

## 유용곤충 산업화를 위한 늦반딧불이 유충의 과일류에 대한 섭식행동과 성충의 산란특성 연구

이희권\* · 이희선\*\*

### Useful Insects : Study on Behavior of Fruits Feeding and Ovipositional Characterization of Its Adult in *Pylocoelia rufa*

Lee, Hee-Kwon · Lee, Hoi-Seon

This study was conducted at rearing room to investigate the feeding behavior of fruits in the firefly (*Pylocoelia rufa*) larvae and the ovipositional characteristics of the adults. As a result, the pear, apple, melon, persimmon, mandarin, grape and peach were shown the feeding behavior of larvae the average 6.40, 3.25, 2.50, 2.20, 2.00, 1.40 and 1.25, respectively. However, the larvae were not shown at all feeding behavior to banana. The hours feeding behavior of firefly larvae was primarily from 8:00 pm until 2:00 am. In addition, the time at which the voracious feeding behavior was until 8:00 pm to 12:00 pm. The 6:00 pm began whisking all the larvae are hiding in the shelter. In the case of the firefly larvae fed only the edible snail, the adults were oviposition an average  $49 \pm 6$  eggs. At that time larva stage, adults of the firefly eating the pears, apples, melon and eat edible snail at the same time there were oviposition the  $53 \pm 7$  on average. In the case of fruits, the pears, apples, and melons has been considered worthy to take the firefly larva fed with the current land snails.

Key words : *feeding behavior, firefly, larvae, pear, Pylocoelia rufa*

## I. 서 론

인간의 생활과 밀접한 관계를 맺고 살아가는 유용곤충인 반딧불이는 스스로 빛을 내는

\* First author and corresponding author, 고창군농업기술센터 농촌개발과(lhk0611@korea.kr)

\*\* Corresponding author, 전북대학교 농업생명과학대학 생물환경화학과(hoiseon@jbnu.ac.kr)

곤충으로 인간들과는 친근한 정서곤충으로 또는 환경오염을 가름하는 환경지표곤충으로 알려져 있다(Kim et al., 2002). 그러므로 반딧불이는 유기농업의 지표생물로도 활용이 가능할 것으로 보인다. 최근에는 무주와 남양주 등에서 반딧불이 축제를 함으로서 청정 이미지를 통한 지역경제 활성화를 도모하고 있다. 이러한 행사용 또는 학습용 유용곤충 반딧불이는 딱정벌레목(Coleoptera) 반딧불이과(Lampyridae)로 지구상에는 5~7천만년전 신생대부터 남극과 북극을 제외한 전 지역에 서식하며 전 세계적으로 80~85속에 2,000여종이 알려져 있다(McDermott, 1966). 이중 일본은 44종에 2아종이 서식하는 것으로 알려져 있으며(Ohba, 1986; 1997) 우리나라 반딧불이는 애반딧불이(*Luciola lateralis*) 운문산반딧불이(*Hotaria unmun-san sana*) 및 늦반딧불이(*Pyrocoelia rufa*) 등 7종이 보고되고 있었으며, 이후 한국곤충명집(1994)에는 큰흑갈색반딧불이(*Drilaster unicolor*), 애반딧불이(*Luciola lateralis*), 운문산반딧불이(*Hotaria unmun-san sana*), 파파리반딧불이(*Hotaria papariensis*), 북방반딧불이(*Lampyris noctiluca*), 왕꽃반딧불이(*Lucidina accensa*), 꽃반딧불이(*Lucidina biplagiata*), 늦반딧불이(*Pyrocoelia rufa*) 등 8종이 기재되었다. 이후에는 Kim et al. (1998), Kim (1999) 및 Kim (2001)는 애반딧불리아과의 애반딧불이(*Luciola lateralis*), 운문산반딧불이(*Hotaria unmun-san sana*), 파파리반딧불이(*Hotaria papariensis*)와 반딧불리아과의 늦반딧불이(*Pyrocoelia rufa*) 등 2아과 3속 4종만이 서식하는 것으로 보고하였다. 운문산반딧불이과 파파리반딧불이는 현재 유전자염기서열분석결과 동종으로 확인된 상태이다(Kim et al., 2004). 반딧불이를 연구하는 연구자들의 조사 결과와 생태현장에서 확인해 본 결과 현재까지 국내에서 서식하는 반딧불이는 늦반딧불이(*Pyrocoelia rufa*), 운문산반딧불이(*Hotaria unmun-san sana*), 애반딧불이(*Luciola lateralis*) 3종만 서식하고 있는 것으로 나타났다(Kim, 2016). 반딧불이는 1970년대 이후 하천공사로 소규모 하천을 없애고, 과도한 농약의 사용으로 수질이 오염되어 먹이원인 다슬기의 폐사를 원인으로 반딧불이가 폐사되는 결과를 가져오게 되었다(Kim, 2016). 반딧불이가 내는 불빛은 중요한 의사소통으로 수컷이 암컷을 찾아가는 교미 신호 역할을 하고 있는 반면에 육식동물로서 경고의 의미가 있는 것으로 알려져 있는데 이러한 불빛이 인간이 만들어 낸 가로등, 상업, 주택 자동차의 불빛 등에 의해 차단되고 있다. 따라서 반딧불이가 서식하는데 있어서 가장 중요한 조건은 습한 환경을 만들어 주는 것과 동시에 인공적인 불빛을 차단하는 것이며, 또한 늦반딧불이가 지속적으로 서식지에서 살아남을 수 있도록 하기 위해서는 서식환경에 맞는 다양한 연구와 노력이 당연히 필요할 것이다(Kim, 2016). 애반딧불이는 수생패류를 먹이로 섭식하고 있는데 이에 대한 서식환경, 생활사, 실내사육 방법, 고도별 출현과 분포양상, 유충의 상륙에 미치는 수온의 관계, 유충에 대한 독성실험과 서식지 복원방안 등 다양한 연구가 진행되었다(Kim, 2001; Lee et al., 2001; Kim et al., 2003; Lee et al., 2008; Kim et al., 2008; Oh et al., 2009; Kwon, 2013). 반면에 육상달팽이류들을 섭식하며 살아가는 늦반딧불이에 대한 연구수준은 아직 미약한 수준이며 이에 대한 연구는 서식지환경, 분포, 생활사, 알의 휴면 타파, 지역적인 변이에 대한 생태학 연구와 유전적 특

성(Lee et al., 2001; Kim et al., 2002; Kim et al., 2008; Kim et al., 2014; Kim, 2015; Kwon, 2015) 등이 있다. 그러나 이러한 연구 결과들에도 불구하고 늦반딧불이 유충 사육의 까다로움과 긴 사육 기간에 필요한 다양한 먹이 개발 연구가 부족하여 체계적인 연구가 미흡한 상태이다. 이로 인하여 명주달팽이 등 육상달팽류를 섭식하며 살아가는 늦반딧불이의 성공적인 실내사육을 통한 대량사육기술 개발은 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 유용곤충 늦반딧불이 유충 먹이로 육상달팽이 외에 추가적인 먹이개발을 통하여 늦반딧불이 실내 대량사육에 도움이 될 수 있도록 그 가능성을 제시하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험곤충

본 실험에 사용한 늦반딧불이 유충은 전라북도 고창군 고창읍 고창 고인돌박물관 주위의 인천강 상류인 고인돌교와 죽림교 사이의 약 1 km 거리의 물가 풀숲에서 2016년 5월 20일부터 9월 13일까지 필요에 따라 채집하여 실내 사육하면서 실험에 사용하였다.

### 2. 실험재료(먹이)

늦반딧불이의 섭식행동을 조사하기 위한 과일류 사과, 바나나, 복숭아, 감, 귤, 멜론, 배, 포도 등 8종류의 완숙된 열매만을 고창 농협마트에서 구입하여 냉장보관하면서 필요에 따라 실험에 사용하였다. 또한 일반적으로 실내사육에서 알려진 반딧불이 먹이인 패류는 주로 명주달팽이지만 고창군소재의 초원식용달팽이 농장에서 안전하게 식용으로 사육하여 판매하고 있는 식용달팽이(아프리카왕달팽이: *Helix pomatia*)를 직접 구입하여 냉장보관하면서 필요시 먹이로 제공하였다.

### 3. 늦반딧불이 사육

늦반딧불이 사육은 실험에 필요한 유충을 채집하여 판넬구조의 실내사육장(330 m<sup>2</sup>)에서 온도, 습도는 자연 상태와 비슷하게 유지하도록 하여 실내온도 23~30℃, 상대습도 55~70%로 하고 광주기는 창문을 통하여 5월부터 9월까지의 자연광주기를 활용하였다. 사육상자는 유리상자(300 × 220 × 160 mm), 리빙박스(35 L), 아크릴원통(Φ4 × 10 cm)을 사용하였다. 사육상자 바닥에 깔아주는 재료는 코코피트(떡인상사)를 사용하였으며, 그 두께는 각각의 상자의 크기나 공간 그리고 발육단계(Fig. 1)에 따라 2~5 cm로 적절한 두께를 유지하였으며

또한 수분공급 및 유지와 은신처 확보를 위해 시중 꽃집에서 많이 사용하는 오아시스를 구입하여 활용하였다.



Eggs



Larva and Pupa



Adults



Mating

Fig. 1. Photographs of developmental stages of firefly, *Pylocoelia rufa*.

#### 4. 먹이섭식행동 및 산란특성 조사

먹이섭식행동은 유리상자(30×22×16 cm) 내에 코코피트를 3 cm 두께로 깔고 시중에서 구입한 오아시스(10×7×3.5 cm)를 넣어 적절하게 수분공급 및 유지시킨 가운데 시험구당 사과, 바나나, 복숭아, 감, 귤, 멜론, 배, 포도 등 8종류의 완숙된 열매를 적당한 크기로 절단(Φ3 cm)하여 1개씩 제공하고 식용달팽이는 작게 절편(1×1 cm)하여 20개씩 제공하였으며, 이때 늦반딧불이 유충(길이 2~3 cm)은 20마리씩 3반복으로 배치하고 24시간 동안 관찰 및 조사하여 평균값으로 표시하였다.

또한 성충의 산란수 조사는 아크릴원통(Φ4×10 cm)에 코코피트를 2 cm 두께로 깔고 오

아시스(2×2×2 cm)를 넣어 적절하게 수분공급 및 유지시킨 가운데 개체들이 1일 이내 성충으로 우화한 개체만을 암수로 구분 및 분리하여 시험구당 1쌍씩 3반복으로 배치하고 교미시킨 후 그들의 산란수를 조사하여 평균값으로 표시하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 섭식행동

늦반딧불이 유충을 자연상태에서 채집하여 실내사육장에서 사육하면서 이들의 먹이인 식용달팽이(아프리카왕달팽이) 외에 우리가 주위에서 흔하게 구입하여 먹고 있는 과일류 8종을 추가로 공급하고 이들의 섭식 선호성을 조사해 본 결과 시험에 사용한 8종중에서 바나나는 전혀 접근 및 섭식하지 않았고 배, 사과, 멜론, 감, 귤, 포도, 복숭아 순으로 많이 접근하여 섭식하는 것을 관찰할 수 있었다(Table 1). 이와 같은 결과는 애반딧불이가 수생패류를 먹고 살아가고 늦반딧불이는 육상달팽이를 잡아먹고 살아간다(Kim, 2016)라는 내용과는 차이가 있어 보이며, 특이한 섭식행동은 배와 사과의 경우 크기가 작은 유충들이 주로 접근하여 섭식하였고 멜론과 귤에는 유충들 중에서 큰 개체들이 접근하여 섭식을 하였다. 이러한 결과는 유충들이 과일의 당도와 수분함량 그리고 과일의 향에 따라 섭식행동을 다르게 보이는 것으로 판단되었으며, 정확한 결과를 도출하기 위해서는 추후에 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

Table 1. Behavior of fruits feeding in the larva of a firefly, *Pylocoelia rufa*

	Kinds of fruit							
	Apple	Banana	Peach	Persimmon	Mandarin	Melon	Pear	Grape
No. of <i>P. rufa</i>	3.25	-	1.25	2.20	2.00	2.50	6.40	1.40

#### 2. 시간에 따른 섭식행동

늦반딧불이 유충이 과일류 8종에 대한 시간대별 섭식행동 결과는 Table 2와 같았다. 사과에는 오후 8시부터 섭식행동을 보이기 시작하였으며, 12시까지 증가하였고 새벽 2시까지 섭식행동을 보였다. 복숭아에는 오후 8시부터 1마리가 섭식행동을 보이다가 새벽 2시까지 섭식행동을 보였다. 감에는 오후 8시부터 3마리가 섭식행동을 보이다가 10시경까지만 섭식행동을 보였다. 귤에는 오후 10시경에 섭식행동을 보이다가 새벽 6시까지 지속적으로 섭식

행동을 보이는 특이한 반응을 보였다. 멜론에는 오후 8시부터 섭식행동을 보이기 시작해서 새벽 2시까지 섭식행동을 보여 비교적 다른 과일류와 비슷한 섭식행동을 보였다. 배에는 오후 8시부터 섭식행동을 보이기 시작했으며, 다른 과일류와는 다르게 많은 유충들이 새벽 4시까지 강한 섭식행동을 보였다. 마지막으로 포도에는 오후 8시부터 섭식행동을 보였지만 1마리가 보였지만 특이하게 새벽 4시까지 섭식행동을 보였다. 이러한 결과들은 Kwon (2015)이 주간에는 이끼, 낙엽, 돌 틈 등에서 은신하고 야간에 움직임이 많은 야행성 곤충이라고 보고한 내용과 Kim (2016)이 늦반딧불이는 밤에 활동하는 종으로 유충과 성충 모두 어둡고 그늘진 지역을 선호하며 직사광선이 들어오는 남향보다 산란광이 들어오는 북향이 서식에 유리하다고 판단한 것과 본 연구의 섭식행동이 일치함을 알 수 있었다. 따라서 늦반딧불이 유충의 섭식행동은 자연 상태에서 일반적으로 오후 8시경부터 시작하여 새벽 2시경까지 하는 것으로 판단되었다.

Table 2. Behavior of fruits feeding over time in the larva of a firefly, *Pylocoelia rufa*

Time	Kinds of fruit							
	Apple	Banana	Peach	Persimmon	Mandarin	Melon	Pear	Grape
pm 8	3±0.54 <sup>†</sup>	-	1±0.25	3±0.85	-	2±0.33	5±0.89	1±0.33
pm10	4±0.72	-	1±0.23	2±0.57	1±0.75	4±0.88	10±2.45	1±0.42
pm12	4±0.70	-	1±0.17	-	2±0.63	2±0.47	8±2.32	1±0.41
am 2	2±0.59	-	2±0.45	-	2±0.45	2±0.56	7±2.80	2±0.55
am 4	-	-	-	-	3±0.56	-	2±0.77	2±0.62
am 6	-	-	-	-	2±0.85	-	-	-
am 8	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>†</sup>: mean ± SD, No. of *P. rufa*

### 3. 암컷의 산란특성

늦반딧불이 유충을 식용달팽이(아프리카왕달팽이)와 배, 사과, 멜론을 공급하고 2일에 한 번씩 먹이를 교체해 주면서 사육하여 성충으로 우화 및 교미시켜 산란한 결과는 Table 3과 같았다. 늦반딧불이 유충에 식용달팽이만 먹인 성충 암컷의 산란 수는 평균 49개 이었으며 식용달팽이와 배, 사과 멜론을 동시에 먹인 성충 암컷의 산란 수는 평균 53개 이었다. 이 결과는 Kim (2016)이 늦반딧불이 성충은 알을 보통 50개 정도 산란한다고 하는 것과 비슷한 결과를 보였다. 늦반딧불이 유충에 식용달팽이만 먹인 것과 식용달팽이와 배, 사과, 멜

른을 동시에 먹이 것과 비교해서 산란 수에서 차이가 약간 나타난 것은 당분 섭취로 인한 성장과정에 도움을 받아 생긴 차이로 생각되었다. 그러나 산란 수에서 평균 4개 정도밖에 차이가 나 않는 것으로 보아 성충의 산란 수에는 큰 영향을 주지 않는다고 하더라도 Kim (2016)이 명주달팽이가 없는 곳에는 늦반딧불이가 서식하지 않는다는 보고와는 차이가 있었고 실내사육 중에 명주달팽이나 식용달팽이인 아프리카왕달팽이가 없을 경우에 짧은 기간 동안만이라도 대체 먹이로 사용이 가능할 것으로 판단되었다.

Table 3. Number of oviposition of firefly, *Pylocoelia rufa*

	Food in the Larva of a Firefly, <i>Pylocoelia rufa</i>	
	An edible snail ( <i>Helix pomatia</i> )	An edible snail ( <i>Helix pomatia</i> ) + Fruits <sup>†</sup>
No. of oviposition	49±6 <sup>††</sup>	53±7

<sup>†</sup> : pear, apple, melon, <sup>††</sup> : mean ± SD

#### IV. 적 요

본 연구는 유용곤충 늦반딧불이 유충을 과일류에 대한 섭식행동과 그의 성충의 산란 특성을 조사하기 위하여 실내 사육실에서 수행하였다. 그 결과로 배에는 평균 6.40, 사과에는 평균 3.25, 멜론에는 평균 2.50, 감에는 평균 2.20, 귤에는 평균 2.00, 포도에는 평균 1.40, 복숭아에는 평균 1.25 유충이 섭식행동을 나타내었다. 그러나 바나나에는 전혀 섭식행동을 나타내지 않았다. 늦반딧불이 유충이 섭식행동을 나타내는 시간은 주로 오후 8시부터 새벽 2시까지였다. 또한 섭식행동을 왕성하게 나타내는 시간은 오후 8시부터 12시까지였다. 그리고 새벽 6시부터는 모든 유충들이 은신처에 숨어 들어갔다. 늦반딧불이의 성충의 경우 유충 시기에 오직 식용달팽이만을 먹인 경우에는 평균 49±6개를 산란하였다. 과일류 중에서 섭식행동을 왕성하게 나타내었던 배, 사과 그리고 멜론과 식용달팽이를 동시에 먹였던 경우에는 평균 53±7개를 산란하였다. 앞으로, 과일류 중에서 배, 사과, 멜론의 경우에는 육상달팽이류들과 더불어 늦반딧불이 유충의 대체 먹이로 짧은 기간 동안 정도는 활용할 가치가 있을 것으로 사료 되었다.

[Submitted, October. 5, 2016 ; Revised, November. 9, 2016 ; Accepted, November. 10, 2016]

## References

1. Kim, H. G., Y. J. Kwon and S. J. Soe. 2008. Bionomical characteristics of *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae) in mass breeding. Korean J. of Life-Sciences 18: 1728-1732.
2. Kim, I., J. G. Kim, and B. R. Jin. 2004. Phylogenetic relationships of the fireflies co-occurring in korean and japanese territories analyzed by luciferase and mitochondrial DNA sequences. International J. of Industrial Entomol. 9: 155-165.
3. Kim, J. G. 2001. Ecological and genetic Singularity according to the region on Korean fireflies, *Luciola lateralis*, Gyeongbuk Univ. A Doctoral Thesis. 1-93.
4. Kim J. G., K. Y. Kim, Y. C. Choi, J. Y. Choi, and S. E. Kim. 2002. Studies on diapause induction and awakening of eggs of *Pylocoelia rufa*. Korean J. of Appl. Entomol. Joint Spring Conference. p. 114.
5. Kim, J. G., K. Y. Kim, Y. C. Choi, J. Y. Choi, S. Y. Kim, B. R. Jin, S. M. Lee, J. Y. Lee and K. Y. Lee, and S. H. Lee. 2002. The distribution and its life cycle of Korean fireflies, *Pyrocoelia rufa*. Korean J. of Appl. Entomol. 41: p. 94.
6. Kim, J. G., K. Y. Kim, Y. C. Choi, J. Y. Choi, S. Y. Yang, H. D. Park, S. H. Lee, K. Y. Lee, and N. S. Kim. 2003. Studies on the diapause of the firefly, *Pylocoelia rufa*. Development Agency of Agriculture. Test Reports. pp. 60-71.
7. Kim, J. G., S. E. Kim, J. Y. Choi, S. R. Yang, S. H. Lim, K. Y. Lee, H. J. Kang, Ohba Nobuyoshi. 1998. The distribution and physiological and ecological study of the Korean firefly. The Autumn Lecture of The Entomological Society of Korea and Korean Society of Appl. Entomol. p. 58.
8. Kim, J. K., K. Y. Kim, Y. C. Choi, J. Y. Choi, and S. E. Kim 2003. Investigation of physiological ecology and breeding techniques on *Luciola lateralis*. Development Agency of Agriculture. Test Reports 2003. pp. 42-61.
9. Kim, J. M. 2016. A study on ecological characteristics and method for habitat restoration of *Pyrocoelia rufa*. A major thesis of Chungnam Univ. p. 114.
10. Kim, K. H., H. G. Kim, and J. H. Jung 2014. Seasonal characteristics of eggs and adults of *Luciola lateralis* (Coleoptera : Lampyridae) reared in the laboratory. Korean J. of Environ. Ecol. 53: 225-229.
11. Kim, S. E. 1999. The Symbol of the Environmental preservation-firefly the transactions of Korean firefly study society. 1: 1-8.
12. Kim, T. S. 2015. A study on investigating habitat conditions of *Hotaria unmunisana* such as species distribution, population density and other biophysical characters, and its genetic

- variability among 10 major habitats in South Korea. A major thesis of Youngnam Univ. pp. 26-50.
13. Kwon, H. Y. 2013. Analysis of metapopulation maintenance factors and restoration plan of Korean *Luciola lateralis* motschulsky. A doctoral thesis of Andong Univ. pp. 31-51.
  14. Kwon, K. I. 2015. The ecological and molecular-based study on the regional variation of the firefly, *Pyrocoelia rufa*. A major thesis of Youngnam Univ. pp. 51-52.
  15. Lee, K. Y., Y. H. Kim, J. W. Lee, M. K. Song, and S. H. Nam. 2008. Toxicity of firefly, *Luciola lateralis* (Coleoptera : Lampyridae) to commercially registered insecticides and fertilizers. Korean J. of Appl. Entomol. 47: 265-272.
  16. Lee, S. C., J. S. Bae, I. S. Kim, B. R. Jin, J. K. Kim, K. Y. Kim, S. E. Kim, S. M. Lee, and H. D. Son. 2001. Genetic singularity according to the region on fireflies, *Pyrocoelia rufa*. Korean J. of Appl. Entomol. 40: p. 99.
  17. McDermott, F. A. 1966. Coleopterorum catalogus supplementa edita, Pars Lampyridae. Dr. W. Junk's-Gravenhague. p. 149.
  18. Ohba, N. 1986. The Communication of fireflies, the special study of ministry of education <The Strategies for Adaptation of Creatures And The Social Structure> the research paper of the general management team. 7: 1-241.
  19. Ohba, N. 1997. The 20 years' Courses/Traces for the Study about Fireflies The insectarium. 34: 40-18.
  20. Oh, H. S. 2009. A study on factors of environment on development and habitation of firefly, *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae). A doctoral thesis of Daejeon Univ. pp. 66-67.
  21. Oh, H. S., Y. K. Kang, and S. H. Nam. 2009. Ecological characteristics of the firefly, *Luciola lateralis*. Korean J. of Appl. Entomol. 48: 197-202.
  22. Oh, H. S., Y. K. Kang, and S. H. Nam. 2009. Effect of Water temperatures on the climbing up of larvae of firefly, *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae). Korean J. of Appl. Entomol. 48: 203-209.
  23. The entomological society of korea. 1994. Check list of insects from korea. Konkuk Univ. Press, p. 744.