

Efficiency of LED Trap on Controlling Tobacco Whitefly, *Bemisia tabaci* Adults in Greenhouse

Ju-Hyun Jeon · Sang-Guei Lee* · Hoi-Seon Lee*

온실에 발생하는 담배가루이 성충에 대한 LED 트랩 방제효과

전주현 · 이상계* · 이희선*

Received: 19 February 2014 / Accepted: 28 February 2014 / Published Online: 30 September 2014
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2014

Abstract To evaluate light-emitting diode (LED) as potential attractants for *Bemisia tabaci* adults, attractiveness of white and yellow LED traps were investigated in greenhouse. The yellow LED trap showed the most attractive to *B. tabaci* adults, followed by a similarly attraction to the white LED trap, whereas the control (no light trap) was little attractive to *B. tabaci* adults. These results suggested that yellow and white LED traps could be used for environment-friendly insect pest control.

Keywords *Bemisia tabaci* · environment-friendly insect pest control · light-emitting diode trap

담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 노린재목 가루이과에 속하는 대표적인 농업해충으로 약 500여종의 기주 식물이 보고될 정도로 광범위한 기주범위를 가지는 주요 흡즙성 해충으로써 밀도가 높아지면 작물체가 고사하거나 생육이 부진하게 되어 토마토 등

일부 작물에서 착색불량과의 비율이 높아져 시설과채류를 중심으로 큰 피해를 주고 있는 해충이다(Bedford 등, 1994; Horowitz 등, 2005; Lee 등, 2013). 특히 담배가루이는 토마토황화잎말림 바이러스(TYLCV: tomato yellow leaf curl virus)를 비롯한 100종 이상의 바이러스를 매개할 수 있는 것으로 알려져 있어 각별한 주의를 필요로 하고 있다(Navas-Castillo 등, 2000; Zhang 등, 2005). 현재 담배가루이를 방제하기 위한 방법으로는 화학적 방제가 일반적으로 사용되고 있으나 짧은 생활사로 인한 약제 저항성 발현이 빠르게 나타나며 이미 다수의 약제에 폭넓은 저항성을 보이는 것으로 보고되어 효과적인 방제를 하기 어렵다(Devine과 Denholm 1998; Yang 등, 2002; Yang 등, 2003; Lee 등, 2013). 화학적 방제법의 단점을 보완하기 위해 최근에 담배가루이를 비롯한 온실해충을 방제하기 위한 방법으로 접착트랩(yellow sticky card trap), 스트레스 음파 및 특정 광원을 이용한 친환경 물리적 해충방제 개발에 많은 연구가 꾸준히 진행되고 있다(Chu 등, 2003; Park 등, 2011; Kim 등, 2012; Yang 등, 2013). 그 중에서도 기존 광원에 비해 높은 에너지 효율과 선택적인 파장 조절이 가능한 LED(light emitting diode)를 이용한 친환경 해충방제를 위한 연구가 주목되고 있다(Yeh과 Chung, 2009; Oh과 Lee, 2011; Kim과 Lee, 2012). 본 연구팀의 선행 연구에 따르면, LED를 이용한 담배가루이의 행동반응을 소규모 실내 실험을 실시한 결과 blue (470 nm), yellow (590 nm), green (520 nm) 및 red (625 nm) 파장에 대해 높은 유인활성을 나타내었다(Kim 등, 2012). 따라서 본 연구에서는 이전 연구 결과를 바탕으로 우수한 활성을 나타낸 4개의 파장영역을 모두 포함하는 white LED (450–625 nm) 및 황색 접착트랩에 유인활성을 나타낸다는(Chu 등, 2003) 문헌조사 결과를 반영하여 yellow LED (590 nm)를 선발하고, 제작된 LED 트랩의 시설재배지에서 이용 가능성을 검토하기 위해 온실에서 실증실험을 실시하였다.

본 연구에 사용한 담배가루이(*B. tabaci*)는 2012년 국립농업과학원 작물보호과에서 분양 받아 온도 25±1°C, 상대습도

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

S.-G. Lee
Crop Protection Division, Department of Crop Life Safety, National Academy of Agriculture Science, Wanju-gun 565-851, Republic of Korea

*Corresponding authors (H.-S. Lee: hoiseon@jbnu.ac.kr)
(S.-G. Lee: sglee@rda.go.kr)

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.

50±5% 및 광주기 16L:8D 조건하의 항온항습실에서 가지 (*Solanum melongena* L.)를 기주로 이용하여 누대 사육하였다.

담배가루이 행동반응 실험에 사용된 white LED (450–625 nm) 및 yellow LED (590 nm)는 씨엘라이트(Ciel light, Korea)사에서 구입하여 사용하였으며, Kim과 Lee (2012)에 의해 고안된 실험용 모빌형 포집장치를 바탕으로 본 연구 환경에 맞게 수정 및 보완하여 제작한 트랩을 사용하였다. 제작된 LED 트랩은 약제를 처리하지 않은 토마토 모종이 재배된 세동의 온실(100 m²)에 각각 2개씩 설치하였다. 실험구로 사용된 온실 A동 및 B동에는 white 및 yellow LED 트랩을 각각 작동시켰으며, 대조구로 사용된 온실 C동에는 광원장치를 장착하지 않은 트랩만 설치하였다. 각 장치에는 곤충을 포집하기 위한 투명한 sticky를 부착하여 사용하였다. LED 트랩은 빛의 확산 범위 및 간섭효과를 고려하여 설치하였으며, 높이는 일반적 예찰에 이용되는 작물높이에 위치시킨 후, 담배가루이 성충 약 1,000마리를 방사하여 기주에 정착할 수 있도록 하고, 담배가루이 성충 방사 이틀 후부터 일주일간 LED 트랩을 작동시켰다. LED 트랩의 작동시간은 조도센서를 부착하여 오후 8시부터 오전 8시까지 작동시켰으며, 이후 포획된 담배가루이 성충 개체수를 파악하여 유인효과를 검증하였다. 기주식물에서의 담배가루이 증식을 조사하기 위해 성충 포집활성에 대한 개체수 조사가 종료된 날부터 각각의 온실에서 기주 5주를 구역별로 선발하여 1주당 2개의 잎에 부착된 담배가루이 약충 개체수를 육안 조사하였다. 실험은 3반복으로 진행되었으며, 각각의 LED 트랩에 얻어진 결과를 SPSS(ver. 12, SPSS INC., USA)를 이용하여 평균±표준편차 또는 백분율(%)로 결과값을 나타내었다. 또한 분산분석(ANOVA)을 이용하여 결과 값의 유의성을 검증하였으며, 사후검정으로는 Tukey's HSD test를 사용하였다.

담배가루이를 효과적으로 방제하기 위해 개발된 해충포집장치에 white 및 yellow LED를 이용하여 파장에 따른 주광성 행동반응을 온실에서 조사하였다. 이들의 활성을 비교하기 위해 대조구로는 광원이 장착되지 않은 트랩만 설치된 온실에서 실험을 실시하였다(Table 1). 담배가루이 성충의 광원별 일일 포획 밀도 변화는 yellow LED 트랩에서 가장 높은 유인활성을 나타내었으며, white LED 트랩 또한 유사한 개체수가 포획되었다. 그러나 대조구로 사용된 광원이 설치되지 않은 트랩의 경우 광원이 설치된 트랩보다 적은 개체수가 포획되었다. Kim과 Lee (2012)는 담배가루이 성충에 대한 다양한 LED 광원의 주광성 행동반응을 기존에 사용되고 있는 광원(black light)과 함께 살내검정을 통해 비교 검증하였는데, blue (470 nm), yellow (590 nm), green (520 nm), red (625 nm) LED 및 black light에서 우수한 유인활성을 나타냄을 보고하였다. 또한, Chu 등 (2003)은 황색끈끈이 트랩과 530 nm LED를 결합한 트랩이 기존 트랩에 비해 담배가루이 포획능력이 향상되었다고 보고하였다. 본 실험에서 담배가루이에 대해 yellow LED를 이용한 온실에서의 유인활성을 검증한 결과는 이전 연구결과와 일치함을 관찰할 수 있었으며, 우수한 활성을 나타낸 파장대를 모두 포함하는 white LED (450–625 nm) 또한 유사한 결과를 나타내었다. 시간이 경과함에 따라 LED가 장착된 트랩에 포획되는 담배가루이 성충의 개체수가 점차 감소하였는데, 이는 광원이 장착되지 않은 트랩에서와 유사한 밀도 감소 양상을 나타내어 해충의 생활사에 의한 담배가루이 성충개체의 자연 감소임을 알 수 있다. 따라서 본 실험결과는 LED광원의 유인활성에 의한 담배가루이 개체 밀도 감소임을 알 수 있었으며, yellow LED 및

Table 1 Attraction effects of three types of traps against *Bemisia tabaci* adults in the greenhouse condition¹⁾

Day	Number of insects / trap / day (means ± SEM) ²⁾		
	White LED	Yellow LED	No LED
1 day	74.0±2.0a	84.0±3.0a	42.0±1.0b
2 day	71.5±1.5a	77.5±1.5a	32.0±1.0b
3 day	59.5±1.5a	73.5±1.5a	31.5±0.5b
4 day	54.0±2.0a	59.5±1.5a	24.0±1.0b
5 day	44.0±1.0a	51.5±0.5a	17.5±0.5b
6 day	26.0±2.0a	34.0±3.0a	5.5±0.5b
7 day	8.0±1.0a	13.5±0.5a	2.5±0.5b

¹⁾Each value is the average of 3 determinations with 1,000 adult insects per replication.

²⁾Means followed by the same letter in same row are not significantly different ($p=0.05$).

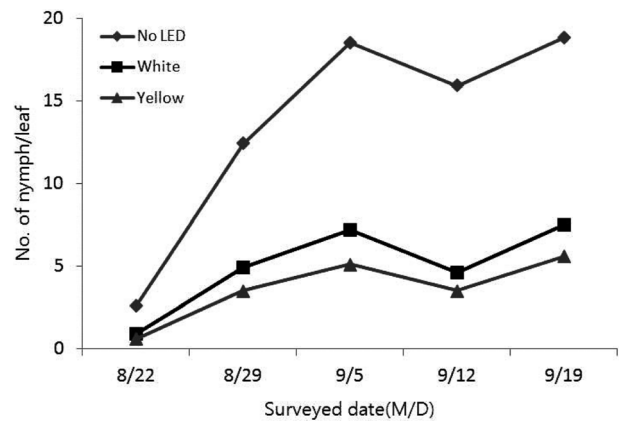


Fig. 1 Growth change of *Bemisia tabaci* nymph attached to the tomato leaves.

white LED의 유인활성에 대한 유의성은 나타나지 않았다.

기주식물에서 증식한 담배가루이 약충 수를 성충 포획실험이 끝난 시기부터 1주일 간격으로 4주간 육안 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 1주차 담배가루이 약충 수는 white LED 설치동, yellow LED 설치동 및 LED 무설치동에서 평균 0.9마리, 0.6마리, 2.6마리가 관찰되었으며, 3주차까지 LED 트랩이 설치된 온실에 비해 무설치동에서 약충 수가 빠르게 증가하는 경향을 보였다. 이는 LED 트랩이 설치된 온실은 빛에 의해 담배가루이 성충이 유인 및 포획되어 상대적으로 성충의 개체수가 감소되었기 때문에 LED무설치동보다 약충 발생밀도 또한 억제되는 것으로 생각할 수 있다. 그러나 4주차 관찰 결과 약충의 개체수가 약간 감소한 후 다시 증가하였는데 이는 담배가루이의 생활사를 고려해 보았을 때, 처음 산란된 알이 성충으로 우화되는 시기 때문에 감소된 것으로 판단된다.

Bishop 등(2004)의 연구에 의하면 일반적으로 곤충이 시각적으로 인지하는 파장은 가시광선 영역대(350–700 nm)로 알려져 있으며, 곤충 종에 따라 반응하는 파장이 다양하게 존재한다고 보고하였다. 이에 최근 농업에 문제가 되고 있는 나방류 및 노린재류와 같은 시설재배 해충방제를 위해 광원을 이용한 유인 및 기피반응에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있다(Junji 등, 2002). LED는 기존 조명에 비해 특정 파장 및 광량을 조

절할 수 있으며, 전력소모량이 적어 매우 경제적이란 장점을 가지기 때문에(Tamulaitis 등, 2005; Yeh과 Chung, 2009) 친환경적 해충방제를 위한 수단으로 주목되고 있다. 본 연구에서 제시한 yellow LED 및 white LED 광원은 온실내 실험을 통해 효과적으로 담배가루이 성충을 유인할 뿐만 아니라 그에 따른 약충의 밀도 감소 양상을 보여주면서 시설재배지내에서의 친환경적 해충방제에 적용 가능성을 시사하였다.

초 록

온실에 발생하는 담배가루이 성충에 대한 LED 트랩의 시설재배지내의 이용 가능성을 평가하기 위해 white LED (450–625 nm) 및 yellow LED (590 nm) 트랩과 광원이 장착되지 않은 트랩을 이용하여 유인활성을 비교하였다. 광원별 일일 포획 밀도 변화는 yellow LED 트랩에서 가장 높은 유인활성을 나타내었으며, white LED 트랩 또한 유사한 개체수가 포획되었다. 그러나 대조구로 사용된 광원이 설치되지 않은 트랩의 경우 광원이 설치된 트랩보다 적은 개체수가 포획되었다. 이러한 결과를 바탕으로 white LED 및 yellow LED 트랩이 시설재배지내에서의 친환경적 해충방제방법으로의 가능성을 보여주었다.

Keywords 온실가루이 · 친환경적 해충방제 · light-emitting diode 트랩

감사의 글 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 농식품 저장시설지내 LED 광원을 이용한 저극해충용 방제기술 개발, 세부과제번호: PJ1004501)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Bedford ID, Bridson RW, Brown JK, Rosell RC, and Markham PG (1994) Geminivirus transmission and biological characterisation of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographic regions. *Ann Appl Biol* **125**, 311–25.
- Bishop AL, Worrall RJ, Spohr LJ, Mckenzie HJ, and Barchia IM (2004) Improving light-trap efficiency for *Culicoides* spp. with light-emitting diodes. *Vet Ital* **40**, 266–9.
- Chu CC, Jackson CG, Alexander PJ, Karut K, and Henneberry TJ (2003) Plastic cup traps equipped with light-emitting diodes for monitoring adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J Econ Entomol* **96**, 543–6.
- Devine GJ and Denholm I (1998) An unconventional use of piperonyl butoxide of managing the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Bull Entomol Res* **88**, 601–10.
- Horowitz AR, Kotsedalov S, Khasdan V, and Ishaaya I (2005) Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxifen resistance. *Arch Insect Biochem Physiol* **58**, 216–25.
- 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 ultrahigh luminance light-emitting diodes. Characteristics of insect electroretinograms (EGR) with respect to wavelength and frequency of pulsed light stimuli. *J Jpn Soc Agric Mach* **64**, 76–82.
- Kim MG and Lee HS (2012) Attraction effects of LED trap to *Spodoptera exigua* adults in the greenhouse. *J Appl Biol Chem* **55**, 273–5.
- Kim MG, Yang JY, Chung NH, and Lee HS (2012) Photo-response of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae), to light-emitting diodes. *J Korean Soc Appl Biol Chem* **55**, 567–9.
- Lee SW, Song MK, Ahn KS, Kim YJ, Moon YS, Koo HN et al. (2013) Insecticidal activity and behavioral disorders by pyriproxyfen to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. *Kor J Pestic Sci* **17**, 33–40.
- Navas-Castillo J, Camero R, Bueno M, and Moriones E (2000) Severe yellowing outbreaks in tomato in Spain associated with infections of Tomato chlorosis virus. *Plant Dis* **84**, 835–7.
- Oh MS and Lee HS (2011) Development of phototactic test apparatus equipped with light source for monitoring pests. *J Appl Biol Chem* **53**, 248–52.
- 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*. *Kor 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 JY, Cho KS, Chung NH, Kim CH, Suh JW, and Lee HS (2013) Constituents of volatile compounds derived from *Melaleuca alternifolia* leaf oil and acaricidal toxicities against house dust mites. *J Korean Soc Appl Biol Chem* **56**, 91–4.
- Yang YC, Lee SG, Lee HK, Lee SH, and Lee HS (2002) A piperidine amide extracted from *Piper longum* L. fruit shows activity against *Aedes aegypti* mosquito larvae. *J Agri Food Chem* **50**, 3765–7.
- Yang YC, Lim MY, and Lee HS (2003) Emodin isolated from *Cassia obtusifolia* (Leguminosae) seed shows larvicidal activity against three mosquito species. *J Agric Food Chem* **51**, 7629–31.
- 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.
- Zhang LP, Zhang YJ, Wu QJ, Xu BY, and Chu D (2005) Analysis of genetic diversity among different geographical populations and determination of biotypes of *Bemisia tabaci* in China. *J Appl Entomol* **129**, 121–8.