

애반딧불이(*Luciola lateralis*)의 생태학적 특성

오홍식¹ · 강영국² · 남상호^{2*}

¹자연환경복원연구원, ²대전대학교 생명과학과

Ecological characteristics of the Firefly, *Luciola lateralis*

Oh, Hong-Sik¹, Young-Kook Kang² and Sang-Ho Nam^{2*}

¹Natural Environmental Restoration Institute co. Ltd. Daejeon, 306-812, Korea

²Department of Biology, Daejeon University, Daejeon, 300-716, Korea

ABSTRACT : The *Luciola lateralis* larva took 5.3 days from climbing on the land to the pupal cocoon formation. It took 6.6 days for a larva to eventually transform to a pupa after building a pupal cocoon. The size of pupal cocoon was 10.1 mm in length, 4.7 mm in width and its wall thickness was 1.3 mm. The mean pupal period was 10.5 days. The adult stayed 6.8 days in the pupal cocoon before escaping the cocoon. The peak adult emergence appeared around 9 p.m., and decreased after 10 p.m. The optimal soil temperature for emergence was 23.4°C. The female adult of the natural population (Nat-type) lived shorter, laid fewer eggs, and the oviposition frequency was fewer than that of the Lab-type individuals. However, a few individuals from the natural population laid 200-400 eggs. The less number of oviposition in the natural population may be due to the fact that the female adults might lay eggs before the collection for the experiment.

KEY WORDS : *L. lateralis*, Population, Oviposition, Rate of oviposition

초 록 : 애반딧불이의 유충상륙은 약 5.3일이 소요되었고 고치방을 만든 후 약 6.6일에 번데기로 변태하였다. 고치방의 크기는 길이 10.1 mm, 폭 4.7 mm, 벽두께 1.3 mm이었다. 번데기는 약 10.5일이 소요되었다. 성충이 되고 고치방 속에 약 6.8일 후에 출현하였다. 성충의 출현은 PM. 9시를 전후로 최대였고 PM. 10시에 감소하였다. 성충출현의 최적지온은 23.4°C였다. 실내개체군(Lab-type)의 암컷 및 수컷과 야외개체군(Nat-type)의 수컷은 수명이 비슷하였고, Nat-type의 산란 수는 200~400립 구간을 형성하였다. 단지, Nat-type의 암컷은 수명이 짧았으며, 산란 횟수와 산란 수는 적었다. 산란횟수에서 야외개체군은 2회와 실내개체군은 4회로 차이를 보이는 것은 야외개체군은 시료 채집 이전에 산란했을 가능성을 배제할 수 없다

검색어 : 애반딧불이, 개체군, 산란, 산란율

반딧불이는 처음 국내에서 애반딧불이(*Luciola lateralis*), 운문산반딧불이(*Hotaria ummunsana*), 늦반딧불이(*Pyrocoelia rufa*)등 3종이 보고되었고(Okamoto, 1924), 최근까지 3아

과 6속 8종이 국내에 서식하는 것으로 보고된 바 있다 (Ento. Soc. of Korea & Korea Soc. Ento. 1994). 그러나 이후 연구에서 국내에는 애반딧불이아과의 애반딧불이(*L.*

*Corresponding author. E-mail: shnam@dju.kr

lateralis), 운문산반딧불이(*H. unmunšana*), 파파리반딧불이(*H. papariensis*)와 반딧불리아과의 늦반딧불이(*P. rufa*) 등 2아과 3속 4종만 서식하는 것으로 보고되었다(Kim et al., 1998, Kim, 1999). 한편, Nagane(1981)는 애반딧불이(*L. lateralis*)가 우리나라를 비롯하여 일본, 중국 등 동아시아에 넓게 분포한다고 보고 한 바 있다.

국내의 애반딧불이는 백두대간을 중심으로 동·서간에 넓은 지리적 분포를 보이고 서식지는 논, 그 주변의 용수로, 저수지, 습지대 및 산간 계곡으로 계류의 물이 흐르는 곳으로 보고된 바 있다(Kim et al., 2003). 한편 일본의 반딧불이(*Luciola cruciata*)는 국내 애반딧불이와 유사한 생활환경을 가지고 있으나, 유충의 서식환경, 먹이, 산란수 등 생태학적 특성의 차이를 보였다(Ohba, 1988). 일본 반딧불이(*L. cruciata*)의 주요 서식처가 대부분 유속이 빠른 하천이며, 주요 먹이는 다슬기로 하는 등 국내의 애반딧불이의 생태학적 특징과 차이를 보인다(Miishi, 1990).

애반딧불이는 환경의 건강성을 나타내는 지표종으로서의 가치와 함께 정서곤충으로서도 보전 및 증식의 필요성이 증대하는 곤충이다. 그러나 애반딧불이에 대한 생태연구는 국내에서 거의 이뤄지지 않은 실정이다. 애반딧불이와 유사한 일본의 반딧불이 연구에 따르면 반딧불이 유충의 상륙 시기에 수온은 약 18℃, 하절기에는 최고 22℃, 동절기에는 6~8℃로 유지시켜야 반딧불이 개체군 유지에 가장 좋은 것으로 보고되었다(Hori and Yuma, 1990; Abe, 1997). 또한, 자연 서식지 내 반딧불이는 약 18~22℃에서 출현빈도 가장 높았고, 22℃인 날에 출현한 개체수가 가장 많았던 것으로 보고되었다(Yajima, 1997). 반딧불이 유충은 수온이 약 15℃일 때 가장 많이 상륙하였다. 상륙 기간에는 항상 약 10℃ 이상을 유지하였으며, 기온이 10℃ 미만으로 내려가면 상륙하는 개체수가 감소하는 것으로 알려져 있다(Katsumo, 1968).

본 연구는 애반딧불이의 자연 개체군의 보전과 증식을 위해 애반딧불이 개체군의 특성을 자연서식지 내 성충개체군의 출현 양상과 특성을 조사하였다. 한편, 실내 증식 가능한 조건을 구하고자 수행하였다.

재료 및 방법

조사 장소 및 시험곤충

애반딧불이 발생조사는 전북 무주군 설천면 장덕리 수한마을(조사지점; N35°59'22.2"E127°49'13.1", 고도 328m)

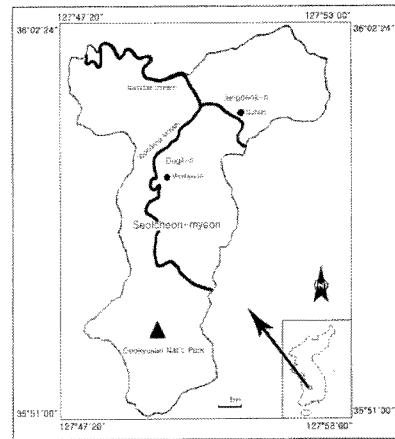


Fig. 1. The survey sites at Wolhyeon and Suhan village, Seolcheon-myeon in Muju-gun area.

과 두길리 월현마을(조사지점; N35°57'59.3" E127°46'37.3", 고도는 378 m)에서 수행하였다(Fig. 1). 실내시험은 2001년 무주군 부남면 하평당에서 채집된 성충의 1세대와 2세대에서 산란한 알을 부화시켜 5령 유충을 이용하였다.

실내사육에서 성충의 발생 생태 조사

성충의 발생 생태를 알아보기 위해 2002년 5월부터 6월까지 전북무주군 설천면 청량리 소재 반딧불이 자연학교의 사육실에서 실내 실험을 통해 유충의 상륙부터 성충 출현까지 개체군 특성을 조사하였다. 실내 실험 환경은 자연광 조건으로 온도와 습도가 각각 20~25℃, 60~70%로 유지되었으며, 유리 수조(90×30×30 cm) 내에 모래와 큰 자갈, 숯, 낙엽, 백석 등으로 수중환경을 조성한 사육 장치로 하였다. 산소는 공기 발생기를 통하여 공급하였다. 수위는 약 10 cm을 유지시킨 후 1세대에서 부화된 애반딧불이 종령(5령)유충 100마리와 먹이인 다슬기를 공급해 주었다. 유리 수조 내의 유충의 상륙 장치(30×30×15 cm)는 서식지 토양과 모래를 배합하여 조성한 후 유충의 상륙을 유도하였다(Fig. 2).

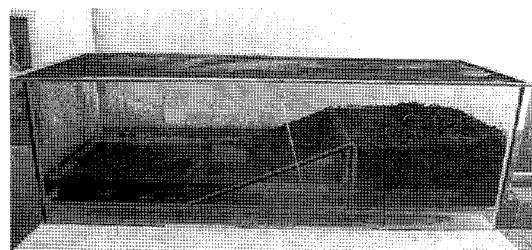


Fig. 2. Rearing cage for the experiment during the period from the climbing up of *L. lateralis* larva to adult emergence.

서식지 내 성충 출현과 온도 변화 조사

서식지 내 온도 변화와 애반딧불이 성충 출현 변화 조사는 2003년도 6월 10일부터 7월 20일까지 전북 무주군 설천면 월현마을과 수한마을에서 이루어졌다. 조사는 해가 진 후 계수기를 이용하여 10분 간격으로 2~3회 계수한 평균값을 30분 단위로 기록하였으며, PM. 8:30분부터 AM. 00:30분까지 논둑을 따라 이동하며 좌우로 계수하는 선조사법과 이동 중 지상개체가 밀집된 장소에서 멈춰 계수하는 점조사법을 병행하여 조사하였다. 지온과 기온 조사는 지온계(KW-30.1018), 디지털 온·습도계(Happy home 201), Data-logger(HOBO RH/Temp/2x Exteranal 2) 등을 이용하였고, 애반딧불이 성충의 출현수와 온도 변화의 관계를 조사하였다.

애반딧불이 성충 수명 및 산란 양상 조사

애반딧불이 성충 수명과 산란 양상 조사를 위하여 전북무주군 설천면 월현마을의 야외개체군(Nat-type)과 설천면 청량리 소재 반딧불이 자연학교 내에서 사육된 실험실개체군(Lab-type)을 비교하여 성충 수명과 산란 양상을 조사하였다. 이때 Lab-type의 공시충은 2002년 5월과 2003년 3월에 출현한 암·수 22쌍 중에서 암·수 13쌍의 생존일수와 산란수를 조사하였다. Nat-type은 2003년도 6월에 최초 출현일로부터 3~4일 이내 채집된 공시충 암·수 30쌍을 대상으로 생존일수와 산란 양상을 조사하였고, 이때 생존일수 조사는 13쌍을 공시하였다.

결과 및 고찰

실내 사육을 통한 성충의 발생 생태

성충의 발생 생태를 알아보기 위해 실내에서 유충의 상륙부터 성충의 출현까지 발육단계의 특성을 조사한 결과, 애반딧불이 유충이 물속으로부터 상륙하여 번데기 방의 완성까지 약 5일 소요되었고, 번데기 방을 만든 후 약 6일이 지나 번데기가 되었다. 일부 유충은 배회한 후 다시 물속으로 들어가는 것이 관찰되었으며, 번데기 방은 유충의 구기와 분비물을 이용하여 토와를 만들어 머리 쪽을 마지막 밀봉시키는 방법으로 완성하였다. 번데기 방의 크기는 평균(±표준편차) 길이 10.1 ± 0.6 mm, 폭 4.7 ± 0.5 mm, 벽두께 1.3 ± 0.2 mm이었다(Table 1).

토와를 형성한 후 번데기는 약 10일 동안 등면과 배면을 바꾸는 행동을 하였다. 번데기의 발육 형태를 관찰한 결과, 번데기는 성충으로 되기 2~3일 전에 가슴등판은 선분홍색으로 변색되었고 그 위의 세로줄은 검게 변하였다. 날개가 검게 변색된 후 탈피하여 성충으로 우화되었다(Fig. 3).

Table 1. Size of pupal cocoon of the firefly, *L. lateralis*

	Length (mm)	Wall (mm)	Width (mm)
Mean	10.1	4.7	1.3
SD	0.6	0.5	0.2

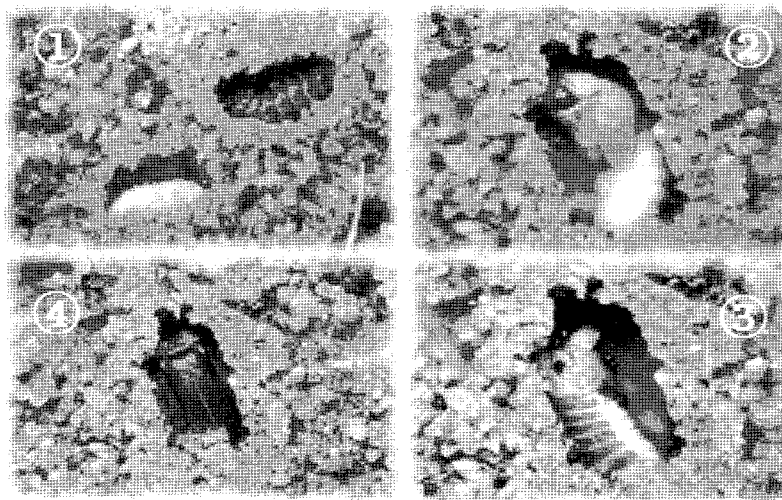


Fig. 3. Transformation from prepupa of *L. lateralis* room to eclosion into adult in pupal cocoon, ① prepupa and pupa, ② transform into shape of adult, ③ before eclosion into adult, ④ adult ; Adult stay in pupal cocoon for several days.

Table 2. The periods of *L. lateralis* at different stages: roam on soil after climbing up, prepupa, pupa, and adult in soil after emergence

Period (days)	Roam	Prepupa	Pupa	Adult in soil	Total
Mean	5.3	6.6	10.5	6.8	29.2
SD	0.9	0.9	0.5	1.2	

번데기에서 성충으로 우화한 후 번데기방 속에서 평균 6.8 ± 1.2 일 머무른 후에 출현하였다. 따라서 성충은 유충이 상륙한 후 약 29일이 지나 발생하였다(Table 2). 실험에 사용된 100개체의 유충에서 출현한 성충은 54마리, 물속 유충 23마리, 사망 23마리 등으로 나타났다. 국내의 애반딧불이의 용기간에 대한 실험에서 15°C에서 94.7 ± 11.5 일, 20.16°C와 20°C에서 41.7 ± 9.1 , 25°C에서 18.5 ± 7.4 일로 온도가 높을수록 용기간이 짧았다고 보고하였다(Lee et. al., 2003). 또한 Kim(2000)은 23°C 조건에서 종령 유충이 땅으로 상륙하여 흙으로 토와를 만든 후, 약 20일의 전용기간을 거쳐 용화되며, 토와 속에서 약 10일의 용기간을 거친 후 성충으로 우화하고 우화율은 66.3%라고 하였다(Kim, unpublished observation). 일본에서 반딧불이(*L. cruciata*) 유충의 상륙에서 성충의 출현까지 기간은 16°C에서 100일과 20°C에서 80일 등으로 조사되었다(Yuma, 1981). 일본의 애반딧불이는 5월 중순경 유충이 상륙하여 토와를 만들고 20~30일이 경과한 후 성충으로 우화한다고 하였다(Ohba, 1983).

온도 변화와 출현 양상

출현빈도는 월현마을에서 6월 12일부터 7월 14일까지 9회 조사되었으며, 수한마을에서 6월 21일부터 7월

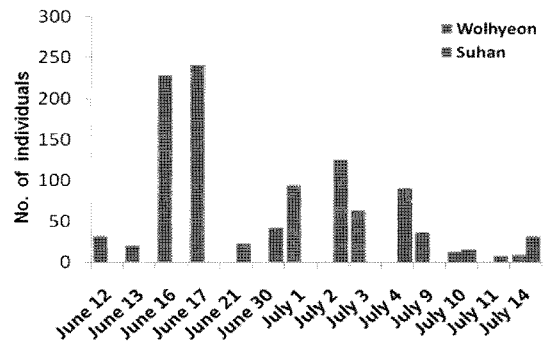


Fig. 4. The emergence frequency of *L. lateralis*, at Wolhyeon and Suhan village in Muju-gun area(2003).

17일까지 7회 조사하였다. 두 곳의 일평균(±표준편차) 기온은 각각 19.9 ± 1.3 °C와 19.7 ± 0.8 °C이었다. 조사시기의 온도와 습도범위는 월현마을이 15.6~21.7°C, 68~99%, 수한마을이 16.4~20.6°C, 74~99%이었고, 지온은 각각 22.4 ± 1 °C와 22.6 ± 1.4 °C이었다. 개체수는 월현마을이 총 736개체로 최초 출현일로부터 6일째에 가장 많았고, 수한 마을은 총 332개체로 최초 출현일로부터 12일째에 가장 많았다(Fig. 4).

일별 조사는 PM. 8:30 ~ AM. 00:30분까지 수행하였다. 개체수는 조사기간 동안 PM. 9시를 전후로 증가하였고 PM. 10시 이후에 감소하였다. 개체수의 증감은 PM. 9시부터 PM. 9:40분경에 가장 크게 나타났으며, 23.4 ± 0.2 °C의 지온에서 활동이 가장 왕성하였다. 그 이후에는 지온이 하강하면서 개체수가 감소하였다(Figs. 5, 6).

한편, 일본 반딧불이(*L. cruciata*)의 활동 기온은 18~22°C에서 출현 빈도가 높게 나타났으며(Yajima, 1997) 조사 방법에서 기온과 지온을 각각 선택한 차이는 있으나 본 연구 결과는 비슷하게 조사되었다.

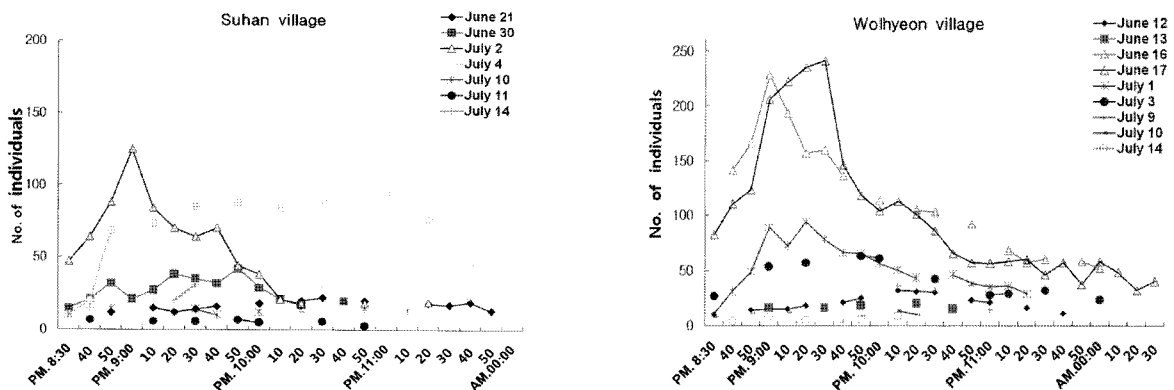


Fig. 5. The emergence frequency of *L. lateralis*, with the duration of time at Wolhyeon and Suhan village in Muju-gun area (2003).

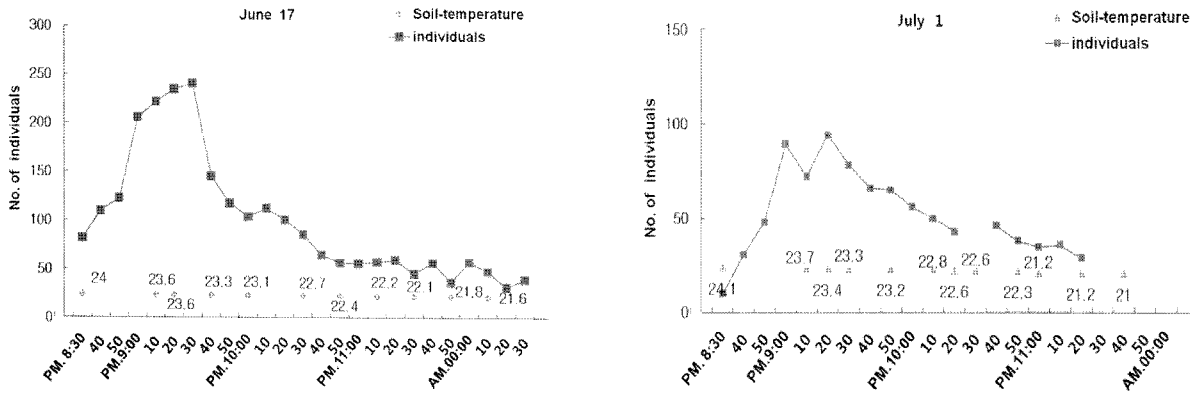


Fig. 6. The emergence frequency of *L. lateralis*, with the duration of time and soil temperature change at Wolhyeon village for two days in Muju-gun area (2003).

성충 수명

Nat-type의 성충 수컷은 평균(±표준편차) 15.4 ± 3.1일, 암컷은 평균 12.6 ± 3.9일간 생존하였고, Lab-type의 수컷과 암컷의 수명은 각각 평균 15.5 ± 3.7일과 평균 16 ± 3.7일이었다. 수컷의 생존 기간은 두 개체군이 비슷하였으나 암컷의 경우는 Nat-type이 Lab-type보다 짧았다(Fig. 7). 이는 Nat-type 암컷은 조사이전에 이미 출현하여 산란했을 가능성을 시사한다. Noh et al.(1990)은 애반딧불이의 수명이 약 2주라고 하였는데 이는 본 조사와 유사한 경향을 보인다.

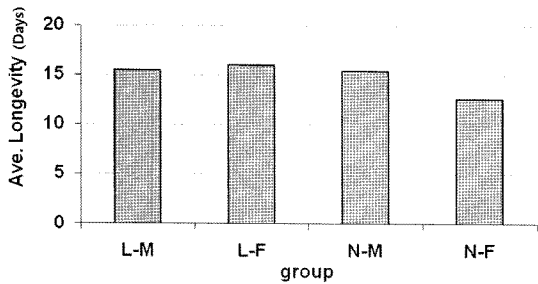


Fig. 7. Average longevity of adult *L. lateralis* of the natural and laboratory populations (the Nat-type and the Lab-type, respectively): L-M (Lab-type male), L-F (Lab-type female), N-M (Nat-type male), and N-F (Nat-type female).

산란 양상

Lab-type의 산란 횟수는 평균 5회이고, 산란일 간격은 평균 2일이었다. 산란 수는 평균(±표준편차) 273 ± 79립으로 최대 400립까지 산란하였다. 또한 최초 산란은 교미 후 평균 1.5일이 지나서 이루어졌다. 산란은 1~4회 구간에서 약 91.96%를 산란하였고 최소 2회에서 최대 10회까지 산란하였다. Nat-type은 최초 출현일로부터 3~4일 내에 교미한 것을 채집하여 산란을 유도하였다. 산란 횟수는 평균 2.9회, 산란일 간격은 평균 1.7일로 조사되었고, 산란 수는 평균 113 ± 87립으로

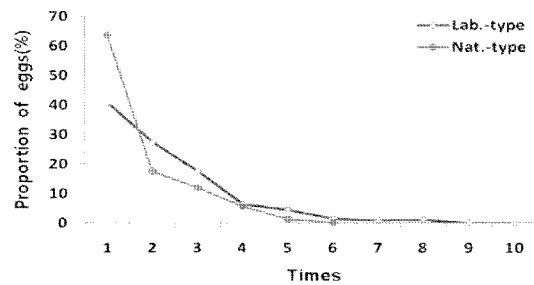


Fig. 8. Relationship between the number of times and proportion of eggs of adult *L. lateralis* of the natural and laboratory populations.

Table 3. The Oviposition patterns of adult *L. lateralis* of the natural and laboratory populations

		No. of egg laid	Times (times)	Interval (days)	The first (days)
Laboratory population	Mean	273	5.0	2.0	1.5
	SD	79	2.1	1.1	0.9
Natural population	Mean	113	2.9	1.7	-
	SD	87	1.4	0.9	

Table 4. Comparison between the number of oviposition of adult *L. lateralis* of the natural and laboratory populations (the Nat-type and the Lab-type, respectively)

Eggs	No. of oviposition and females					Total
	0-50	51-100	101-200	201-300	301-400	
Nat.-type	8	7	11	2	2	30
Lab.-type	-	-	4	10	7	21

최대 382립까지 산란하였다. 산란은 1~3회 구간에서 약 96.7%를 산란하였고 산란 횟수는 최소 1회에서 최대 6회까지 산란하였다(Table 3, Fig. 8). 한편 국내의 난에 대한 연구에서 암컷은 300~500개의 담황색 난을 산란한다고 보고 한 바 있다(Noh *et al.*, 1990).

위의 결과에서 Lab-type 보다 Nat-type에서 평균 산란 수와 산란 횟수가 적게 나타났으나 Nat-type의 일부 산란 수가 200~400립의 구간에 형성되고 산란 횟수가 Nat-type에서 적게 나타났다(Table 4). 성충의 수명에서 실험 이전의 산란 가능성을 고려해 본다면 산란의 특성도 두 개체군이 유사할 것으로 보여진다.

Literature Cited

- Abe, N. 1997. Breeding fireflies at the Itabashi Firefly House, Tokyo. THE INSECTA RIUM. 34: 20-23.
- Katsuno shigemichi, 1968. breeding fireflies by artificial incubation in nagano. Insects(6): 13-17.
- Kim, S. E. 1999. The symbol of environmental conservation - The firefly. Kor. Soc. Firefly. Vol. 1, pp. 1-8.
- 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 Applied Entomology, p. 58.
- Kim, J.G., H.C. Park, J.E. Lee, B.R. Jin, 2003. The Korean Firefly. Kor. Soc. Firefly. pp. 1-94.
- Lee, K. Y., K. s. Ahn, H.J. Kang, S.K. Park, J.G. Kim, 2003. Effects of Temperature on Reproduction and Development of Firefly, *Luciola lateralis* (Coleoptera Lampyridae). Korean Society of Applied Entomology, vol.42 No.3. pp. 217-223.
- Magane, D. 1981. Taxonomy of Firefly. Nyusaienchi Press. Tokyo 93-94.
- Miishi H. 1990. Message from the waterside of Genji-firefly. ingoimainichi-sinbun. Tokyo. pp. 86-118.
- Noh, Y.T., K.M. Baek, I.C. Shin and I.H. Moon. 1990. Propagation of Keorean 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. pp. 198.
- Okamoto, H. 1924. The insect fauna of Quelopart Island, Bull. Agr. Exp. Sta. Chosen, 1(2): pp. 182-183
- The Entomological Society of Korea·Korean Society of Applied Entomology, 1994. Check List of Insects from Korea. Kon-Kuk University Press. pp. 744.
- Yajima, M. 1997. Fireflies return to the Imperial Palace-Efforts for introduction. THE INSECTARIUM. 34: 26-32.
- Yuma, M. 1981. The body size variations of the climbing larvae of the firefly, *Luciola cruciata* (Coleoptera; Lampyridae). Jap. J. Ecol. 31: 57-66.
- Yuma, M. & M., Hori, 1990. Seasonal and age-related changes in the behaviour of the genji firefly, *Luciola cruciata* (Coleoptera, Lampyridae). Jpn. J. Ent., 58(4): 863-870.

(Received for publication April 11 2009;
revised May 22 2009; accepted June 2 2009)