

## 溫度가 애반딧불이의 生殖과 發育에 미치는 영향

이기열\* · 안기수 · 강효중 · 박성규 · 김종길<sup>1</sup>

충북농업기술원, <sup>1</sup>농업과학기술원

## Effects of Temperature on Reproduction and Development of Firefly, *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae)

Ki-Yeol Lee\*, Ki-Su Ahn, Hyu-Jung Kang, Seong-Kyu Park and Jong-Gil Kim<sup>1</sup>

Chungbuk Provincial ARES, Cheongwon, 363-880, Republic of Korea

<sup>1</sup>Department of Sericulture & Entomology, RDA, Suwon, 441-853, Republic of Korea

**ABSTRACT :** Effects of temperature on the development and reproduction of the *Luciola lateralis* were investigated at various temperatures. The development time of eggs, larvae, and pupae were shorter at higher temperatures than at lower ones. The insect did not develop at 10°C and 35°C. The hatchability was 61.5% at 15°C, 73.9% at 20°C, 93.3% at 23°C, 91.8% at 25°C, 74.0% at 27°C, and 46.0% at 30°C, indicating the best hatchability rate at the temperature condition of 23°C. Larval periods were 341.5±23.2 days at 15°C, 265.5±17.5 days at 20°C, and 250.9±11.7 days at 25°C. Pupal periods were 94.7±11.5 days at 15°C, 41.7±9.1 days at 20°C, and 18.5±7.4 days at 25°C. Emergence rate was 23.3, 89.3 and 80.7%, respectively at the above temperatures. Adult longevity of female was 18.0 days at 15°C, 20.4 days at 20°C, 10.7 days at 25°C, and 5.8 days at 30°C. Mean fecundity per female was higher at 20°C compared with at other temperatures. The developmental zero point temperatures (*T*) and the total effect temperatures (*K*) of egg, larva, pupa, and complete development were 10.6, 14.0, and 13.1°C and 214.8, 1,564.8, and 229.2 degree-days, respectively. Mean generation time in days (*T*) was shorter at higher temperature. Net reproductive rate per generation (*R<sub>0</sub>*) was the lowest at the highest temperature as well as at the lowest, and it was 177.19 which was the highest at 23°C. The intrinsic rate of natural increase (*r<sub>m</sub>*) was highest at 27°C as 0.019. As a result, optimum range of temperature for *L. lateralis* growth was between 20-25°C.

**KEY WORDS :** *Luciola lateralis*, Oviposition, Longevity, Developmental zero point, Intrinsic rate of natural increase, Total effective temperature

**초 록 :** 항온조건이 애반딧불이(*Luciola lateralis*)의 발육과 생식에 미치는 영향을 조사하였다. 난, 유충, 용의 발육기간은 15-30°C의 범위에서는 온도가 높을수록 짧았으며, 10°C와 35°C에서는 발육이 되지 않았다. 부화율은 23°C 93.3%, 25°C 91.8%로 23°C, 25°C에서 부화율이 가장 높았으며, 유충기간은 15°C에서 341.5±23.2일, 20°C에서 265.5±17.5일, 25°C에서 250.9±11.7일이었으며, 용기간은 15°C에서 94.7±11.5일, 20°C에서 41.7±9.1일, 25°C에서 18.5±7.4일이었고, 우화율은 각각 23.3, 89.3, 80.7%이었다. 성충 암컷의 수명은 15°C에서 18.0일, 20°C에서 20.4일, 25°C에서 10.7일, 30°C에서 5.8일이었다. 평균산란수는 다른 온도조건보다 20°C에서 가장 많았다. 각 태별 발육영점온도는 난이 10.6°C, 유충 14.0°C 그리고 용은 13.1°C이었고, 유효적산온도는 각각 214.8, 1,564.8, 229.2일도이었다. 세대당 순증식율은(*R<sub>0</sub>*) 23°C에서 177.19로써 가장 높았고, 내적자연증가

\*Corresponding author. E-mail: lky1746@cbares.net

율은( $r_m$ ) 27°C에서 0.019로 가장 높았다. 이 결과로써 애반딧불이의 발육과 생식에 적합한 온도는 20°C에서 25°C이었다.

**검색어** : 애반딧불이, 산란, 수명, 발육영점, 내적자연증가율, 유효적산온도

반딧불이는 딱정벌레목(Coleoptera) 반딧불이과(Lampyridae)에 속하는 곤충으로 옛날부터 사람들에게 정서곤충으로도 잘 알려져 있다. 그러나 최근 들어 산업화와 도시화에 따른 환경 변화에 의해 그 서식지 수가 급격히 줄어들었으며, 오히려 환경오염의 정도를 나타내는 지표곤충으로서의 가치가 점차 높아지고 있는 실정이다(Kim and Nam, 1981; Kim, unpublished observation, 2000).

반딧불이는 국내의 경우 애반딧불이(*Luciola lateralis*), 늦반딧불이(*Pyrocoelia rufa*), 운문산반딧불이(*Hotaria unmunzana*) 등 3종으로 보고된(Okamoto, 1924) 이래 지금까지 3아과 6속 8종이 기록되어있다(The entomological society of Korea & Society of applied Entomology, 1994).

애반딧불이(*L. lateralis*)는 우리나라는 물론 일본, 중국 등 동아시아에 넓게 분포하고 있다(Nagane, 1981). Kim (2000)은 애반딧불이의 유충은 논, 농수로, 습지 등 고인물이나 유속이 완만한 배수로 주변에서 서식하며, 물달팽이나 다슬기 등을 먹이로 한다. 4회 탈피 후 유충 상태로 월동하여 이듬해 6월에서 7월에 성충으로 된다고 하였다(Kim, unpublished observation, 1999). 이 종은 완전변태를 하며 흑색의 유충은 7령까지 영기를 거치면서 하천의 다슬기, 고동 등을 섭식하며, 번데기기간은 10일 정도, 성충수명은 2주 정도이며, 암컷은 300-500개의 담황색 난을 산란하며, 체장은 부화유충이 1.0-1.5 mm, 7령 유충은 25-30 mm 정도까지 성장한다고 보고하였다(Noh *et al.*, 1990). 일본에서는 6월 중순에서 7월 상순에 성충이 출현하며, 유충은 논에서 물달팽이류를 섭식하면서 생활하다가 월동을 마친 후 이듬해 5월 중순경 논둑으로 올라와 토와를 만들고 20-30일 경과한 다음 성충으로 우화한다(Ohba, 1983). 특히 동일 속에 속하며, 유충기에 수중생활을 하는 겐지반딧불이(*L. cruciata*)가 동소종(同所種)이라는 사실(Suzuki, 1997) 등으로 인해 애반딧불이가 *L. cruciata*와 생리·생태적으로 유사한 것으로 잘못 인식되어 왔다. 그러나 이 두 종은 유충서식지, 먹이, 산란수, 탈피회수 등에서 명백한 차이를 나타

낸다(Ohba, 1983, 1988). *L. cruciata*는 주 서식지가 담수지역이 아닌 비교적 유속이 빠른 하천지역이 대부분이며, 다슬기를 주먹이로 하는 등 애반딧불이와는 생태적으로 큰 차이를 보인다(Miishi, 1990). 애반딧불이(*L. lateralis*)가 자연 서식하는 지역인 전라북도 무주군 남대천일대의 환경은 7월부터 9월까지 수온이  $23 \pm 5^\circ\text{C}$ , pH가 7.5-8.5의 약알칼리성이고, 습도는  $80 \pm 5\%$ 이며, 유충의 먹이인 다슬기의 밀도가  $1 \text{ m}^2$ 당 16 개체가 서식한다고 하였다(Kim and Nam, 1981; Noh *et al.*, 1990). 또한 두 종인 *L. lateralis*와 *L. cruciata*의 발광유형이나 염색체 수의 차이에 의해 중간 교배가 불가능하며(Suzuki, 1997), 미토콘드리아 DNA의 16S rRNA 염기서열 분석 결과에 의해서도 국내 애반딧불이는 *L. cruciata*가 아닌 일본의 헤이게반딧불이와 동일 종이라는 것이 확인되었다(Kim *et al.*, 2000).

그러나 우리나라의 경우 애반딧불이가 전국적으로 분포함에도 불구하고 이들에 대한 생리, 생태 및 집단 행동 등에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 애반딧불이에 대한 국내 생태학적 특성 및 발육적응에 대한 연구가 미흡하여 1999년부터 2002년까지 산란과 발육에 미치는 온도의 영향, 발육영점과 유효적산온도, 그리고 생명표를 분석하여 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험곤충

1999년 충북 진천군 문백면지역에서 애반딧불이(*Luciola lateralis*)성충을 6월 20일부터 6월 25일까지 채집하여 실내조건( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ )에서 누대사육한 개체를 실험에 사용하였다. 유충 사육조( $30 \times 20 \times 25 \text{ cm}$ )내에서 유충을 사육하여 용화 장치에서 성충으로 우화시켰다(Fig. 1). Petri dish ( $\phi 9.0 \times$  높이 3 cm)내에 증류수를 적신 여과지를 깔고 그 위에 풀잎을 넣은 다음 우화하여 나온 성충 한쌍을 집중하여 사육실조건에서( $23-25^\circ\text{C}$ , 광주기 16L:8D) 산란을 유도하였다.

## 산란 및 성충 수명에 대한 실험

### 산란 및 수명

산란에 미치는 온도의 영향을 구명하기 위하여 5월 20일부터 5월 30일까지 우화된 애반딧불이 성충을 항온조건인 10, 15, 20, 23, 25, 27, 30, 35°C의 온도와 상대습도 70-85%, 16L:8D의 광조건 하에서 수행하였다. Petri dish (ø9.0 cm×3.0 cm)바닥에 여과지를 깔고 증류수를 적신 다음 그 위에 풀잎을 넣고 우화하여 나온 성충 한 쌍을 접종하였다. 그 후 산란된 petridish를 교체하면서 산란수를 카운팅하여 일일 산란수, 산란전기간, 산란기간, 산란율, 성충수명을 육안조사하였다. 이 실험은 15반복으로 수행하였다.

## 발육기간에 대한 실험

### 난기간조사

이 실험은 10, 15, 20, 23, 25, 27, 30, 35°C의 온도(멀티 BOD 항온기; Vision Co.)와 16L:8D의 광조건 하에서 수행하였다. Petri dish (ø9.0×높이 3 cm)속에 증류수(1 cm)를 넣고 그 안에 산란된 알을 온도별로 접종하여 매일 부화되는 유충수를 육안조사하였다. 난 발육소요기간을 조사한 성적으로써 부화율, 발육영점 그리고 유효적산온도를 산출하였다(Pruess, 1983). 이 실험에 공시된 난수는 각각 50, 185, 123, 67, 139, 59, 50, 30개를 공시하여 수행하였다.

### 유충·용기간조사

온도가 애반딧불이 유충발육에 미치는 영향에 대한 실험은 10, 15, 20, 25, 30°C의 항온조건(멀티 BOD 항온기; Vision Co.)와 16L:8D의 광조건 하에서 수행하였다. Petri dish (ø9.0×높이 3 cm)속에 물(1 cm)을 넣고 그 안에 부화된 유충 1마리와 기주인 다슬기의 육질부위를 잘라서 먹이로 제공하였다. 유충의 령기별 발육소요기간은 유충의 탈피각을 육안으로 관찰하여 조사하였다. 조사한 성적을 가지고 발육영점과 유효적산온도를 산출하였다(Pruess, 1983). 또한 용기간은 4회 탈피한 유충을 저온조건(0-5°C)에서 3개월 정도(12-2월) 월동시킨 후(이듬해 4월경) 용화장치(Fig. 1)로 옮겼다. 그 후 월동한 유충을 먹이인 다슬기와 함께 용화장치내에 접종하고 흙으로 이동(상륙)하는 유충을 확인하여 흙으로 토와 형성여부를 관찰하였다. 용기간은 흙으로 상륙하여 토와가 된 후부터 성충으로 우화되어 나온 날까지를 계산하였다. 이 실험에 공

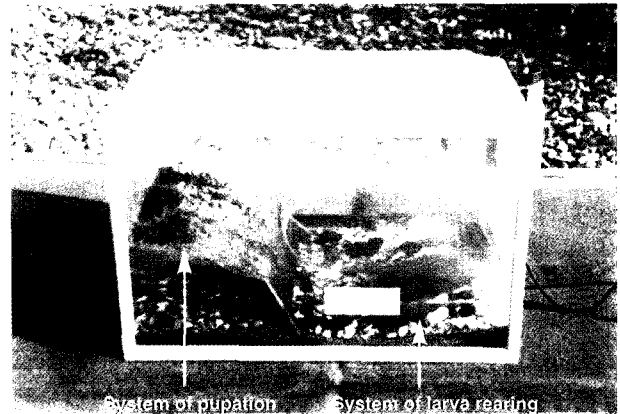


Fig. 1. Rearing cage of firefly (System of larva rearing and pupation).

시된 유충수는 온도별 20마리씩 개체사용하여 수행하였다. 자료분석은 SAS를 이용하여 DMRT검정( $P < 0.05$ )으로 비교하였다(SAS Institute, 1991).

## 개체군 증가율 분석

실내조건( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ )에서 사육한 계통을 사용하여 항온조건인 15, 20, 23, 25, 27°C에서 생존률, 일일 산란수 및 성충 수명을 구하였다. 즉 애반딧불이의 총수명(일수)을  $x$ , 성충의 일수별 생존율  $1x$ , 일수별 1마리당 산란수를  $mx$ 라고 했을 때 1세대당 순번식율( $R_0$ )은  $\sum 1xmx$ , 1세대당 요하는 평균기간( $T$ )은  $\sum x 1mx/R_0$ , 내적 자연 증가율( $r_m$ )은  $(\log_e R_0)/T$ 로 계산하였다(Price, 1997).

## 결과 및 고찰

### 산란 및 성충 수명에 미치는 온도의 영향

산란에 미치는 온도의 영향을 구명하기 위하여 애반딧불이를 실험실에서 누대사용하여 우화된 성충을 10, 15, 20, 23, 25, 27, 30, 35°C 항온조건에서 산란전기간, 산란기간, 산란수 그리고 산란율을 조사한 결과 산란전기간은 저온에서 고온으로 갈수록 짧았으나, 23°C에서 27°C사이에서는 유의성이 없었다. 또한 10°C와 35°C에서는 산란하지 못하고 사망하였다. 산란기간은 30°C조건에서 가장 짧았으나, 15°C에서 27°C사이에서는 차이가 없었다. 또한 산란수는 저온인 15°C와 30°C에서는 적었고, 20°C에서 27°C사이에서는 평균

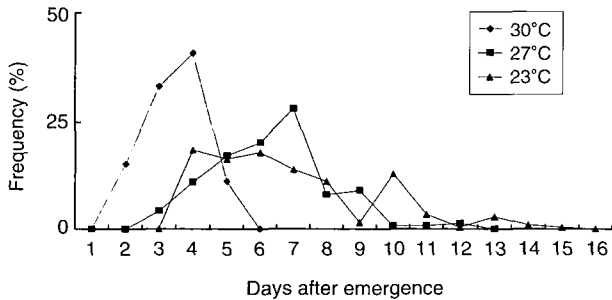
**Table 1.** Pre-oviposition periods, oviposition periods, fecundity and rate of oviposition of adult *L. lateralis* at various temperatures

Temp. (°C)	Pre-oviposition period (days)	Oviposition period (days)	Fecundity (no. egg/female)	% female adults oviposited
	Mean ± SD <sup>a</sup>	Mean ± SD	Mean ± SD	
10	— <sup>b</sup>	—	—	—
15	14.8 ± 3.2b <sup>c</sup>	5.6 ± 1.02b	22.2 ± 11.2a	35
20	5.7 ± 3.4ab	9.7 ± 3.39b	190.3 ± 40.4c	90
23	3.4 ± 0.9a	7.2 ± 3.35b	187.0 ± 45.5c	100
25	3.3 ± 2.5a	6.3 ± 3.79b	174.6 ± 17.0c	87
27	2.8 ± 0.5a	7.5 ± 1.00b	176.5 ± 58.1c	80
30	1.7 ± 1.2a	2.7 ± 0.58a	121.7 ± 15.5b	60
35	—	—	—	—

<sup>a</sup> mean ± standard deviation of 15 replications.

<sup>b</sup> not oviposited.

<sup>c</sup> means followed by the same letter are not significantly different (P < 0.05; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991]).



**Fig. 2.** Daily oviposition of adult *L. lateralis* under various temperature conditions.

산란수가 174.6에서 190.3개로 유의성 없이 차이가 없었다. 산란율은 23°C 조건에서 100% 산란을 보여 가장 높았다(Table 1).

한편 항온조건인 23°C에서 평균 산란수는 97개 였다고 하였으며(Kim, unpublished observation), Noh *et al.* (1990)은 개체당 산란수가 300-500개라고 하였다. 또한 Kanda (1934)는 산란수가 52-56개라고 보고하였다. 따라서 애반딧불이 산란은 조사자에 따라서 많은 차이를 보였으며, 산란적온은 23°C 전후로 판단된다.

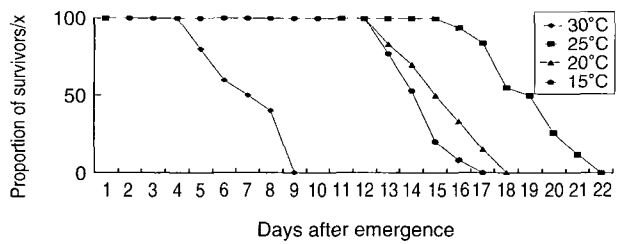
애반딧불이의 일령별 산란곡선은 Fig. 2와 같이 온도가 높아질수록 산란개시가 빨랐으며, 공시충 접종후 그 정점은 30°C에서는 4일, 27°C에서는 7일에 최대를 나타냈으나, 23°C에서는 뚜렷한 산란정점없이 4일째 부터 8일까지 산란수가 많았다. 애반딧불이는 교미 후 1일째 33.4%, 2일째 38.2%, 3일째 19.8%, 4일 이후 8.6%가 산란한다고 하였다(Kim, unpublished observation).

온도별 애반딧불이의 성충수명은 암컷 수명이 가장

**Table 2.** Adult longevity of *L. lateralis* at various temperatures

Temp. (°C)	Female		Male	
	Mean ± SD <sup>a</sup>	Range	Mean ± SD <sup>a</sup>	Range
15	18.0 ± 4.9c	11-25	15.6 ± 4.0bc	10-22
20	20.4 ± 2.3c	18-24	20.2 ± 7.5c	9-29
23	10.4 ± 4.2b	4-14	11.2 ± 4.9b	4-18
25	10.7 ± 3.4b	8-12	13.0 ± 4.6b	8-19
27	11.5 ± 1.7b	9-12	12.3 ± 2.4b	9-14
30	5.8 ± 1.2a	4-9	6.0 ± 2.4a	4-9

<sup>a</sup> mean ± standard deviation of 15 replications means followed by the same letter are not significantly different (P < 0.05; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991]).



**Fig. 3.** Daily survivalship of adult *L. lateralis* under various temperature conditions.

**Table 3.** Developmental periods (Mean ± SD) and hatchability of egg of *L. lateralis* under various temperatures

Temp. (°C)	n	Egg periods (days)		Hatchability (%)
		Mean ± SD	Range	
10	50	— <sup>a</sup>	—	—
15	185	43.0 ± 1.79d <sup>b</sup>	24-50	61.5
20	123	24.5 ± 3.71c	19-27	73.9
23	67	17.4 ± 1.50b	14-22	93.3
25	139	15.6 ± 0.65b	11-18	91.8
27	59	15.6 ± 1.44b	12-18	74.0
30	50	10.6 ± 1.38a	11-14	46.0
35	30	—	—	—

<sup>a</sup> not hatched.

<sup>b</sup> means followed by the same letters are not significantly different (P < 0.05; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991]).

긴 20°C에서는 고온조건인 30°C보다 3.5배 정도 길었으나, 23, 25, 27°C에서는 수명 차이가 없었다. 수컷의 경우도 같은 경향을 보였다(Table 2). Noh *et al.* (1990)은 6월 하순 애반딧불이의 수명은 약 2주라고 하였는데, 본 조사와 같은 경향을 나타냈다. 온도가 성충의 생존에 미치는 영향은 Fig. 3과 같이 온도가 높아짐에 따라 사망유기 일령이 빨라져서 15, 20, 25, 30°C에서 각각 22일령, 18일령, 17일령, 9일령이었다. 또한 50% 생존율을 나타내는 일령은 15°C에서 18일, 20°C에서 15일, 25°C에서 14일, 30°C에서 7일이었다.

**Table 4.** Developmental period (Mean  $\pm$  SD) of each instar of larvae *L. lateralis* under various temperature condition

Temp. (°C)	No. of tested	Stadium (days)					Total periods (days)
		1st	2nd	3rd	4th	5th	
10	20	— <sup>a</sup>	—	—	—	—	—
15	20	84.5 $\pm$ 6.4	67.0 $\pm$ 7.1	55.5 $\pm$ 14.7	41.5 $\pm$ 17.1	93.1 $\pm$ 17.4	341.5 $\pm$ 23.2b
20	20	25.8 $\pm$ 5.9	27.3 $\pm$ 4.8	41.6 $\pm$ 9.6	21.0 $\pm$ 5.7	149.8 $\pm$ 9.6	265.5 $\pm$ 17.5a
25	20	27.0 $\pm$ 3.7	43.6 $\pm$ 15.3	47.5 $\pm$ 21.9	11.5 $\pm$ 6.9	17.3 $\pm$ 7.9	250.9 $\pm$ 11.7a
30	20	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> not developed.

\*means followed by the same letters are not significantly different ( $p < 0.05$ ; Duncans multiple range test (SAS institute, 1991)).

따라서 성충의 총수명은 저온보다 고온조건에서 짧은 경향을 나타냈으며, 생존율은 저온에서 서서히 떨어지는 곡선을 보였으나, 고온에서는 급격히 떨어지는 생존곡선을 보여 온도의 영향을 크게 받는 것으로 보여진다.

#### 발육에 미치는 온도 영향

온도별 애반딧불이의 난기간과 부화율은 15°C에서 43.0  $\pm$  1.79일이고, 30°C에서는 10.6  $\pm$  1.38일로 온도가 높을수록 난기간이 짧아졌고, 30°C에서는 15°C보다 발육기간이 4.1배 정도 짧았다. 그러나 23, 25, 27°C에서는 난기간에 차이가 없었다. 그러나 10°C와 35°C에서는 부화되지 않았고, 23°C에서 부화율은 93.3%로 가장 높았다(Table 3).

Kim (2000)은 23°C에서 난기간은 1-4일, 부화율 93.2%라고 하였는데(Kim, unpublished observation), 본 조사와 난기간에 있어 많은 차이를 보였는데, 실험 방법의 차이로 추정되며, 난 발육에 대한 온도범위는 넓은 것으로 생각된다.

난의 발육속도와 온도간에는 온도가 높아 갈수록 발육속도가 빨라지는 직선관계를 나타냈으며( $V = 0.0047t - 0.0497$ ,  $R^2 = 0.987$ ), 이 식으로 계산된 난의 발육영점온도와 유효적산온도는 각각 10.6°C와 214.8일도 이었다(Table 6).

한편 Noh et al. (1990)은 20-25°C에서 난기간은 20-30일 정도라 하였고, 부화율은 10-15%라고 하여 본 조사와 많은 차이를 보였다.

온도별 애반딧불이의 총유충기간을 조사한 결과 15°C에서 341.5  $\pm$  23.2일이고, 25°C에서는 250.9  $\pm$  11.7일로 온도가 높을수록 유충기간이 짧았으며, 25°C에서는 15°C보다 발육기간이 90.6일 정도 짧았다. 그러나 10°C와 30°C에서는 유충발육이 되지 않고 사망하였다. 영기별 발육기간은 15°C와 20°C에서는 5령충

**Table 5.** Developmental period (Mean  $\pm$  SD), emergence and sex ratio of pupae of *L. lateralis* under various temperatures

Temp. (°C)	Pupation (days)	Emergence (%)	Sex ratio (♀/total)
	Mean $\pm$ SD		
10	— <sup>a</sup>	—	—
15	94.7 $\pm$ 11.5c	23.3	0.52
20	41.7 $\pm$ 9.1b	89.3	0.51
25	18.5 $\pm$ 7.4a	80.7	0.49
30	—	—	—

<sup>a</sup> not emerged.

means followed by the same letters are not significantly different ( $p < 0.05$ ; Duncans multiple range test (SAS institute, 1991)).

**Table 6.** Regression of developmental velocity (y) on temperature (t), the developmental zero point (T) and the total effective temperature (K) for development of each stage of *L. lateralis*

Developmental stage	Regression equation & $r^2$	T (°C)	K (degree day)
Egg	$v = 0.0047t - 0.0497$ ( $r^2 = 0.987$ )	10.6	214.8
Larva	$v = 0.0001t - 0.0014$ ( $r^2 = 0.881$ )	14.0	1,564.8
Pupae	$v = 0.0043t - 0.0563$ ( $r^2 = 0.951$ )	13.1	229.2

$r^2$ : coefficient of correlation.

에서 각각 93.1일, 149.8일로 가장 길었으며, 25°C에서는 3령충이 47.5일로 가장 길었다(Table 4). Kim (2000)은 23°C 조건에서 100마리씩 대량사육시 1령충 기간은 11.8일, 2령은 13.0일, 3령은 20.1일, 4령은 30.9일, 5령은 43일 소요된다고 하였는데(Kim, unpublished observation), 본 조사와 많은 차이를 보였다. 이것은 집단사육한 것과 개체사육을 한 차이로 보여진다.

온도별 유충의 발육속도와 온도간에는 온도가 높아 갈수록 발육속도가 빨라지는 직선관계를 나타냈으며( $V = 0.0001t - 0.0014$ ,  $R^2 = 0.881$ ), 이 식으로 계산된 유충의 발육영점온도와 유효적산온도는 각각 14.0°C와 1,564.8일도 이었다(Table 6). 한편 Noh et al. (1990) 등은 부화유충은 유속이 느린 넷물에 들어가

수중생활을 시작하며 낮에는 물속 돌 밑에서 잠복하고 있다가 야간에 기주인 다슬기를 섭식하면서 6회 탈피를 한 후 종령유충으로 성장하며, 유충태로 수중 월동을 한다고 보고하였다.

온도별 애반딧불이의 용기간과 우화율을 조사한 결과 15°C에서 94.7±11.5일이고, 25°C에서는 18.5±7.4일로 온도가 높을수록 용기간이 짧아졌는데, 25°C에서는 15°C보다 발육기간이 5.1배 정도 짧았다. 10°C와 30°C에서는 용화되지 않았으며, 20°C에서 우화율은 89.3%로 가장 높았으며, 성비는 0.51이었다(Table 5). Kim (2000)은 23°C 조건에서 종령유충이 땅으로 상륙하여 흙으로 토와를 만든 후 약 20일의 전용기간을 거쳐 용화가되며 토와 속에서 약 10일간 용기간을 거친 후 성충으로 우화한다고 하였고, 우화율은 66.3%라고 하였다(Kim, unpublished observation).

용의 발육속도와 온도간에는 온도가 높아 갈수록 발육속도가 빨라지는 직선관계를 나타냈으며( $V = 0.0043t - 0.0563$ ,  $R^2 = 0.951$ ), 이 식으로 계산된 용의 발육영점온도와 유효적산온도는 각각 13.1°C와 229.2일도 이었다(Table 6). 한편 Noh *et al.* (1990)은 종령유충이 지표로 잠입한 후 약 40일경 유충의 등이 갈라지면서 흰색의 용이 되며, 그 후 10일 정도 경과하면 성충으로 우화한다고 하였다. 곤충의 발육영점온도는 일반적으로 15°C 이하이며(Braman and Penly, 1992; Arai, 1996; Kwon *et al.*, 1998; Park, 1996) 본 종도 예외는 아니었다.

애반딧불이가 야외조건에서 성충으로 출현하는 주시기는 6월 상순부터 7월 상순이므로, 이 시기의 평균 기온이 20°C 이상이 되기 때문에 각 태별 발육적온과 일치하는 양상을 보였다. 따라서 애반딧불이의 생식과 발육은 온도에 영향을 많이 받는 것으로 보여지며, 발육적온은 20°C에서 25°C 조건이라고 생각되어진다.

### 개체군 증식에 미치는 온도의 영향

온도에 따른 애반딧불이의 생명표 분석 결과 1세대당 순증식율( $R_0$ )은 23°C에서 177.19으로 가장 컸고, 1세대당 요하는 평균시간(T)은 23°C에서 312.31로 온도가 높아질수록 짧았다. 내적자연증가율( $r_m$ )도 온도가 높아질수록 컸으며, 20°C에서 27°C 사이에서는 유의차가 없었다(Table 7).

이상의 결과에서 애반딧불이의 산란과 발육에 적합한 온도범위는 20°C에서 27°C로써 온도가 중요한 영

**Table 7.** Comparison of life-table parameters of *L. lateralis* under various temperatures in 2001

Temp. (°C)	Net reproductive rate per generation ( $R_0$ )	Mean generation time in day (T)	Intrinsic rate of natural increase ( $r_m$ )
15	28.28	425.79	0.007b <sup>a</sup>
20	135.50	338.79	0.015a
23	177.19	312.31	0.016a
25	157.00	299.51	0.017a
27	175.81	271.26	0.019a

<sup>a</sup> means followed by the same letter are not significantly different ( $P < 0.05$ ; Duncan's multiple range test (SAS Institute, 1991)).

향을 미치며 생명표분석을 통한 이 곤충의 증식에 적합한 온도는 23°C인 것으로 나타났다. 그러나 이 결과는 실내조건에서 수행한 결과이기 때문에 앞으로 야외조건에서도 애반딧불이의 증식율에 대한 검토가 수행되어져야 할 것으로 생각된다.

### Literature Cited

- Arai, T. 1996. Temperature-dependent development rate of three mealbug species, *Pseudococcus citriculus* Green, *Planococcus citri* (Risso), and *Planococcus Kraunhiaie* (Kumana) (Homoptera: Pseudococcidae) on citrus. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 40: 25-34.
- Braman, S.K. and A.F. Pendly. 1992. Thermal requirements for development, population trends, and parasitism of azalea lace bug. J. Econ. Entomol. 85: 870-877.
- Kanda, Z. 1933. Study of firefly (1): Life cycle of Genji-firefly (*Luciola cruciata*). Entomol. 7: 219-239.
- Kanda, Z. 1934. Study of firefly (1): Life cycle of *Luciola cruciata* Entomol. 8: 67-73.
- Kim, C.W. and S.H. Nam. 1981. Present status of the Korean fireflies and their conservation. Bull. Korean Asso. Conser. Nature Ser. 3: 311-324.
- Kim, I.S., S.C. Lee, J.S. Bae, B.R. Jin, S.E. Kim, J.K. Kim, H.J. Yoon, S.R. Yang, S.H. Lim and H.D. Sohn. 2000. Genetic Divergence and Phylogenetic Relationships among the Korean Fireflies, *Hotaria papariensis*, *Luciola lateralis*, and *Pyrocoelia rufa* (Coleoptera: Lampyridae), using Mitochondrial DNA Sequences. Korean J. Appl. Entomol. 39: 211-226.
- Kwon, G.M., Y.I. Lee and K.H. Choi. 1998. Development and prey consumption of phytoseiid mites, *Amblyseius womwesleyi*, *A. fallacis*, and *Typhlodromus occidentalis* under controlled environments. Korean J. Appl. Entomol. 37: 53-58 (in Korean).
- Miishi, H. 1990. Message from the waterside of Genji-firefly. Singoimainichi-sinbunsa. Tokyo. 86-118.
- Nagane, D. 1981. Taxonomy of Firefly. Nyusaienchi Press. Tokyo 93-94.
- Noh, Y.T., K.M. Baek, I.C. Shin and I.H. Moon. 1990. Propagation of Korean Fireflies, *Luciola lateralis* Motschulsky. Korean J. Entomol. 20: 1-9.
- Ohba, N. 1983. Firefly fauna in Kanagawa prefecture. Ann. Rept. Yokosuka city Mus. 29: 17-19.
- Ohba, N. 1988. Genji-firefly. Bunichi-sougou Press. Tokyo. 198 pp.
- Okamoto, H. 1924. The insect fauna of Quelopart Island, Bull. Agr. Exp. Sta. Chosen, 1: 182-183.
- Price, P.W. 1997. Demography: Population growth and life tables.

pp. 305~340. *In* Insect ecology. 3rd., 874 pp. Jhon Wiley & Sons, Inc. New York.

Pruess, K.P. 1983. Day-degree methods for pest management. *Environ. Entomol.* 12: 613~619.

SAS Institute. 1991. SAS/STAT user's guide, Ststistics, Version 6.04. SAS Institute, Cary, N.C., USA.

Suzuki, H. 1997. Molecular phylogenetic studies of Japanese firefly and their mating systems (Cloeoptera: Cantharoidea).

TMU Bull. Natl. His., 3: 1~53.

The Entomological Society of Korea & Korean Society of Applied Entomology. 1994. Check list of insects from Korea. Konkuk Univerity Press. 744 pp. Seoul.

(Received for publication 13 August 2003;  
accepted 18 September 2003)