.8마리, 외부에서 평균 92.4마리로 red LED 보다 약 2.1배 낮은 개체수가 포획되었다. 거짓쌀도둑거저리는 곡물저장창고 내부에서 red LED 트랩으로 4일동안 실험을 진행한 결과는 평균 162.1마리, 외부에서 평균

Table 1 Attractive effects of LED trap against *Sitophilus zeamais* adults in the granary¹⁾

Wavelength (color)	Luminance intensity (lx)	Light exposure time (day)	Number of insect (Mean ± SEM) ²⁾	
			Internal	External
625±10 nm (Red)	60	1	92.4±1.8b	129.4±0.8ab
		2	108.5±3.2ab	155.4±2.6a
		3	121.6±1.5ab	194.0±0.6a
		4	128.4±2.7ab	201.4±2.9a
BLB (Control)	-	4	62.8±1.5b	92.4±2.0b

¹⁾Each value is the average of 3 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 *Tribolium castaneum* adults in the granary¹⁾

Wavelength (color)	Luminance intensity (lx)	Light exposure time (day)	Number of insect (Mean ± SEM) ²⁾	
			Internal	External
625±10 nm (Red)	60	1	92.3±1.3b	190.1±1.1a
		2	110.4±2.2ab	215.9±2.8a
		3	133.4±1.4ab	228.3±4.1a
		4	162.1±2.4a	244.5±2.6a
BLB (Control)	-	4	65.2±2.6b	90.4±0.8b

¹⁾Each value is the average of 3 determinations at optimal conditions, using 300 adult insects per replication

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

244.5마리가 포획되어 가장 높은 유인활성을 나타내었다. 대조구로 사용된 BLB는 곡물저장창고 내부에서 평균 65.2마리, 외부에서 평균 90.4마리로 거짓쌀도둑거저리에 대해 유인활성은 나타내었으나 red LED 보다 약 2.6배 낮은 유인활성을 나타내었다(Table 2).

실내검정에 있어서 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리의 주광성 행동반응은 red LED에서 우수한 유인활성을 나타낸다는 연구결과(Park 등, 2014; Park 등, 2015; Song과 Lee 2016)를 보여주었으나 실증실험에서는 낮은 유인활성을 보여주었으며, 이는 곡물저장창고 내부와 외부에서 진행된 실증실험이 환경적 조건(빛, 온도, 습도, 양분)에 의해 영향을 받은 것으로 사료된다. 곡물저장창고 내부에서 진행된 실험은 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리에 대한 LED 트랩의 유인활성을 확인하였으며, 저곡해충을 효과적으로 방제하기 위해 곡물저장창고 내부와 외부에서 실험을 진행하여 방제효과 차이를 조사하였다. 곡물저장창고 내부 실험은 빛, 어둠 및 먹이를 조건으로 하여 진행하였으며, 외부에서는 외부로부터 유입되는 해충에 대한 방제를 위하여 빛과 어둠을 환경조건으로 실험을 진행하였다. 그 결과 곡물저장창고 외부에서 진행된 실험이 내부 실험보다 유인활성이 약 1.5배 높게 나타났으며, 이는 먹이에 대한 조건이 저곡해충

에 영향을 끼쳐 LED 트랩의 유인활성을 감소시키는 것으로 보인다.

일반적으로 곤충들은 광수용기를 가지고 있어 감지할 수 있는 파장영역인 280–580 nm에 해당하는 파장에 대해서 좀 더 민감한 반응을 보일 수 있고, 이와 반대로 감지할 수 없는 파장영역은 빛에 대한 민감도가 낮게 나타나게 된다(Land 1997; Land와 Nilsson 2012). Kirkpatrick 등(1970)은 창고 실험에서 UV와 green light trap이 줄알락명나방(*Cadra cautella*)과 화랑곡나방(*Plodia interpunctella*)에 대한 유인효과가 있다고 보고되었으며, 이는 단파장 LED에 더 민감하게 반응한다는 것을 보여주고 있다. 하지만 곡물저장창고 내부 실증실험에서 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리는 red LED 트랩에 대해 유인활성을 나타내었다. 이에 본 연구결과에서는 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리는 장파장 LED에 민감하게 반응한다는 것으로 확인하였고, 곤충마다 다른 파장영역을 가진다는 것을 유추할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제시한 red LED 트랩은 곡물저장창고 내부 실험을 통해 효과적으로 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리를 유인할 뿐만 아니라 상업적으로 널리 이용되던 BLB 보다 우수한 유인활성을 확인할 수 있었으며, 이는 곡물저장창고 내부의 친환경 저곡해충 방제기술로써 적용 가능성을 기대한다.

초 록

곡물저장창고에서 light emitting diode (LED) 트랩의 실증실험을 통하여 이용 가능성을 검토하기 위하여 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리의 유인효과를 평가하였고, 상업적 대조구 black light bulb (BLB) 트랩과 비교하였다. 그 결과 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리에 대해 red LED 트랩은 BLB 트랩보다 높은 유인활성을 나타내었으며, 곡물저장창고 외부에서 진행된 실험은 내부 실험보다 약 1.5배 높은 유인활성을 보여주었다. 이러한 결과를 바탕으로 red LED 트랩이 곡물저장창고에서 친환경 저곡해충 방제기술로써 적용 가능성을 보여주었다.

Keywords 거짓쌀도둑거저리 · 어리쌀바구미 · 유인효과 · 저곡해충 · 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. PJ0100450 12016)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

Bell C (2000) Fumigation in the 21st century. *Crop Prot* 19: 563–569
 Choi K, Lee M, Han M, Ahn S, Hong K (1996) Stored product insect pests with pictorial key to larvae. NIAST, Republic of Korea, pp 192–193
 Jeon JH, Lee SG, Lee HS (2014) Efficiency of LED trap on controlling tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* adults in greenhouse. *J Appl Biol Chem* 57: 243–245
 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 DC (2004) Present status and future improvement for post-harvest of rice. *J Crop Sci Biotechnol* 49: 2–13
- Kim MG, Lee HS (2012) Attraction effects of LED trap to *Spodoptera exigua* adults in the greenhouse. *J Appl Biol Chem* 55: 273–275
- Kim MG, Lee HS (2014) Phototactic behavior 5: attractive effects of the angoumois grain moth, *Sitotroga erealella*, to light-emitting diodes. *Appl Biol Chem* 57: 259–262
- 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
- Land MF (1997) Visual acuity in insects. *Annu Rev Entomol* 42: 147–177
- Land MF, Nilsson DE (2012) *Animal eyes*. Oxford University Press, United Kingdom
- Liu Z, Ho S (1999) Bioactivity of the essential oil extracted from *Evodia rutaecarpa* Hook f. et Thomas against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J Stored Prod Res* 35: 317–328
- Markham R, Bosque-Pérez N, Borgemeister C, Meikle W (1994) Developing pest management strategies for *Sitophilus zeamais* and *Prostephanus truncatus* in the tropics. *FAO Plant Prot Bull* 42: 97–116
- Na JH, Ryoo MI (2000) The influence of temperature on development of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) on dried vegetable commodities. *J Stored Prod Res* 36: 125–129
- Park JH, Lee SM, Lee SG, Lee HS (2014) Attractive effects efficiency of LED trap on controlling *Plutella xylostella* adults in greenhouse. *J Appl Biol Chem* 57: 255–257
- Park JH, Sung BK, Lee HS (2015) Phototactic behavior 7: phototactic response of the maize weevil, *Sitotroga zeamais* motsch (Coleopter: Curculionidae), to light-emitting diodes. *Appl Biol Chem* 58: 373–376
- Song JE, Lee HS (2016) Phototactic behavior 9: phototactic response of *Tribolium castaneum* (Herbst) to seven light-emitting diodes. *J Appl Biol Chem* (in press)
- 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
- Yeh N, Chung JP (2009) High-brightness LEDs-energy efficient lighting sources and their potential in indoor cultivation. *Renew Sust Energ Rev* 13: 2175–2180