

애반딧불이(딱정벌레목: 반딧불이과)의 생육 특성

김하곤 · 권용정¹ · 서상재^{2*}

무주군 농업기술센터, ¹경북대학교 농업생명과학대학 응용생물화학부, ²경북대학교 생명자원과학대학 환경원예학과

Received October 22, 2008 / Accepted December 18, 2008

Bionomical Characteristics of *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae) in Mass Breeding. Ha Gon Kim, Yong Jung Kwon¹ and Sang Jae Suh^{2*}. Muju Agricultural Technology Center, Jeonbuk 568-802, Korea, ¹School of Applied Biology and Chemistry, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea, ²Department of Environmental Horticulture, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea - This study was performed to investigate the bionomical characteristics of *Luciola lateralis* in Korea. Imago's longevity of female was 17.5 ± 0.7 and male was 20.6 ± 1.0 days at 23°C, R.H. 80%, and significant difference was not occurred in breeding density. Pre-oviposition period was a pair 2.8 ± 1.5 , two pairs 2.5 ± 1.5 , three pairs 1.7 ± 0.7 , four pairs 1.3 ± 0.5 days and pre-oviposition period was shorten in higher breeding density. The mean of laying eggs was 248.9 ± 80.7 , was not related breeding density. Daily oviposition rate was 1st day 20.8%, 2nd 17.3%, 3rd 14.3%, 4th 12.7%, 5th 7.0%, the rate was highest in 1st day and gradually reduced. Egg period was 21.8 ± 0.7 days and hatchability was $95.5 \pm 4.8\%$. Larval instar was identified the 9th instar, the evidence was able to its skin and marking pattern. Larval period of each instar was 1st 1.0 ± 0.1 , 2nd 3.3 ± 0.2 , 3rd 10.2 ± 1.0 , 4th 6.8 ± 0.5 , 5th 6.9 ± 2.0 , 6th 15.4 ± 4.1 , 7th 18.3 ± 5.9 , 8th 25.8 ± 8.7 , 9th 31.2 ± 13.2 days. Matured 9th larva was made of cocoon during 2.8 ± 0.8 days and pre-pupal, pupal period was 4.6 ± 0.9 , 5.6 ± 0.7 days. Imago was made hard hind wing during 3.8 ± 0.4 days in cocoon and come out.

Key words : *Luciola lateralis*, bionomical characteristics, oviposition, longevity, larval instar period

서 론

애반딧불이(*Luciola lateralis*)는 딱정벌레목(Coleoptera) 반딧불이과(Lampyridae)에 속하며 우리나라는 물론 일본, 중국 등 동아시아에 넓게 분포하고 있다[7]. 근래에 산업화와 도시화가 진행되면서 서식지가 줄어들어 환경오염의 정도를 나타내는 지표곤충으로, 또 인간생활의 정서곤충으로 알려져 있다[4]. 1982년 정부는 전북 무주군 설천면 일원의 반딧불이와 그 먹이인 다슬기 서식지를 천연기념물 322호로 지정하여 보호하고 있고, 매년 전북 무주군에서는 반딧불축제를 실시하며 각 지역에서도 반딧불이 생태관광 및 복원에 대한 관심이 증가하고 있는 실정이다.

애반딧불이에 대한 생태학적 연구는 Kim과 Nam [4]에 의해 반딧불이 조사와 보호 및 관리에 관한 연구 등, 최근 몇몇 학자에 의해 생태 및 증식에 관한 연구가 이루어지고 있다. Noh 등[8]은 애반딧불이의 보호에 관한 기초 연구를 실시하였으며, 애반딧불이는 완전변태를 하며 흑색의 유충은 7령까지의 령기를 거치는 동안 하천의 다슬기, 고동 등을 섭식하며 번데기 기간은 10일 정도이고, 암컷은 개체 당 300~500개의 담황색 알을 산란한다고 보고하였다. 또한 Kim 등[5]은 유충은 논, 습지, 농수로 주변 등 유속이 빠르지 않은 담수지역에서 서식하

며, 유충은 물달팽이나 다슬기 등을 먹이로 하며 4회의 탈피 후 유충상태로 월동하여 이듬해 6월에서 7월에 성충이 되어 산란하고 7-8월에 알에서 부화한다고 하였다. Lee 등[6]은 알, 유충, 번데기의 발육기간은 15~30°C의 범위에서는 온도가 높을수록 짧았으며, 10°C와 35°C에서는 발육되지 않았고, 애반딧불이의 발육과 생식에 적합한 온도는 20~25°C로 보고하였다.

반딧불 서식지가 천연기념물로 지정되고, 환경보호 등의 관심이 높아지면서, 최근 애반딧불이에 대한 생태학적 연구가 이루어지고 있으나, 애반딧불이의 산란수나 유충의 령기간 및 령기 구분 등 기초생태 조사 자료가 저차마다 다른 실정이다. 따라서 본 연구는 애반딧불이에 대한 기초생태를 파악하고 사육 방법을 개선하여 애반딧불이 복원 및 생태관광에 기초 자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

시험 곤충

2005년과 2006년 전북 무주군 설천면 장덕리 수현마을(E 127° 49' 13", N 35° 59' 21")과, 전북 무주군 설천면 두길리 월현마을(E 127° 46' 39", N 35° 58' 0") 일대에서 애반딧불이(*Luciola lateralis*) 성충을 6월 20일부터 7월 20일까지 채집하여 실내조건(23±0.5°C, R.H. 80%, 8Light : 16Dark)에서 누대 사육한 개체를 시험에 사용하였다. 유충은 유충사육용 수조(33×20×20 cm)에서 다슬기(*Semisulcospira libertina*)를 먹이로

*Corresponding author

Tel : +82-54-530-1235, Fax : +82-54-530-1235

E-mail : sjsuh@knu.ac.kr

주며 사육하였으며, 종령 유충은 유충 상륙장치로 옮긴 후, 상륙하여 용실을 만들면 용실을 취하여 Petri dish ($\phi 145 \times 20$ mm)에서 우화시켜 시험하였다.

성충 수명 및 산란수 조사

사육 밀도별 성충수명과 산란수 조사를 위해 Petri dish ($\phi 145 \times 20$ mm)에 물을 적신 천을 깔고 당일 우화한 성충 각각 1, 2, 3, 4쌍씩 접종하여 실내($23 \pm 0.5^\circ\text{C}$, R.H. 80%, 8Light : 16Dark)에서 사육하면서 교미와 산란을 유도하면서 각 쌍별 산란 전기, 산란일수, 50% 산란일, 일일 산란수와 총 산란수, 성충수명을 1, 2, 3, 4쌍에 대하여 각각 30, 20, 15, 10회씩 반복으로 조사하였다.

난기간 생육 특성 조사

산란한 알 약 1,000 여개를 10회 반복으로 실내($23 \pm 0.5^\circ\text{C}$, R.H. 80%, 8Light : 16Dark)에서 천이 마르지 않게 보관하다가 배 발육이 진행이 되어 검게 변하면, 알이 잠길 정도로 물을 부어 난기간과 부화율을 조사하였다.

유충기간 생육 특성 조사

유충의 령기 및 령기별 유충반문의 형태는 산란한 알 약 1,000 여개에서 부화한 개체를 10회 반복하여 실내($23 \pm 0.5^\circ\text{C}$, R.H. 80%, 8Light : 16Dark)에서 유충사육용 수조($33 \times 20 \times 20$ cm)에서 다슬기를 먹이로 주면서 탈피각을 확인하고 해부현미경(ZEISS) 하에서 조사하였다.

또한 각 령기의 발육기간은 유충 령기 및 반문 조사개체 전부를 대상으로 실시하였으며, 크기는 각 령기별로 탈피 직전후 각 100개체씩을 두부에서 배 끝부분까지의 길이를 해부현미경(ZEISS) 하에서 측정하였다.

용기간 생육 특성 조사

전용기간 및 용기간 조사는 유충이 흙으로 올라온 개체를 취하여 5마리씩을 Insect breeding cage ($\phi 10 \times 4.3$ cm)에 고운 흙을 2.5 cm 깊이로 넣고 수분을 맞춘 후, 모래위에 유리판을 덮어 실내($23 \pm 0.5^\circ\text{C}$, R.H. 80%, 8Light : 16Dark)에서 용실 만드는 기간, 전용기간, 용기간, 우화 후 용실에서 몸을 굳히는 기간, 우화율 등을 50회 반복으로 조사하였다.

위의 모든 조사의 통계적 분석은 SPSS (14.0.1 for Windows, Rel.12.0.1, 2008. Chicago: SPSS Inc.)을 이용하였으며, 각 조사 구간 평균비교에는 Duncan's multiple range test와 T-test를 이용하여 $p=0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

성충 수명

23°C , R.H. 80%에서 1~4쌍을 각각 Petri dish ($\phi 145 \times 20$

mm)에서 사육한 결과 암컷과 수컷의 수명은 각각 평균 17.5 ± 0.7 일과 20.6 ± 1.0 일로 수컷의 수명이 약 3일 정도 길었고, 최대 31일까지 생존하는 개체도 있었다(Table 1). Lee 등[6]은 23°C , R.H. 70~85%, 16L:8D에서 1쌍씩을 사육한 결과 수컷의 수명이 암컷보다 조금 더 긴 것으로 보고하여 본 연구와 같은 경향을 보였다. 하지만 평균 수명은 암컷은 10.4 ± 4.2 일과 수컷은 11.2 ± 4.9 일로 본 조사의 16.6 ± 5.3 , 20.0 ± 5.1 에 비해 수명이 상당히 짧았으며, 이는 일조시간과 사육방법의 차이에 기인하는 것으로 보여 진다.

또한 사육 밀도 별 성충수명 조사에서는 밀도별 간에는 유의차는 나타나지 않았다. 따라서 밀도와 성충의 수명과는 상관관계가 없으며, 전반적으로 수컷이 암컷보다 조금 수명이 긴 것으로 나타났다.

난기간 생육 특성

성충 출현 후 최초 산란일을 조사한 결과 1쌍 2.8 ± 1.5 , 2쌍 2.5 ± 1.5 , 3쌍 1.7 ± 0.7 , 4쌍 1.3 ± 0.5 로 사육 밀도가 증가함에 따라 산란전기가 짧아지는 경향을 나타내었다(Table 2). 이는 사육하는 쌍의 수가 증가함에 따라 교미의 확률이 증가함으로 산란 전기가 짧아지는 것으로 보여진다. Lee 등[6]은 23°C 에서 1쌍씩 사육했을 때 산란전기가 3.4 ± 0.9 일이고 사육온도가 높아짐에 따라 산란전기가 짧아진다고 보고하였으며, 본 연구의 2.8일보다는 약간 길었다.

각 쌍별로 산란수를 조사한 결과 1쌍에서 4쌍까지 각각 240.9, 275.1, 231.9, 256.5개로 사육 밀도와는 유의성이 없었고, 한 마리가 최대 469개까지 산란하였다(Table 2). 애반딧불이의 산란수는 Kanda [3] 52~56개, Kim 등[5] 96개, Lee 등[6] 187개, Noh 등[8] 300~500개, Oh [9] 273개로 많은 차이를 나타내

Table 1. Imago's longevity of *Luciola lateralis* at 23°C , R.H. 80%, 8Light : 16Dark

Pair	Female		Male	
	Mean \pm SD	Range	Mean \pm SD	Range
1 Pair	16.6 \pm 5.3	7-27	20.0 \pm 5.1	8-29
2 Pairs	18.3 \pm 4.0	9-29	20.4 \pm 6.3	6-31
3 Pairs	17.4 \pm 4.8	13-28	22.0 \pm 4.5	9-29
4 Pairs	17.6 \pm 3.7	14-26	19.8 \pm 2.9	13-25
Total	17.5 \pm 0.7		20.6 \pm 1.0	

Table 2. Pre-oviposition period and the number of eggs laid by the *Luciola lateralis* at 23°C , R.H. 80%, 8Light : 16Dark

Pair	1 Pair	2 Pairs	3 Pairs	4 Pairs
Pre-oviposition period	2.8 \pm 1.5	2.5 \pm 1.5	1.7 \pm 0.7	1.3 \pm 0.5
No. of eggs	240.9 \pm 109.4	275.1 \pm 48.3	231.9 \pm 36.4	256.5 \pm 76.2

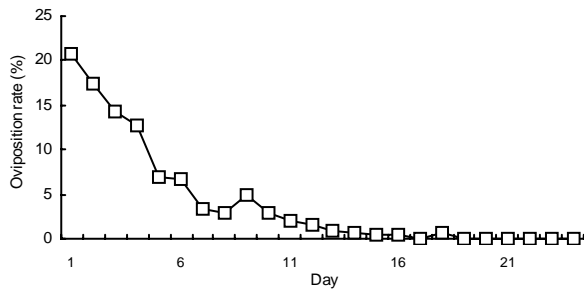


Fig. 1. The daily oviposition pattern and oviposition period of the *Luciola lateralis* at 23°C, R.H. 80%, 8Light : 16Dark.

Table 3. Egg periods and hatchability of the *Luciola lateralis* at 23°C, R.H. 80%, 8Light : 16Dark

Egg period (day)	Hatchability (%)
21.8±0.7	95.5±4.8

고 있는데, 이는 누대사육과 유충기에 먹이 공급 등 조사방법의 차이에 의한 영향인 것으로 판단된다.

일별 산란은 산란 시작 1일째가 20.8%, 2일째 17.3%, 3일째 14.3%, 4일째 12.7%, 5일째 7.0%의 순으로 산란 시작 1일째가 가장 높고 시간이 경과함에 따라 점차 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 1). 산란 시작 3일째 50% 이상을 산란하였고, 산란 시작 24일 후에도 산란하는 개체도 있었다. Kim 등[5]은 고미 후 1일째 33.4%, 2일째 38.2%, 3일째 19.8%, 4일 이후 8.6%라 하여 산란 시작 후 1~3일에 대부분 산란한다고 하여 본 조사와 다소 유사한 경향을 보였다. 그러나 Lee 등[6]은 뚜렷한 산란 정점 없이 성충출현 후 4일부터 8일까지 많다고 하였다.

애반딧불이의 난기간은 21.8±0.7일이고, 부화율은 95.5±4.8%로 조사되었다(Table 3). Kim 등[5]은 23°C에서 난기간이 25.8±0.9일이고 부화율은 93.2%라 보고하였고, Lee 등[6]은 23°C에서 난기간은 17.4일이고 부화율은 93.3%라 하여 난기간에서 저자에 따라 다소 차이를 나타내었는데 이는 조사방법의 차이로 보인다.

유충기간 생육 특성

애반딧불이의 유충 령기 구분은 탈피각과 유충반문으로 확인한 바 9령으로 확인되었다(Table 4, Fig. 2). 알에서 부화한 1령 유충은 하루가 지나면 탈피를 하여 2령으로 되고, 약 3일이 지나면 탈피하여 3령으로 성장하였다. 1, 2, 3령은 각각 1.0일, 3.3일, 10.2일로 령기가 진행됨에 따라 날짜가 증가하는데

4령은 6.8일, 5령은 6.9일로 감소하였다가 6령에서부터는 15.4일, 7령 18.3일, 8령 25.8일, 9령 31.2일 순으로 령기간이 증가하였다. 1령 유충은 다슬기를 투여하지 않아도 하루만에 2령으로 변하는 것을 쉽게 관찰 할 수 있었는데, 이는 물속의 유기물이나 알껍질 등을 섭식함으로 성장하는 것으로 보여 진다. 1령 유충은 크기가 2.1±0.2 mm이고 령기가 진행됨에 따라 점차 성장하여 9령 초반기에는 16.9±0.8 mm까지 성장하였다가 후반기에는 몸의 길이가 14.0±1.0 mm로 줄어들면서 배다리가 소실된 후 땅으로 올라와 번데기가 되었다.

유충의 반문은 1령에서는 5-6각형에 가까운 점무늬가 각 마디에 대칭적으로 나타나고 등판의 중심선이 뚜렷하지 않으나, 2령에서는 등판의 중심선이 뚜렷하게 나타나며, 3령에서는 이들 무늬의 형태나 크기에 변화가 거의 없고 유충크기에 비해 등판의 무늬가 작게 보인다. 4령부터는 유충반문의 형태가 박쥐모양으로 변화가 일어나며 이 무늬는 형태에 약간의 변화는 있지만 8령까지 유지된다. 9령 초기에서는 다시 박쥐모양의 반문이 6각형에 가까운 형태로 변화되었다가 배다리가 소실되는 후기에는 이들 무늬가 다시 박쥐형상으로 변화가 일어난다(Fig. 2).

Kim 등[5]과 Lee 등[6]은 애반딧불이의 유충기를 5령으로 구분하였고, 유충기간은 Kim 등[5]은 23°C에서 100마리씩 집단 사육 시 1, 2, 3, 4, 5령이 각각 11.8일, 13.0일, 20.1일, 30.9일, 43일이라 하고, Lee 등[6]은 20°C에서 1마리씩 사육 시 각각 25.8일, 27.3일, 41.6일, 21.0일, 149.8일이라 하였다. 반면 Noh 등[8]은 애반딧불이의 유충 령기를 7령으로 구분하였다. 또한 일본에서는 5령유충이 종령유충으로 알려져 있으나[2], *Luciola cruciata*는 종령유충이 6령과 7령이 혼재하는 것으로 밝혀져 있다[1].

이와 같이 저자에 따라 애반딧불이의 유충 령기에 관한 연구 결과 저자에 따라 5, 7령으로 각각 다르고 종에 따라 종령 령기가 다르게 보고되었다. 그러나 이를 기초로 한 본인들의 조사 결과로는 애반딧불이의 유충 령기가 9령으로 밝혀졌다. 이전 저자들의 연구결과와 유충반문을 비교 검토해 본 결과 일부 누락된 부분이 발견되었다. 따라서 애반딧불이의 유충 령기는 각 령기의 유충반문 및 탈피각 등으로 확인한 결과 9령인 것으로 판단되며, 장차 이에 대한 더욱 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

용기간 생육 특성

물속에서 다자란 종령 유충은 땅위로 올라와 흙에 분비물을

Table 4. Larval period and larval length at each instar that of the *Luciola lateralis* at 23°C, R.H. 80%, 8Light : 16Dark

Instar	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th
Larval period (day)	1.0±0.1	3.3±0.2	10.2±1.0	6.8±0.5	6.9±2.0	15.4±4.1	18.3±5.9	25.8±8.7	31.2±13.2
Larval length (mm)	Early	2.1±0.2	2.7±0.2	3.5±0.3	5.0±0.2	6.0±0.3	8.1±0.3	10.7±0.7	14.3±0.8
	Late	2.4±0.2	2.9±0.2	4.3±0.3	5.3±0.3	6.4±0.3	8.6±0.3	11.5±0.4	14.7±0.6

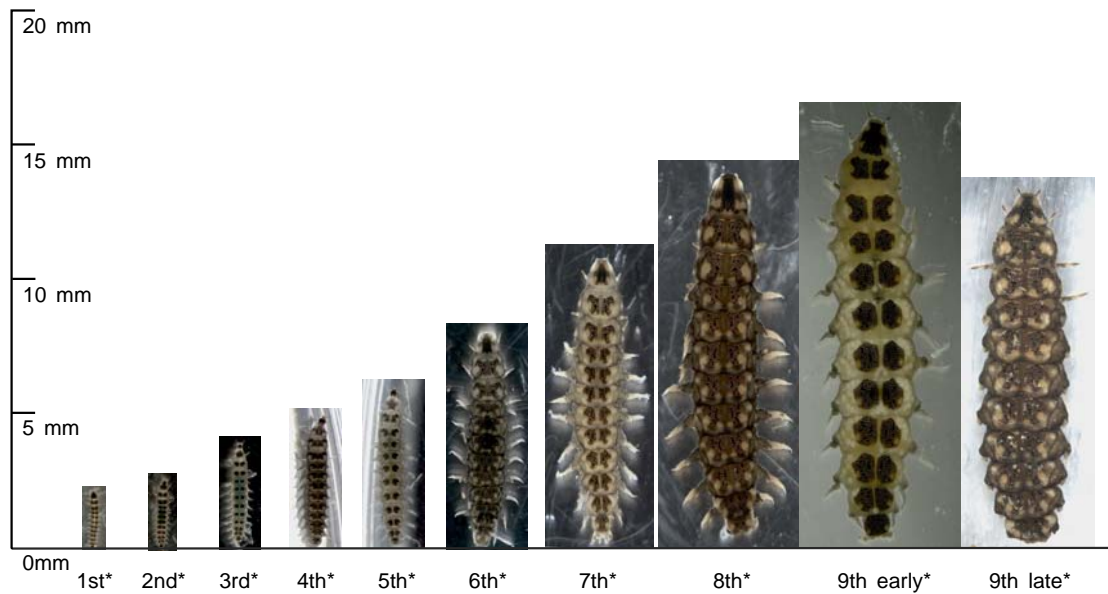


Fig. 2. Larval marking pattern and length of each instar that of the *Luciola lateralis*.

Table 5. Cocoon making, pre-pupal, pupal period, imago's period in cocoon and imago's emergence rate of the *Luciola lateralis* at 23°C, R.H. 80%, 8Light : 16Dark

Cocoon making period (day)	Pre-pupal period (day)	Pupal period (day)	Adult periods in cocoon (day)	Imago's emergence rate (%)
2.8±0.8	4.7±0.9	5.6±0.7	3.8±0.4	92.3±4.5

분비하여 2.8±0.8일 동안 용실을 만들고, 그 속에서 전용기간 (4.6±0.9일), 용기간(5.6±0.7일)을 거쳐 성충으로 우화하며, 우화 후 약 3.8±0.4일 정도는 용실에서 뒷날개를 굳힌 후 용실을 뚫고 나오는 것으로 나타났다(Table 5). Kim 등[5]은 충분히 자란 유충은 3, 4일 동안 타원형의 용실을 만들고 전용기간이 15일, 용기간은 9.9일이라고 보고하였으며, 5령 탈피 후 2개월이 경과된 유충을 25°C에서 3개월, 2개월, 1개월 처리구와 무처리구는 우화비율이 각각 67.2%, 33.3%, 40.0%, 7.5%라 하여 3개월 처리구에서 우화율이 가장 높고 무처리구에서는 가장 낮다고 하였다. 그러나 본 시험결과, 충분히 자란 9령 유충은 저온처리 온도 및 기간과는 무관하게 물속에서 배다리가 소실되면서 땅위로 올라와 용화를 하였고, 용실을 만드는 모든 개체는 배다리가 소실됨을 확인하였으며, 우화율도 92.3%로 매우 높게 나왔다. 이는 Kim 등[5]이 유충령기를 5령으로 구분하였고, 다 자라지 못한 유충이 월동기간 동안 충분히 성숙함으로 저온처리 3개월 처리구에서 우화율이 높게 나온 것으로 사료되며, 따라서 이에 대한 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

요약

우리나라에서 서식하는 애반딧불이의 생육 특성을 조사한

결과, 23°C, R.H. 80%에서 사육에서 성충 수명은 암컷이 17.5±0.7일, 수컷이 20.6±1.0일로 수컷이 다소 높았으나, 사육밀도별 유의차는 없었다. 성충 출현 후 최초 산란일은 1쌍 2.8±1.5일, 2쌍 2.5±1.5일, 3쌍 1.7±0.7일, 4쌍 1.3±0.5일로 사육밀도가 증가함에 따라 산란전기가 짧아졌다. 산란수는 평균 248.9±80.7개를 산란하며, 사육밀도와는 유의성이 없었다. 일별 산란은 산란 시작 1일째가 20.8%, 2일째 17.3%, 3일째 14.3%, 4일째 12.7%, 5일째 7.0%의 순으로 산란 시작 1일째가 가장 높고 시간이 경과함에 따라 점차 낮아졌다. 난기간은 21.8±0.7일이고, 부화율은 95.5±4.8%이었다. 유충령기 구분은 탈피각과 유충반문으로 조사한 바 9령으로 확인되었고 1령 1.0±0.1일, 2령 3.3±0.2일, 3령 10.2±1.0일, 4령 6.8±0.5일, 5령 6.9±2.0일, 6령 15.4±4.1일, 7령 18.3±5.9일, 8령 25.8±8.7일, 9령 31.2±13.2일이었다. 성숙한 9령 유충은 2.8±0.8일 동안 용실을 만들고, 전용기간과 용기간은 4.6±0.9일과 5.6±0.7일이었으며, 성충이 된 후 약 3.8±0.4일 동안 뒷날개를 굳힌 후 용실을 뚫고 탈출하였다.

감사의 글

본 연구는 무주군과 무주군 농업기술센터 지원으로 수행되었습니다.

References

1. Furukawa, Y. 2008. Ecology and reproductive environment of the firefly, *Luciola lateralis*. <http://members.jcom.home.ne.jp/hotaru-net/hotaru/heike.html>.
2. Furukawa, Y. 2008. Larval ecology of the fireflies. <http://members.jcom.home.ne.jp/hotaru-net/hotaru/youchuseitai.htm>.
3. Kanda, Z. 1934. Study of firefly (1): Life cycle of *Luciola cruciata*. *Entomol.* **8**, 67-73.
4. 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.
5. Kim, J. G., K. Y. Kim, Y. C. Choi, J. Y. Choi, S. E. Kim and N. Ohba. 2003. Ecological characteristics of the firefly, *Luciola lateralis*, and establishment of the indoor rearing methods. *Sericulture and entomology research* **2002**, 42-61.
6. Lee, K. Y., K. S. Ahn, H. J. Kang, S. K. Park and J. G. Kim. 2003. Effects of temperature on reproduction and development of firefly, *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae). *Korean J. Appl. Entomol.* **42**, 217-223.
7. Nagane, D. 1981. Taxonomy of firefly. pp.93-94, Nyusaienchi Press. Tokyo.
8. 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.
9. Oh, H. S. 2004. Study of habitat environment and characteristics of population on the firefly, *Luciola lateralis*. pp. 1-67, A master's thesis of Daejeon Univ.