

# 애반딧불이 실내사육과정에서 알과 성충의 계절적 특성

김강혁\* · 김하곤 · 정재훈

무주농업기술센터

## Seasonal Characteristics of Eggs and Adults of *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae) Reared in the Laboratory

Kang-Hyeok Kim\*, Ha-Gon Kim and Jae-Hun Jeong

Muju Agricultural Technology Center, Chonbuk 568-803, Republic of Korea

**ABSTRACT:** Seasonal changes in the firefly (*Luciola lateralis*) were studied in the laboratory to understand biological characteristics. Fecundity varies with seasons; these were measures at  $162.0 \pm 8.67$  in the winter,  $226.9 \pm 15.84$  in the spring and  $166.6 \pm 9.3$  in the summer. Seasonal change also influenced oviposition period ( $6.9 \pm 0.59$  days in the winter,  $16.1 \pm 1.10$  days in the spring and  $8.2 \pm 0.61$  days in the summer). The firefly oviposited every  $2.5 \pm 0.22$  days in the winter,  $3.9 \pm 0.25$  days in the spring, and  $2.3 \pm 0.14$  days in the summer. Oviposition occurred 3 times in the winter, and 4 times in the spring and summer. The number of eggs per cycle was  $52.2 \pm 4.56$  and  $55.9 \pm 4.38$  in winter and spring, respectively, and was lower in the summer ( $42.2 \pm 3.76$ ). Egg period significantly differed among seasons. The life span of the firefly was  $17.9 \pm 0.14$  days in the winter,  $19.7 \pm 0.25$  days in the spring and  $16.5 \pm 0.43$  days in the summer.

**Key words:** Fecundity, Firefly, Life span, *Luciola lateralis*, Oviposition,

**초 록:** 실험실 내에서 계절의 변화에 따른 애반딧불이(*Luciola lateralis*)의 계절적 특성을 조사하였다. 그 결과 산란 수는 겨울  $162.0 \pm 8.67$ 개, 봄  $226.9 \pm 15.84$ 개, 여름  $166.6 \pm 9.3$ 개였다. 산란 기간은 겨울  $6.9 \pm 0.59$ 일, 봄  $16.1 \pm 1.10$ 일, 여름  $8.2 \pm 0.61$ 일 이었다. 산란 간격은 겨울  $2.5 \pm 0.22$ 일, 봄  $3.9 \pm 0.25$ 일, 여름  $2.3 \pm 0.14$ 일 이었고, 산란 횟수는 겨울  $3.1 \pm 0.17$ 회, 봄  $4.1 \pm 0.29$ 회, 여름  $3.9 \pm 0.23$ 회 이었으며, 일회 산란 수 겨울  $52.2 \pm 4.56$ 개, 봄  $55.9 \pm 4.38$ 개, 여름  $42.2 \pm 3.76$ 개였다. 난기간은 겨울  $25.3 \pm 0.13$ 일, 봄  $29.6 \pm 0.18$ 일, 여름  $26.8 \pm 0.09$ 일 이었으며 부화하는데 걸리는 기간은 겨울  $3.0 \pm 0.28$ 일, 봄  $6.4 \pm 0.50$ 일, 여름  $4.6 \pm 0.32$ 일 이었다. 알의 부화율은 겨울 99.9%, 봄 99%, 여름 100%이었다. 계절별 성충 수명은 겨울 암컷  $15.8 \pm 0.15$ 일, 수컷  $20.8 \pm 0.21$ 일 이었으며, 봄 암컷  $18.0 \pm 0.31$ , 수컷  $21.4 \pm 0.37$ 일 이었고, 여름 암컷  $16.7 \pm 0.43$ 일, 수컷  $16.3 \pm 0.74$ 일 이었다. 또한 성충의 평균 수명을 보면 겨울  $17.9 \pm 0.14$ 일, 봄  $19.7 \pm 0.25$ 일, 여름  $16.5 \pm 0.43$ 일 이었다.

**검색어:** 애반딧불이, 산란수, 성충수명, 난기간, 산란기간

우리나라의 반딧불이는 3아과 6속 8종이 서식하는 것으로 보고 되었으나(Anonymous, 1994) 현재 서식이 확인된 종으로는 총 5속 6종으로 알려져 있다(Kang, 2012). 이들 반딧불이는 우리나라 전역에 걸쳐 분포하고 있으나 자연환경의 변화로 인해 개체의 감소가 급격하게 진행되고 있다. 따라서 이들 반딧불이의 중요성이 강조되고 있으며, 환경지표곤충, 우리의 옛 추억을 불러 일으켜 주는 정서곤충으로서 중요한 위치를 차지하고

있다. 이처럼 중요한 위치를 차지하는 반딧불이를 보존하기 위하여 1982년 '무주 설천면 일원의 반딧불이와 그 먹이(다슬기) 서식지'를 천연기념물 322호로 지정하였고(Kim and Nam, 1981), 2002년 1월 '무주 일원의 반딧불이와 그 먹이(다슬기) 서식지'로 명칭을 변경하고 3곳으로 확대 지정하였다.

최근 반딧불이의 중요성만큼이나 여러 지방자치단체들의 반딧불이를 테마로 한 축제에 관심이 뜨겁게 달아오르고 있으며 반딧불이를 관광산업에 이용하려는 움직임이 많아 졌다. 잘 알려진 바와 같이 전북 무주에서는 반딧불이를 주제로 매년 축제가 열려 해마다 수십만의 관광객을 모으는 중요한 관광자원

\*Corresponding author: [bioagr@korea.kr](mailto:bioagr@korea.kr)

Received November 28 2013; Revised March 25 2014

Accepted June 11 2014

이자 무주를 알리는 브랜드자원이다. 이런 흐름과 더불어 한정된 공간에서 대량 사육 방법을 개발하여 연중 반딧불이 성충을 우화시켜 무주를 찾는 관광객들에게 보여주고, 자연에 복원하는 사업들이 진행되고 있는데 실내 대량 사육과정에서 계절의 변화에 따른 애반딧불이의 발육에 차이가 있음을 인지하게 되었으며 이미 보고된 연구 결과들이 각각 다른 결과를 보여주고 있다(Kim et al., 2008; Kim et al., 2003; Lee et al., 2003; Noh et al., 1990; Oh et al., 2009). 본 연구를 통하여 실험실 내에서 동일하게 사육된 유충들이 자연의 계절적 변화에 따라 성충수명, 산란 수 등의 차이를 밝히고자 한다. 또한 이를 이용하여 대량 사육 시 계절이 변화됨에 따라 사육을 보다 효율적으로 할 수 있는 기초 자료를 확보하며, 자연환경에 복원하기 위한 자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 성충우화

무주군농업기술센터 반딧불이 연구소에서 자연개체 채집(2004년) 후 야외 개체를 추가 보충하지 않고 누대 사육중인(7세대) 애반딧불이 종령 유충(다자란 애반딧불이 유충은 등쪽 꼬리 부위에 좌우 두 개의 약한 발광이 이루어 지는데 이 시기를 종령 유충으로 본다.)을 실험에 사용하였다. 또한 종령 유충은 땅으로 상륙시키지 않으면 우화할 수 없다. 이런 특성을 이용하여 우화시키고자 하는 시기에 유충을 상륙시켜 성충 우화 실험을 하였다. 애반딧불이 우화를 위해 기존 방법(Oh et al., 2009) 응용하여 만든 어패류상자(75 × 43 × 21 cm)안에 흙을 3 cm 높이로 바닥에 깔고 물이 고이지 않을 정도의 물로 흙을 적신 후 상자 당 종령 유충을 500마리씩 넣고 덮개를 덮어 고치를 지어 우화 할 수 있도록 사육실 안에 넣었다. 사육실 사육 환경은 광주기(L:D=16:8), 습도(75±5%), 온도는 20±0.5℃로 주었다. 우화한 성충은 매일 우화한 개체를 일별로 구분하고, 페트리디쉬에 10 × 10 cm의 천을 넣어주고 페트리디쉬를 기울였을 때 물이 흐르지 않을 정도의 수분을 공급하여주었다. 성충 수명은 페트리디쉬당 20마리를 넣어 매일 죽은 성충을 암수 구분하여 기록하였고, 죽은 개체는 제거하여 중복 계수를 피하였다.

### 산란 유도

위와 같이 강제 상륙시킨 종령 유충을 20일이 지난 시점부터 매일 09시에 우화 여부를 조사하였다. 암·수 각각 30개체 이상 우화한 날 암컷과 수컷을 각각 1마리씩 준비하여 직경 14.5 cm

높이 2 cm의 페트리디쉬에 2.5 × 2.5 cm의 녹색 천 조각을 놓고 물을 스포이드로 3방울 떨어뜨려 주었다. 24시간마다 산란 여부를 확인하여 암컷의 산란전기간을 조사하였다. 산란된 페트리디쉬는 산란 일을 기재하고 난기간 조사에 이용하였다. 이와 같은 방법을 반복하여 1회 산란 수와 암컷 1마리당 산란 수를 조사하였다. 각 암컷에 번호를 부여하여 산란기간과 산란횟수를 조사하였다.

### 부화 유도

산란된 천이 들어있는 페트리디쉬에는 암컷의 번호와 산란 횟수, 산란 일을 적은 후 천이 잠길 정도로 물을 부어 알이 부화될 수 있도록 놓아두었다. 알이 부패되지 않도록 5일마다 물을 교환하여 주었다.

산란 수와 부화율은 산란이 천의 섬유 사이에 이루어져 난의 수를 정확하게 계수하기 어려움으로 부화 개체 수를 조사하고 최종적으로 부화되지 않은 알을 계수하고 둘을 합하여 산란수로 하였다. 부화율은 부화 개체 수를 산란수로 나누어 백분율로 계산하였다. 부화 기간은 1회 산란된 알에서 처음 부화가 이루어진 날부터 마지막 부화한 날까지의 기간으로 조사하였다. 부화 개체는 매일 계수하고 다른 용기에 넣어 부화 개체의 중복 계수를 피하였다.

본 실험의 계절 구간은 겨울은 2009년 12월에서 2월, 봄은 3월에서 5월, 여름은 6월에서 8월로 설정하였고 이 시기에 반딧불이를 우화 시켜 각 조사 항목을 조사하였다. 각 항목의 계절별 유의성 분석은 Tukey's test로 하였고 통계프로그램은 SAS institute, 1999를 사용하였다.

### 결과 및 고찰

애반딧불이 암컷의 산란 간격은 봄과 여름 사이에 1.6일(df = 2, 353, P = 0.0001) 길어졌으며, 산란횟수는 봄과 겨울을 비교했을 때 봄에 1회(df = 2, 94, P = 0.0090) 많았다. 또한 1회 산란하는 알의 수는 봄에 비해 여름에 13.7개(df = 2, 353, P = 0.0460) 적게 산란하였다. 암컷 한 마리가 산란하는 알의 수는 겨울보다 봄에 64.9개(df = 2, 94, P = 0.0002)가 더 많았다(Table 1). 애반딧불이 한 마리가 산란하는 기간은 겨울보다 봄에 9.8일이(df = 2, 94, P = 0.0001) 더 길었다.

Oh et al.(2009)의 산란횟수는 사육실 내에서 사육(Lab-type)된 개체는 5회, 자연에서 채집(Nat-type)된 개체는 2.9회로 본 연구의 봄철 산란 횟수와 Oh et al.(2009)의 Lap-type의 결과가 근접해 있다. 산란 간격에서는 Lap-type이 2.0일, Nat-type이

**Table 1.** Oviposition activity and fecundity in female adults of *Luciola lateralis* (mean±SE) at 20±0.5°C

Season	Oviposition interval (days)	No. of oviposition times	Mean fecundity per oviposition	Total fecundity per female
Winter (Dec.~Feb.)	2.5±0.22b*	3.1±0.17b	52.2±4.56a	162.0±8.67b
Spring (Mar.~May)	3.9±0.25a	4.1±0.29a	55.9±4.38a	226.9±15.84a
Summer (June~Aug.)	2.3±0.14c	3.9±0.23a	42.2±3.76a	166.6±9.30b

\*Means with same letters in a column are not significantly different ( $P < 0.05$ , Tukey's studentized range test).

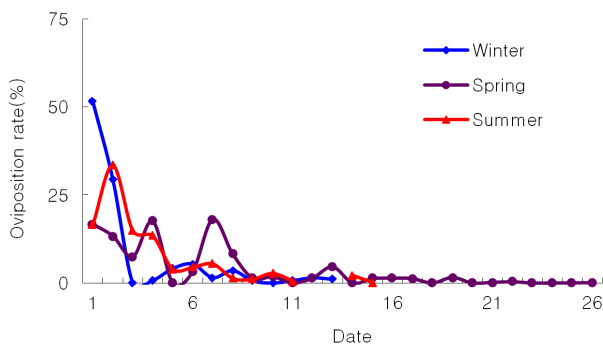
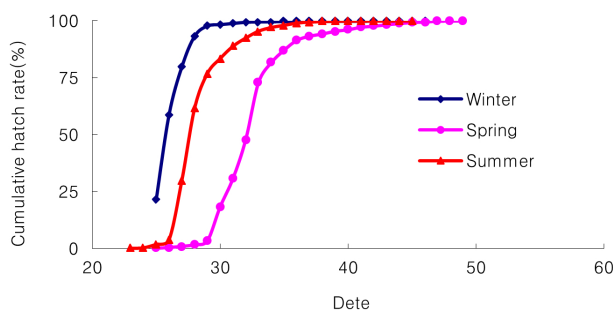
**Table 2.** Development times and hatch rate of *Luciola lateralis* eggs (mean ± SE) at 20±0.5°C

Season	Total days <sup>a</sup>	Egg period (days)	Egg mass hatching <sup>b</sup>	Hatch rate (%)
Winter (Dec.~Feb.)	6.9±0.59b*	25.3±0.13c	3.0±0.28c	99.99
Spring (Mar.~May)	16.1±1.10a	29.6±0.18a	6.4±0.50a	98.99
Summer (June~Aug.)	8.2±0.61b	26.8±0.09b	4.6±0.32b	100.00

\*Means with same letters in a column are not significantly different ( $P < 0.05$ , Tukey's studentized range test).

<sup>a</sup>Total days required for egg laying.

<sup>b</sup>Days required for an egg mass hatching.

**Fig. 1.** Daily oviposition frequency of *Luciola lateralis*.**Fig. 2.** Cumulative hatchability of *Luciola lateralis*.

1.7일이라 하여 본 연구의 여름철 산란간격 과 Oh et al.(2009)의 Lap-type과 비슷한 결과를 보였다. 성충의 산란수는 각각의 실험 방법에 따라 차이를 보이고 있다(Noh et al., 1990; Kim et al., 2003; Lee et al., 2003; Kim et al., 2008; Oh et al., 2009). 본 연구에서는 자연의 계절이 변화함에 따라 산란 수에 차이를 보

이고 있다.

난 기간은 봄이 겨울보다 4.3일( $df = 2, 352, P = 0.0001$ ) 더 길었고, 1회 산란된 알이 처음 부화를 시작하여 마치는데 까지 걸리는 기간은 겨울보다 봄에 3.4일( $df = 2, 352, P = 0.0001$ ) 더 길었다. 부화율은 계절에 따른 차이가 없었으며 산란된 알 대부분이 부화에 성공하는 것을 알 수 있었다(Table 2).

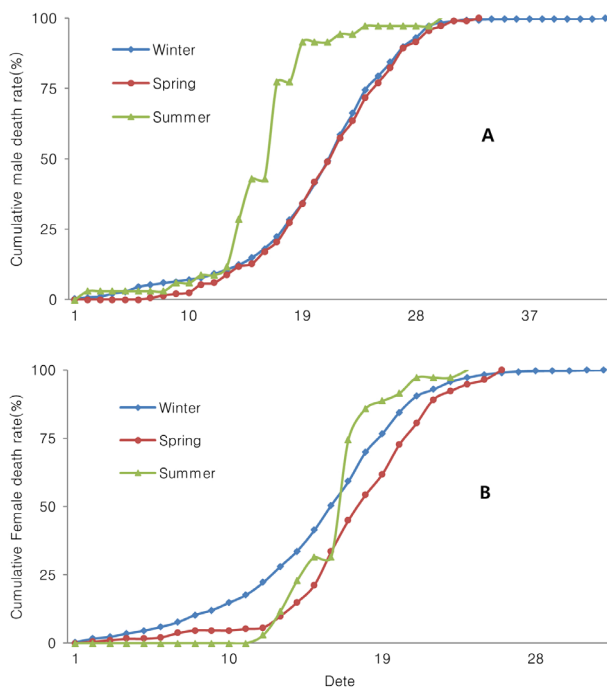
계절에 따른 일일 산란 수 그래프를 보면 겨울에는 2회의 산란 주기를 볼 수 있으며, 봄에는 3회의 산란 주기를 볼 수 있다. 특히 겨울에는 산란 개시 첫째 날과 둘째 날에 80% 이상 산란이 이루어졌으나 봄에는 산란 개시 후 8일이 되어서야 80% 정도 산란이 이루어졌다(Fig. 1). 또한 계절별 누적 부화율 분포를 보면 산란 시 초기에 많은 알을 낳았던 것처럼 겨울철에는 부화 4일 만에 90%에 달하였다. 이에 반해 봄에 부화는 초기 5일 동안 부화율이 낮았으나 이후 6일부터 13일 까지 부화율이 급격하게 증가하여 90% 이상 부화하였다(Fig. 2).

난기간에 있어서 Kim et al.(2008)은 23°C 에서 21.8일 이하 하였고, Kim et al.(2003)은 23°C 에서 25.8일, Lee et al.(2003)은 23°C 에서 17.4일이라 하여 연구자에 따라 결과에 차이를 보이는데, 본 연구 결과는 20°C 에서 진행된 결과로 직접적인 비교는 어렵지만 알 기간이 길었다. 특히 봄철 알 기간은 크게는 12일에서 적게는 4일의 차이를 보여주고 있다. 이런 결과가 단지 온도에 의한 결과라고 하기에는 본 연구에서 보듯이 겨울에서 여름까지 알 기간이 모두 유의성을 보여주고 있다는 것이다. 따라서 온도 조건에 의해서도 알 기간에 영향을 주지만 자연적인 계절의 변화에 따라서도 알 기간에 영향을 주고 있었다. 일일산란수를 누적한 결과는 Kim et al.(2008)은 산란 초기인 3일

**Table 3.** The longevity of *Luciola lateralis* (mean  $\pm$  SE) at 20  $\pm$  0.5°C

Season	Female adult	Male adult	Combined
Winter	15.8 $\pm$ 0.15b*	20.8 $\pm$ 0.21a	17.9 $\pm$ 0.14b
	(1,151)	(811)	(1,962)
Spring	18.0 $\pm$ 0.31a	21.4 $\pm$ 0.37a	19.7 $\pm$ 0.25a
	(194)	(205)	(399)
Summer	16.7 $\pm$ 0.43ab	16.3 $\pm$ 0.74b	16.5 $\pm$ 0.43b
	(35)	(35)	(70)

\*Means with same letters in a column are not significantly different ( $P < 0.05$ , Tukey's studentized range test). The numbers on parenthesis indicate sample size.



**Fig. 3.** Cumulative mortality rate of males (A) and females (B) of *Luciola lateralis*.

째 누적 산란이 50% 이상이라 하였고, Kim et al.(2003)은 산란 초기인 3일째 누적 산란율이 90% 이상이라 하였으며 Oh et al.(2009)은 산란 초기인 3일째 누적 산란율이 96.7%에 이르는 반면, Lee et al.(2003)은 성충 출현 후 4~8일까지 많았다고 하여 위 네 연구가 상반된 결과를 보이고 있고, 본 연구 결과에서도 계절에 따라 상반된 결과를 보이고 있어 연구에 적용된 온도와 계절적 시기에 따라 결과가 달라질 수 있음을 알 수 있었다. 누적 부화율에서는 Kim et al.(2008); Kim et al.(2003); Lee et al.(2003)이 93% 이상이라 하였으며 본 연구의 99%이상의 부화율을 보이는 것과는 차이가 있으나 산란된 알 대부분이 부화에 성공하는 것을 알 수 있었다.

계절별 성충수명은 봄철이 여름철에 더 길었고(df = 2, 1050,  $P = 0.0001$ ), 암수 평균 수명을 비교해 보았을 때 봄철 수명이 여름철 수명에 비해 3.2일 더 길었다(df = 2, 1379,  $P = 0.0001$ ) (Table 3). Kim et al.(2008)은 23°C RH 80% L:D(8:16)에서 수컷이 3.1일 더 길다고 하였으며, Lee et al.(2003)은 23°C RH 70~85% L:D(16:8)에서 수컷이 암컷보다 0.8일 더 오래 살았다고 하였다. Oh et al.(2009); Oh,(2004) 은 Lap-type의 경우 수컷이 15.5일, 암컷은 16.0일이라 하여 연구자에 따라 암·수의 수명에 차이가 있었다. 본 연구의 봄, 겨울 수컷 수명이 길었다는 점은 (Kim et al., 2008; Lee et al., 2003)과 같고, 이들 결과와는 상반되게 (Oh et al., 2009; Oh, 2004)의 결과는 암컷의 수명이 길어 본 연구의 여름철 성충 수명 결과와 유사하였다. 그러나 앞선 연구들의 시기나 조건에 따라 다른 결과를 보이고 있어 직접적인 비교에는 한계가 있다.

계절별 일일 사망률은 성충수명에서도 볼 수 있듯이 암컷의 경우 겨울철 사망률이 봄철 사망률 보다 초기에 사망하는 비율이 높게 나타났으나 수컷의 경우에는 겨울철 사망률과 봄철 사망률이 비슷하였다(Fig. 3).

본 연구 결과와 기존 보고된 결과를 종합했을 때 온도 조건에 의한 데이터의 차이도 있었다고 생각 되지만 다른 한편으로 동일 조건에서 사육된 애반딧불이 유충일지라도 자연의 계절 변화에 따라 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. 따라서 애반딧불이를 연중 사육하고 성충으로 우화시킬 경우 본 연구 자료가 유용하게 활용될 수 있을 것이라 기대된다.

## Literature Cited

- Kang, T.H., 2012. Cantharoids I. Insect Fauna of Korea. Volume 12(4). National Institute of Biological Resources, Ministry of Environment.
- Kim, C.W., Nam, S.H., 1981. Present status of the Korean fireflies and their conservation. Bull. Korean Asso. Conser, Naure Ser. 3,

- 
- 311-324.
- Kim, H.G., Kwon, Y.J., Suh, S.J., 2008. Bionomical characteristics of *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae) in mass breeding. J. of Life Science, 18(12), 1728-1732.
- Kim, J.G., Kim, K. Y., Choi, Y. C., Choi, J. Y., Kim, S. E., Ohba, N., 2003. Ecological characteristics of the firefly, *Luciola lateralis*, and establishment of the indoor rearing methods. NIAST. pp. 40-57.
- Anonymous, 1994. Check list of insects from Korea(The Entomological society of Korea and Korean society of applied entomology). Kon-Kuk University press. Seoul, Korea, pp. 744.
- Lee, K.Y., Ahn, K.S., Kang, H.J., Park, S.K., Kim, J.G., 2003. Effects of temperature on reproduction and development of firefly, *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lanpyridae). Korean J. Appl. Entomol. 42, 217-223.
- Noh, Y.T., Baek, K.M., Shin, I.C., Moon, I.H., 1990. Propagation of Korean fireflies, *Lucciola lateralis* (Coleoptera: Lanpyridae). Korean J. Entomol. 20, 1-9.
- Oh, H.S., kang, Y.K., Nam, S.H., 2009. Echolgical charateristics of the firefly, *Luciola lateralis*(Coleoptera: Lanpyridae). Korean J. Appl. Entomol. 48, 197-202.
- Oh, H.S., 2004. Study of habitat environment and characteristics of population on the firefly, *Luciola lateralis*(Coleoptera: Lanpyridae). Daejeon University. Thesis.
- SAS Institute., 1999. SAS version 9.1 Institute Cary, N.C.