

## LED 광원에 대한 갈색여치의 행동반응

정명표 · 방혜선\* · 김명현 · 한민수 · 나영은 · 강기경 · 이덕배

농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 기후변화생태과  
(2009년 11월 20일 접수, 2009년 12월 10일 수리)

### Response of Ussur Brown Katydid, *Paratlanticus ussuriensis* to Light-Emitting Diodes(LED)

Myung-Pyo Jung, Hea-Son Bang\*, Myung-Hyun Kim, Min-Su Han, Young-Eun Na, Kee-Kyung Kang, and Deog-Bae Lee  
(Climate Change & Ecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707)

**ABSTRACT:** This study was conducted to determine the phototactic response of *Paratlanticus ussuriensis* to different wavelength of light by the use of LEDs and to provide a basic information for developing an improved trap with the longer trapping efficiency to control environment-friendly this katydid. *P. ussuriensis* were attracted to the single LED light source, especially, blue and white. For the multiple LED light sources, the movement of *P. ussuriensis* was not significantly different among LED-light bands. Overall, *P. ussuriensis* had a tendency to move to light source although they were not attracted to a specific wavelength of light. These methods may be used as information for conducting a phototactic response of other insects.

**Key Words:** LED, *Paratlanticus ussuriensis*, Phototactic response, Trap

## 서 론

메뚜기목(Orthoptera) 여치과(Tettigoniidae)의 갈색여치(*Paratlanticus ussuriensis*)는 제주도를 제외한 국내 대부분의 산림지역에 서식하는 것으로 알려져 있다. 하지만 2001년 이전까지 농작물에 피해를 준 보고가 없어 해충으로 분류되지 않았다. 하지만 2001년 충북 충주 및 단양 지역의 과수농가에 피해가 보고된 이후로, 최근 충북 영동지방을 중심으로 옥천, 청원, 보은 등의 과수농가에 큰 피해를 주고 있다<sup>1)</sup>.

아프리카, 호주 등지에서는 화학적 방제법과 병행하여 곤충병원성 선충 및 곰팡이, 알 기생 천적 등을 이용하여 대발생하는 메뚜기류를 방제하고 있다<sup>1)</sup>. 국내에서는 갈색여치의 효과적인 방제를 위해서 갈색여치 산란 및 섭식 특성<sup>2,3)</sup>, 살충제에 대한 감수성<sup>4)</sup>, 발생소장 및 발육특성<sup>5)</sup>, 휴면타파 조건<sup>6)</sup> 등의 생태적 연구가 이루어지고 있으며,

섭식유인제(막걸리, 어분, 과즙 등)를 이용한 친환경적 방제법이 개발되었다<sup>7)</sup>. 하지만 이 방법은 유인력은 높은 반면, 지속일이 3-4일 정도로 짧은 단점이 있기 때문에 장기간 지속적으로 갈색여치를 효과적으로 유인할 수 있는 채집방법의 개발이 필요하다.

일반적으로 곤충은 350-700 nm 범위의 빛 파장을 인지하고 반응한다. 하지만 곤충종에 따라 반응하는 빛 파장 영역은 다양하다<sup>8)</sup>. 빛에 대한 곤충 눈의 반응은 광자유입 밀도(photon flux density)와 파장에 따라 영향을 받는다. 일반적으로 유아등에 사용되고 있는 백열등은 최대 700 nm 파장을 보이지만 400 nm이하의 파장은 보이지 않으며, 백열등의 파장보다 짧은 파장에서 최대 파장 감응성을 보인다.

한편, 최근에 생산되고 있는 LED등은 에너지 효율적이며, 400-700 nm 범위에서 백열등보다 훨씬 더 높은 총광자유입밀도(total photon flux density)가 높다. 또한 LED등은 특정 파장에 대해 백열등보다 더 높은 총광자유입밀도 파장을 만들어 낼 수 있는 이점이 있다. 이에 일본을 비롯한 여러나라에서 LED를 이용하여 노린재류, 나방류, 모기류와 같은 해충을 방제하기 위한 방법이 연구되고 있다<sup>9-11)</sup>.

\*연락처:

Tel: +82-31-290-0236 Fax: +82-31-290-0208  
E-mail: banghs1@korea.kr

따라서, 본 연구는 지속적이며 효과적으로 갈색여치를 유인할 수 있는 방법을 개발하기 위한 기초 정보를 얻기 위해 LED등을 사용하여 서로 다른 빛 파장에 대한 갈색여치의 광주성을 파악하였다.

**재료 및 방법**

갈색여치는 충북 영동지역에서 2009년 4월부터 5월까지 약충을 채집하여 국립농업과학원 기후변화생태과 항온실(25±2 °C, 40-60% RH, L:D = 14:10)에서 개체사육하였다. 밀기울과 어분을 1:1 비율로 섞은 먹이를 물과 함께 공급하였고, 곰팡이가 생기지 않도록 매일 신선한 먹이로 교체하였다.<sup>2)</sup> LED 광원은 빛 파장대별로 적색, 황색, 녹색, 청색, 백색 LED 등을 사용하였으며, 사용한 LED의 파장은 분광복사계(FieldSpec FR, ASD Inc., USA)를 이용하여 파장을 측정하였다(Fig. 1). 광원에서 수직방향으로 50 cm 떨어진 위치에서 측정한 적색, 황색, 녹색, 청색, 백색 LED의 밝기는 각각 130, 110, 245, 256, 245 lux였다.

**단일광원실험**

개체사육한 갈색여치를 이용하여 단일광원에 대한 갈색여치의 광주성 반응을 각 광원별로 5-6명 갈색여치 30마리를 이용하였으며, 실험에 사용된 실험용기(10 cm × 10 cm × 100 cm)는 빛 반사 효과를 최소화하기 위하여 무광 흑색아크릴을 이용하여 제작하였다(Fig. 2). 제작된 갈색여치 광주성 반응 실험용기는 한쪽 면에 LED등을 설치하고 반대쪽 면에는 LED등을 설치하지 않은 직육면체모양의 장치이다. 실험용기 중심부에 갈색여치를 한 마리씩 투입

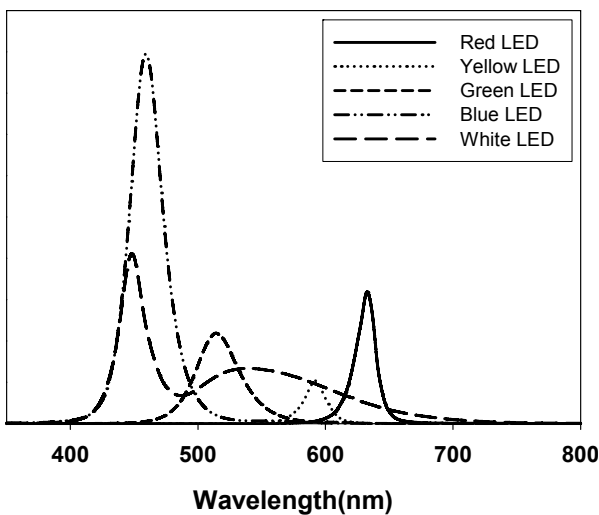


Fig. 1. Wavelength of LED used for phototactic response test of *P. ussuriensis*. The peak wavelength of red, yellow, green, blue, and white LED was 633, 592, 514, 460, 448 nm, respectively. The 2nd peak wavelength of white LED was 538 nm.

하고 30분경과 후 갈색여치의 위치를 광원에서 35 cm 범위 내 있는 것은 광원에 반응하는 개체로, 광원에서 35-65 cm 범위에 위치한 개체는 무반응개체, 광원에서 65 cm 이상에 위치하는 개체는 무광원쪽이동 개체로 나누어 기록하였으며, 갈색여치를 실험용기에 투입한 후 위치변화가 없었던 개체는 광원에 반응하지 않은 개체로 간주하였다. 카이스퀘어 검증(chi-square test)을 이용하여 광원 및 무광원간 갈색여치의 유인정도를 분석하였다.

**다중광원실험**

다중광원에 대한 갈색여치의 광주성 반응 실험은 적색, 황색, 녹색, 청색, 백색 LED등 및 무광원을 동시에 설치한 무광흑색아크릴 실험용기(100 cm × 100 cm × 30 cm)에서 실험을 수행하였다(Fig. 3). 실험용기 중심부에 갈색여치를 투입한 후 1분, 10분, 30분 후 갈색여치의 위치를 기록하였으며, 30마리씩 3반복 실험을 수행하였다. ANOVA

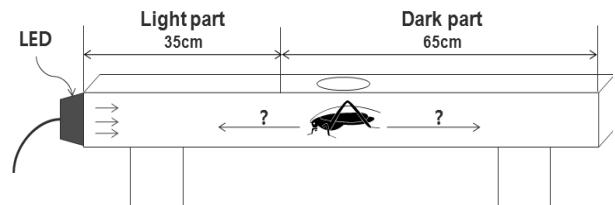


Fig. 2. Diagram of test case on the single LED source for phototactic response of *P. ussuriensis*.

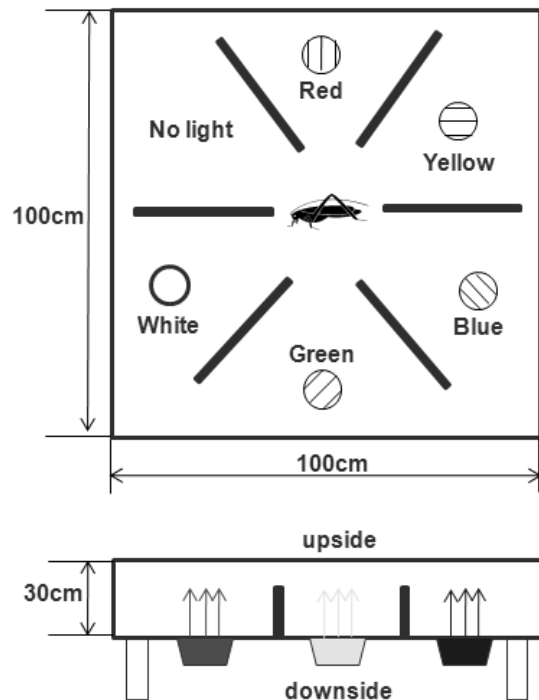


Fig. 3. Diagram of test case on the multiple LED sources for phototactic response of *P. ussuriensis*.

를 이용하여 각 시간대별로 처리구간 갈색여치의 위치를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

단일광원에 의한 반응 실험에서 갈색여치는 적색, 황색, 청색, 백색 LED 광원쪽으로 이동하는 특징을 보였다 ( $p < 0.05$ ) (Table 1). 특히 청색 LED와 백색 LED 쪽으로, 즉 빛 파장이 500 nm 이하를 나타내는 광원쪽으로 많은 개체가 이동하였다. 녹색 LED의 경우 광원쪽 이동개체수와 무광원쪽 이동개체수간 통계적인 차이는 보이지 않았지만 ( $p > 0.05$ ), 광원쪽으로 더 많이 이동하는 경향을 보였으며, 이는 갈색여치를 투입 후 움직임이 없는 개체를 광원에 반응하지 않는 개체로 처리하였기 때문이다. 비록 적색 및 황색 LED의 밝기가 다른 광원에 비해 낮았지만, 밝기에 따른 차이는 보이지 않았다.

다중광원에 의한 반응 실험에서 갈색여치는 특정 LED 광원에 대한 광주성을 보이지 않았다 (Table 2). 갈색여치 투입 후 1분후에는 움직임이 없는 개체가 유의하게 많았으나 ( $p < 0.05$ ), 이 후부터는 실험용기를 자유롭게 움직이면서 처리구간 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 하지만 광원지역 이동개체수, 무광원지역 이동개체수, 부동개체수간 비교를 하였을 때, 광원지역으로 이동한 개체들이 다른 처리구쪽으로 이동한 개체보다 통계적으로 유의하게 많았다 ( $p < 0.05$ ). 즉, 갈색여치는 특정 빛 파장에 반응하지는 않았지만, 광원쪽으로 이동하는 광주

성을 보였다.

곤충은 일반적으로 자외선, 청색, 녹색의 세 종류의 빛을 볼 수 있다<sup>12</sup>. 곤충의 빛 인지기관인 홑눈(ocelli)은 단파장의 빛을 더 쉽게 인지하기 때문에 대부분의 곤충들은 단파장과 고팡자유입밀도에 더 많이 유인되는 경향을 보인다<sup>13</sup>. 하지만 서로 다른 빛 파장에 대해서 반응하는 곤충 종 및 개체수는 다양하다<sup>14</sup>. 등에모기(*Culicoides* spp.)는 녹색 혹은 청색 빛에 광주성을 보이며, 백열등 보다는 LED 등, 특히 녹색 LED 등에 훨씬 많은 개체들이 채집되었으며 녹색 LED의 밝기가 증가할수록 채집되는 등에모기 개체수가 증가하였다. 하지만, 백열등 밝기의 110 lux 이상의 밝기에서는 채집된 개체수에 유의한 차이를 보이지 않았다<sup>10</sup>. 이런 특징을 이용하여 등에모기를 방제하기 위한 녹색 LED 유아등이 개발되었다<sup>11</sup>. 본 실험에서 이용된 LED 등의 밝기가 모두 110 lux 이상을 보였기 때문에 밝기에 의한 차이는 크지 않을 것으로 판단된다. 고구마바구미(*Euscepes postfasciatus*)는 황색, 녹색, 청색 LED에 광주성을 보였다<sup>15</sup>. 여섯 종류의 광원(백색, 적색, 황색, 녹색, 청색, 자외선)에 대한 곤충별 유인 실험에서 적색광에서 가장 적은 곤충이 채집되었으며, 자외선광에서 가장 많은 곤충이 채집되었다. 그리고 특히 메뚜기목의 곤충은 적색이나 자외선광보다는 청색광에서 더 많이 채집되었다<sup>13</sup>. 이와 같은 연구결과들은 비록 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만, 본 연구에서 단일광원 실험에서 청색광에 메뚜기목인 갈색여치가 더 많이 유인된 결과와 일치한다.

갈색여치는 특정파장에 대한 광주성을 나타내지 않았

Table 1. Response of *P. ussuriensis* on single LED light source

Light color	Peak wavelength	Light part (individuals)	Dark part (individuals)	$\chi^2$	p
Red	633 nm	21	9	4.80	0.0285
Yellow	592 nm	21	9	4.80	0.0285
Green	514 nm	20	10	3.33	0.0679
Blue	460 nm	24	6	10.80	0.0010
White	448 nm (1st) 538 nm (2nd)	24	6	10.80	0.0010

Table 2. Individuals of *P. ussuriensis* (mean±S.E) in each LED source for multiple choice test

Movement direction	After 1min	After 10min	After 30min
Red LED	2.7±1.45b	4.3±0.88	6.3±0.88
Yellow LED	1.0±0.58b	2.0±1.53	3.3±1.76
Green LED	2.7±1.67b	3.3±0.88	5.3±0.88
Blue LED	3.7±1.20b	3.3±0.67	2.3±1.20
White LED	4.7±0.88ab	4.0±1.00	4.3±1.86
Dark part	3.7±2.03b	5.0±2.89	4.0±2.08
No movement	11.7±2.40a	8.0±2.08	4.3±1.20

The same letter within a column indicates that mean values are not significantly different at  $\alpha = 0.05$ .

다. 하지만, 곤충의 광주기성은 식생, 기온, 습도, 토양상태와 같은 환경조건에 영향을 받기 때문에<sup>13)</sup>, 향후 실제 포장에서 빛 파장별 유인 및 포획실험을 통해 LED 유아등의 효율성을 검증할 필요성이 있다. 그리고 본 실험에서 사용된 방법은 향후 다른 해충의 유아등 개발에 유용한 기초 정보로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 요 약

효과적이면서, 지속적으로 갈색여치를 방제하기 위한 방법을 찾기 위하여 빛파장별 LED등에 대한 갈색여치의 광주성을 살펴보았다. 단일광원실험에서 모든 광원쪽으로 갈색여치가 이동하였고, 다중광원실험에서는 비록 특정 광원에 대한 특이적 반응은 나타나지 않아 각 처리간 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만, 무광원 지역보다는 광원지역으로 더 많이 이동하는 특징을 보였다. 즉 갈색여치는 특정 파장에 대한 선호성을 보이지는 않았지만, 빛에 대한 광주성을 가진 것으로 판단된다. 향후 LED 유아등의 효율성을 평가하기 위해 포장실험이 수행되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구비(RIMS 20071390098000002)와 어젠다연구비(200901FHT051430505) 및 박사후연수과정지원사업으로 수행되었으며, 연구를 원활히 수행할 수 있도록 도와주신 홍혜경님께 감사드립니다.

## 참고문헌

- Lomer, C. J., Bateman, R. P., Johnson, D. L., Langewald, J., and Thomas, M. (2001) Biological Control of Locusts and Grasshoppers, *Annu. Rev. Entomol.* 46, 667-702.
- Na, Y.-E., Bang, H.-S., Kim, M.-H., Han, M.-S., Kim, M.-K., Roh, K.-A., Lee, J.-T., and Choi, D.-R. (2007) The Characteristic on Egg-Laying and Vegetation Grazing of *Paratlanticus ussuriensis*, *Korea J. Environ. Agric.* 26(4), 364-366.
- Bang, H.-S., Na, Y.-E., Han, M.-S., Kim, M.-H., Roh, K.-A., and Lee, J.-T. (2008) Oviposition Characteristics of the Ussur Brown Katydid, *Paratlanticus ussuriensis* (Orthoptera: Tettigoniidae), *Korea J. Environ. Agric.* 27(3), 274-278.
- Ahn, K.-S., Yang, J.-O., Noh, D.-J., Yoon, C., and Kim, G.-H. (2007) Susceptibility of ussur brown katydid, to *Paratlanticus ussuriensis* (Orthoptera: Tettigoniidae) commercially registered insecticides, *Korea J. Pest. Sci.* 11(3), 194-200.
- Moon, S.-R., Noh, D.-J., Yang, J.-O., Yoon, C., Ahn, K.-S., and Kim, G.-H. (2009) Seasonal Occurrence and Developmental Characteristics of Ussur Brown katydid, *Paratlanticus ussuriensis* Uvarov (Orthoptera: Tettigoniidae), *Koran J. Appl. Entomol.* 48(1), 11-19.
- Bang, H.-S., Kim, M.-H., Jung, M.-P., Han, M.-S., Na, Y.-E., Kang, K.-K., Lee, D.-B., and Lee, K.-Y. (2009) Effects of Chilling and Overwintering Temperature Conditions on the Termination of Egg Diapause of the Ussur Brown katydid *Paratlanticus ussuriensis*, *Koran J. Appl. Entomol.* 48(2), 221-227.
- Noh, D.-J., Yang, J.-O., Moon, S.-R., Yoon, C., Kang, S.-H., Ahn, K.-S., and Kim, G.-H. (2008) Attractants and Trap Development for Ussur Brown Katydid, *Paratlanticus ussuriensis* (Orthoptera: Tettigoniidae), *Korea J. Pest. Sci.* 12(3), 256-261.
- Land, M. S. (1997) Visual acuity in insects, *Annu. Rev. Entomol.* 42, 147-177.
- Junji, H., Makoto, A., Tomoki, N., Toshio, M., Tetsuo, Y., and Hiroki, I. (2002) Studie on the control of insect pest using illuminators made from Ultra-High Luminance Light-Emitting Diodes. Characteristics of insect electroretinograms (ERG) with respect to wavelength and frequency of pulsed light stimuli, *J. Jpn. Soc. Agric. Mach.* 64(5), 76-82.
- Bishop, A. L., Worrall, R., Spohr, L. J., McKenzie, H. J., and Barchia, I. M. (2004) Response of *Culicoides* spp. (Diptera: Ceratopogonidae) to light-emitting diodes, *Aust. J. Entomol.* 43, 184-188.
- Bishop, A. L., Bellis, G. A., McKeizie, H. J., Spohr, L. J., Worrall, R. J., Harris, A. M., and Melville, L. (2006) Light trapping biting midges *Culicoides* spp. (Diptera: ceratopogonidae) with green light-emitting diodes, *Aust. J. Entomol.* 45, 202-205.
- Birscoe, A.D. and Chitka, L. (2001) The evolution of color vision in insects, *Annu. Rev. Entomol.* 46, 471-510.
- Ashfaq, M., Khan, R. A., Khan, M. A., Rasheed, F., and Hafeez, S. (2005) Insect orientation to various color lights in the agricultural biomes of Faisalabad, *Pak. Entomol.* 27, 49-52.
- White, E. G. (1989) Light trapping frequency and data analysis - a reply. *N. Z. Entomol.* 12, 91-94.
- Nakamoto Y. and Takushi, J. (2002) A newly developed LED trap for the West Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) (Coleoptera: Curculionidae), *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 46, 145-151.