

국내 서식하는 아메리카동애등애(*Hermetia illucens*)의 생태 특성

김종길* · 최영철 · 최지영 · 김원태 · 정길상 · 박관호 · 황석조

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부

Ecology of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratmyidae) in Korea

Jong-Gill Kim*, Young-Cheol Choi, Ji-Young Choi, Won-Tae Kim, Gil-Sang Jeong, Kwan-Ho Park and Sock-Jo Hwang

Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-853

ABSTRACT : This study was conducted to investigate the distribution pattern, ecological characteristics and life cycle of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*, BSF). The BSF was widely distributed throughout Korea. The insect was mainly found in the vicinity of and in cattle sheds, manure sheds, living waste dump grounds, and food waste dump grounds. Developmental characteristics of the BSF are as follows: the egg was long oval shaped of 887 μm in the major axis and 190 μm in the minor axis; it weighed 24 μg . Female oviposited ca. 1,000 eggs on average; eggs hatched in 81 hours under laboratory condition (27°C, 60% R.H.). The duration of the larval stage was approximately 15~20 days. The size of the last instar larvae was 21 mm. The cuticle of the pupae gradually acquired red-brown color and the size of them was 19 mm. The pupal stage was shorter for females (16 days) than males (15 days). Adults were sized about 13~20 mm long and black-colored. The life span of adult insects was 5~8 days for the first generation (June~July), 7~10 days for the second generation (Aug.~Sept.), and 13~18 days for the third generation (Sept.~Oct.). Mating started on the next day of emergence and actively occurred at the third day after emergence. Mating mostly occurred between 10:00 and 16:00 during which light intensity is highest. Egg-laying started on the third day and was most frequent from the fourth to the sixth day after emergence. Similar to mating time, females oviposited mostly between 10:00 and 16:00.

KEY WORDS : Black Soldier Fly (BSF), *Hermetia illucens*, Life cycle, Mating, Egg-laying

초 록 : 본 연구는 국내 서식하는 아메리카동애등애(*Hermetia illucens*, BSF)의 분포, 서식지 생태특성 구명 및 실내 인공사육을 통하여 생활사를 조사하였다. BSF는 조사한 7개 지역에서 모두 발생이 확인되었으며, 축사, 퇴비사, 생활쓰레기장, 음식물쓰레기장 주변에 주로 서식하는 것으로 조사되었다. BSF의 발육단계별 특성을 보면, 알의 크기는 장경 887 μm , 단경 190 μm 로 장타원형이며, 알의 무게는 24 μg 이었다. 성충 한 마리가 약 1,000개의 알을 산란하였으며, 실내 조건(27°C, 60% R.H.)에서 부화 소요시간은 81시간 이었다. 종령 유충의 크기는 21 mm 이며 유충기간은 15~20일 정도였다. 번데기는 암갈색을 띠며 크기는 19 mm인데, 번데기 기간은 암컷이 16일, 수컷이 15일로 수컷이 암컷에 비해 약간 짧았다. 성충은 크기가 13~20 mm 정도이며 흑색을 띤다. 발생시기별 성충 수명은 1세대(6~7월)가 5~8일, 2세대(8~9월)가 7~10일, 3세대(9월~10월)가 13~18일 정도였으며, 암컷이 수컷보다 조금 길었다. 교미는 우화 후 2일째부터 시작하여 3일째 가장 왕성하였으며, 성충은 일조량이 많은 10:00에서 16:00 사이에 대부분 교미하였다. 산란은 우화 후 3일경부터 시작하였고 4~6일 사이에 가장 많았다. 일일 중 산란시간은 교미시간대와 유사한 10:00에서 16:00 사이에서 가장 높았다.

검색어 : 아메리카동애등애(BSF), *Hermetia illucens*, 생활사, 교미, 산란

*Corresponding author. E-mail: kjk1027@rda.go.kr

곤충은 종류가 많고 아주 넓게 분포하고, 발생생태가 다양하다. 먹이원도 광범위하여 지구상에 존재하는 유기물 대부분을 곤충이 먹을 수 있다고 해도 과언이 아니다. 곤충 중에는 썩은 동물질과 식물질, 동물의 배설물 등의 부식성 물질을 먹이로 이용하는 종류가 매우 많다. 이들은 자연에서 항상 발생하는 썩은 물질을 분해시켜 쾌적한 환경을 유지하게 하는 분해자로서 역할을 수행한다. 이 같은 습성을 가진 곤충군 중에서, 동애등에류와 같은 환경정화곤충은 농축업과 인간 활동을 통해 발생하는 유기성 폐기물을 적극적으로 정화한다.

동애등에류는 전 세계적으로 약 1,500종이 서식하며, 우리나라의 경우 9속 14종(Lee, 1998) 알려져 있다. 그 중 아메리카동애등에(*Hermetia illucens* L.)는 일반명이 **Black Soldier Fly (BSF)**이며, 파리목(Diptera) 동애등에과(Stratiomyidae)에 속하는 곤충으로 대표적인 환경정화 곤충이다(Copello, 1926; Furman *et al.*, 1959). 이 곤충은 한국, 일본, 중국, 대만 등 동남아시아와 미국 등지에 널리 분포되어 있는데, 우리나라에는 1990년에 최초로 발견되어 보고된바 있으며(Kim, 1997), 일본에서는 1950년에 최초로 발견된 것으로 알려져 있다(Morimoto and Kiritani, 1995). 특히 BSF는 북아메리카가 원산지로 1950년을 전후해서 전 세계적으로 확산되어 세계적인 분포를 보이고 있다(Sheppard *et al.*, 2002).

대표적 환경정화 곤충인 BSF는 유충시기에만 먹이활동을 할 뿐, 성충 시기에는 먹이활동을 하지 않는다. 이들은 사람들을 피해 숲으로 이동하며, 축사나 생활쓰레기 및 음식물쓰레기와 같은 유기성폐기물이 야적되어 있는 곳에서 생활사를 이어가는 종이다(James, 1935; McCallan, 1974; Sheppard *et al.*, 2002). 이러한 BSF의 생태적 특성을 이용하여 유기성폐기물, 즉 음식물쓰레기, 축산폐기물 등의 친환경적인 처리와 자원 재활용(Sheppard *et al.*, 1998; Tingle *et al.*, 1975; Sheppard and Newton, 2000) 및 번데기 사료화(Hale, 1973; Bondari and Shppard, 1987) 등에 관한 연구가 일부 국가에서 진행되고 있다.

한편 가축배설물 및 음식물쓰레기 등 유기성폐기물의 처리문제는 환경보전 차원에서 심각한 문제로 대두되고 있다. 그 중에서도 음식물쓰레기는 가정에서 가장 많이 배출(69%)되며, 음식점, 집단급식소, 농수산물시장 등에서 대부분 발생된다. 이와 같이 발생하는 음식물쓰레기 처리는 환경보전 차원에서 심각한 문제점으로 대두되고 있으며, 음식물쓰레기 처리시설들은 환경위생적인 측면에서 악취 등 환경민원이 급증하고 있어 이를 대체할 새로운 기술의 개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내 서식하고 있는 BSF의 서식지 분포 조사와 더불어 실내 인공사육을 통한 생태적 특성

을 구명하여 대량증식기술 개발 및 BSF를 이용한 음식물쓰레기의 친환경적 처리기술 개발을 위한 기초시험을 수행하였다.

재료 및 방법

BSF의 국내 분포 및 서식지 생태 조사

BSF 서식지 분포조사는 2006년~2007년에 걸쳐 양양, 수원, 봉화, 부여, 영천, 구례, 제주 등 7개 지역에서 조사하였다. 서식지로 확인된 지역의 주변 환경 및 먹이원 등 생태 유형별로 그 특징을 분석하였다. 또한 BSF의 성충 발생 소장을 조사하기 위하여 자연 서식지에서 번데기를 채집하여 자연온도, 자연광주기에서 보호하여 일별 성충 발생 패턴을 조사하였다.

BSF의 생활사

(1) 실내사육

본 연구에 사용한 BSF는 경기도 수원에서 채집한 종으로 실내 인공사육을 통하여 그 생활사를 구명하였다.

우화한 성충은 자유롭게 날 수 있게 유리온실 내 망실(W×D×H=4×2×2 m)에 방사하여 교미시킨 후 채란을 하였으며(Fig. 1-A), 일조량을 최대한 받을 수 있도록 하였다. 성충은 매일 일정한 량의 물을 급여하였으며, 플라스틱 상자(W×D×H=60×40×15 cm)내 음식물을 넣어 산란 배지로 사용하였으며, 산란배지에 산란유도 재료인 플라워폼(영문표기)에 구멍을 뚫어 설치하였다(Fig. 1-B).

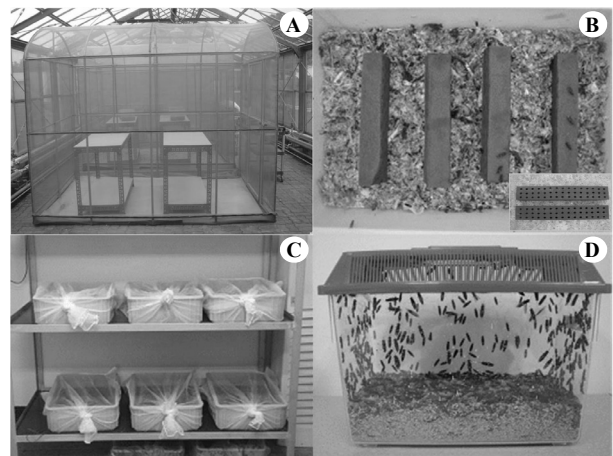


Fig. 1. Various rearing cages of *Hermetia illucens*. A: a cage for oviposition and mating, B: oviposition medium, C: cages for rearing larvae, D: a device for adult emergence.

산란이 끝나고 부화를 위해 온도 27°C, 습도 60% 조건에서 보호하였다.

유충사육은 플라스틱 상자(W×D×H = 60×40×15 cm)를 이용하였다. 사육은 상자 내 약 10,000두(4~5두/cm²)의 밀도로 하였으며, 매일 1~2 kg의 음식물쓰레기를 공급하였다. 사육환경은 온도 27°C, 습도 60%, 장일(14L:10D) 조건으로 하였으며, 상자를 천적으로부터 보호하기 위하여 망(200 mesh)으로 씌운 채로 사육하였다.

전용단계의 번데기를 수거하여 수분함량이 약 20%인 톱밥을 매질로 하여 번데기 보호장치(W×D×H = 30×20×35 cm)에서 성충 발생을 유도하였다(Fig. 1-D).

(2) 발육단계별 특성 조사

교미를 마친 암컷 성충을 개체별로 산란수를 조사하였으며, 산란된 알은 온도 27°C, 습도 60%에서 보호하여 부화 비율 및 부화소요일수를 조사하였다. 또한 산란 후 2일이 경과된 알 100개씩을 대상으로 크기, 무게 등을 조사하였다. 부화한 유충을 플라스틱 상자(Fig. 1-C)에 온도 27°C, 습도 60% 조건으로 음식물쓰레기를 사료로 하여 약 10,000두를 집중하여 사육하여 특성을 조사하였다. 번데기를 20두 3반복으로 하여 크기 및 형태 특성을 조사하였으며, 당일 용화된 번데기를 300두씩 번데기 유도장치(Fig. 1-D)에 넣어 번데기 기간을 조사하였다. 번데기 보호장치에서 우화한 성충을 암수 각 20마리씩 3반복으로 공시하여 크기 및 형태를 조사하였다(Fig. 1-D). 우화한 성충을 발생 시기별로 수명, 교미 및 산란 특성을 조사하였다.

결과 및 고찰

BSF의 분포 및 생태 특성

(1) 국내 분포조사

BSF는 양양, 수원, 봉화, 부여, 영천, 구례, 제주 등 조사를 실시한 모든 지역에서 발생이 확인 되었다(Fig. 2). BSF의 국내 서식은 1990년도에 최초로 확인하였고, 그

이후 서울, 경기, 강원, 경남 등에 분포하는 것으로 알려져 있다(Kim, 1997).

본 연구에서는 기존에 보고기록이 없는 지역을 중심으로 하고 한반도 지리적 특성을 고려한 조사로서 해외에서 도입된 종이라 추정되고 있으나(Kim, 1997), 현재 우리나라 전역에 걸쳐 분포하고 정착한 종으로 추정된다.

(2) 서식지 생태조사

서식지별 주위 경관, 유충이 생활하고 먹이원인 유기성 폐기물이 쌓여있는 장소 등 BSF 서식지에 대한 생태조사를 실시하였다. 조사된 BSF 서식지를 생태 유형별로 분석해 본 결과, 총 7개의 서식지 중 축사 및 퇴비사 주변 4개소, 생활쓰레기가 야적되어 있는 곳 1개소, 음식물쓰레기장 2개소 등을 확인하였다(Fig. 3).

이와 같은 사실로 미루어 볼 때 BSF의 서식지는 대부분 숲과 축사의 유기성폐기물이 야적되어 있는 장소인 것으

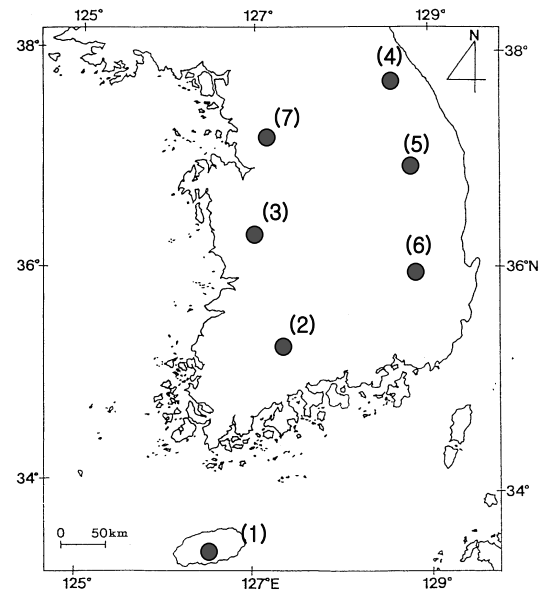


Fig. 2. Distribution of *H. illucens* in Korea (1): Jeju, (2): Gurae, (3): Buyeo, (4): Yangyang, (5): Bongwha, (6): Youngchon, (7): Suwon.



Fig. 3. Micro-habitats of *H. illucens*. A: manure, B: life waste ground, C: food waste ground.

로 확인되었다. 이들의 활동 반경은 매우 넓으며, 부패하는 유기물 주위에는 어디에서든 서식한다고 할 수 있다.

외국에서 도입된 종이라 해충으로 작용할 염려도 많았지만, 현재까지 해충 또는 위생곤충으로 취급되어 보고된 기록은 없다. 특히 미국에서 BSF는 해충이 아니라고 보고되어있다(Sheppard *et al.*, 2002). 따라서 우리 주변에서 문제시 되고있는 유기성폐자원을 친환경적으로 처리하면서 그 생태를 유지하는 BSF는 유기성폐자원의 분해 뿐만 아니라 다양한 분야에서 이용이 기대된다.

(3) BSF 성충 발생소장 조사

BSF 성충의 발생소장조사를 위하여 자연 서식지에서 우화하기 전 4월에 번데기를 채집하여 자연온도, 자연광 주기에서 보호하여 발생소장을 조사하였다. 성충은 5월 하순부터 발생하기 시작하며, 6월 중순에 최고 발생을 나타냈고, 7월 하순까지 우화가 계속되었다(Fig. 4).

국내에서 조사된 자료를 보면, 6월에 1개체만 확인되었을 뿐 대부분 8, 9월에 채집 기록이 있으나(Kim, 1997), 본 조사에 의하면 6월부터 10월까지 전 기간에 걸쳐 왕성

한 성충 발생을 확인하였다. 과거 기록이 다소 차이가 나는 것은 조사강도(구체적으로 무엇, 조사규모?)나 방법의 차이에서 기인된 것이라 판단된다. 향후 BSF를 유용한 자원으로 활용하기 위하여 월동생태, 휴면기구 해명 등 생리 생태적인 분야에 심도 있는 연구가 수행되어야 할 것으로 본다.

BSF의 생활사

(1) 발육단계별 특성 조사

BSF는 알, 유충, 번데기, 성충 과정을 거치는 곤충이다 (Fig. 5). 교미를 마친 암컷 성충을 개체별로 산란수를 조사한 결과, 평균 산란수는 성충 한 마리가 약 1,000개의 알을 산란하였다(Table 1). 알의 크기는 장경 약 887 μm , 단경 약 190 μm 로서 장 타원형(Fig. 6)이며, 알의 무게는 약 24 μg 이었다(Table 1).

한편 개체별로 산란된 알을 온도 27°C, 습도 60%에서 보호하여 부화비율 및 부화소요일수를 조사한 결과, 부화비율은 거의 100%에 가깝게 부화 하였으며, 부화소요시

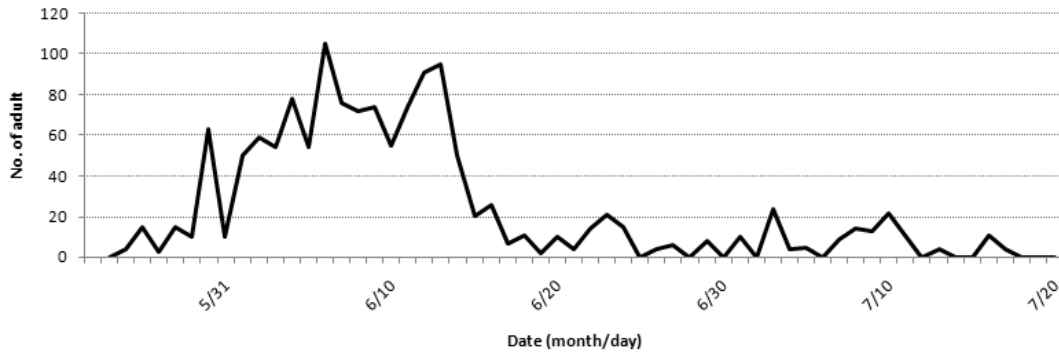


Fig. 4. Seasonal variation in occurrence of *H. illucens*. in the field under simulated outdoor condition(2007).

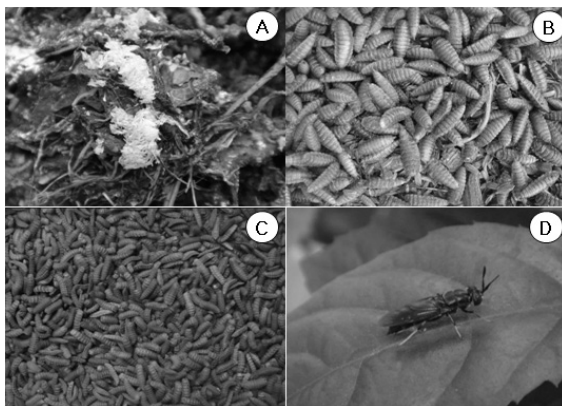


Fig. 5. The life cycle of *H. illucens*. A: egg masses, B: larvae, C: pupae, D: adult.

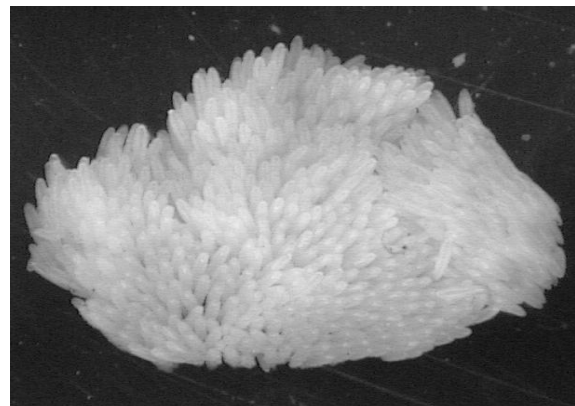
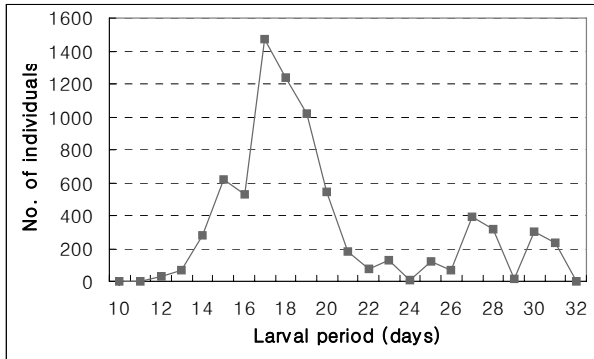


Fig. 6. External morphology of the egg mass of *H. illucens*.

Table 1. Size of the egg, number of eggs laid, weight, hatchability and incubation period of the BSF, *H. illucens*.

No. of egg laid per female	Egg size (μm)		Weight (μg)	Hatchability (%)	Incubation period (hrs)
	Major axis	Minor axis			
1001 \pm 247	886.9 \pm 19.7	190.1 \pm 9.7	24.0 \pm 1.6	99.6 \pm 0.3	81.3 \pm 12.5

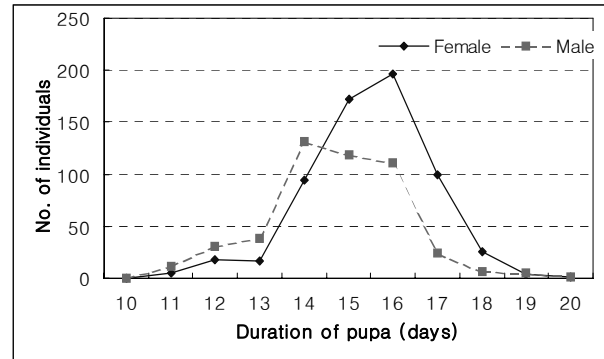
Mean \pm S.D.; Incubation condition : 27°C, 60% R.H.

**Fig. 7.** Duration of the larval stage under laboratory condition (27°C, 60% R.H.).

간은 80~90 시간이 소요되었다(Table 1). 이와 같이 BSF는 산란수가 많고 부화율이 매우 높아 인공적인 대량증식으로 유기성 폐자원을 처리하는데 활용가치가 매우 높은 곤충인 것으로 판단된다.

종령 유충의 크기는 약 20 mm 정도였으며 유충기간은 15~20일이었다. 특히 BSF 유충은 갓 부화했을 때는 흰색에 가까우며, 성장함에 따라 점점 미색으로 변하고 그 후 흑갈색으로 변하는데 이는 전용단계에 접어든 것이다(May, 1961). Tomberlin and Sheppard (2001)은 유충기간을 10~14일 정도라 보고하였는데, 본 연구에서는 약 2~3일 정도 더 길게 나타났다(Fig. 7). 이는 BSF의 사육시 사용된 사료 조성과 사육조건의 차이에서 기인되었다고 판단된다. 특히 유충기간이 길어진다는 것은 BSF가 유기성폐기물을 분해하는 양이 그 만큼 더 많다는 것을 의미하므로 실용적인 측면에서 큰 장점이 있다고 판단된다.

BSF는 전용단계에 이르면 먹이활동을 중단하고 건조한 곳으로 이동하기 시작한다. 이들의 이동습성은 유충이 성공적으로 번데기에서 성충이 되기 위해서 유기물을 떠나야 하기 때문에 일어난다(Newton *et al.*, 2005). BSF의 번데기는 어떠한 고치형태를 만들지 않고 유충 형태 그대로 번데기가 된다. 단지 번데기 색깔이 암갈색으로 바뀔 뿐이다. 이러한 생태적 특성을 이용할 경우 노숙유충을 손쉽게 수거할 수 있을 것이다. 번데기 기간은 11~20일 범위였는데, 대부분은 13~17일 후에 우화하였으며 수컷이 암컷에 비해 전반적으로 짧은 경향을 보였다(Fig. 8).

**Fig. 8.** Duration of the pupal stage of both sexes (27°C, 60% R.H.).

한편, BSF의 번데기는 사료로서의 가치가 있다는 보고가 있다. 전용단계의 BSF는 44%의 건조중량으로 필수 아미노와 지방산을 포함한 42%의 단백질, 35%의 지방으로 구성되어 있는 것으로 알려져 있다(Hale, 1973). 특히 이 단계에서 가장 큰 크기가 되며, 많은 지방체를 몸에 저장한다(Newton *et al.*, 1997). 따라서 BSF가 음식물쓰레기 등 유기성폐자원을 처리하는 기능뿐만 아니라 처리 후 생산되는 번데기를 사료화, 산업화 등으로 이용하는 새로운 용도로서의 활용가치도 기대된다.

Fig. 5-D에서 보는 바와 같이, BSF 성충의 몸 색깔은 전체적으로 검은색이다. 발생시기별 BSF 성충 암수 수명을 조사한 결과, 1세대는 5~8일 정도, 2세대의 경우에는 7~10일, 3세대의 경우는 13~18일 정도 생존하였다(Fig. 9). 모든 세대에서 암컷의 수명이 수컷에 비해 더 길었다.

세대별로 성충의 수명에 차이가 생기는 이유는 BSF가 고온에서 잘 적응할 수는 있으나(Sheppard, 1983; Sheppard *et al.*, 2002), 야간의 온도가 낮은 시기에 수명이 길어지는 것으로 보아 고온에 의한 에너지 소모가 많은데서 기인한 것으로 추정된다. 또한 수컷이 암컷에 비해 수명이 짧고 먼저 발생하는 현상은 암컷이 충분한 에너지를 가지고 있을 때 교미 및 산란이 이뤄질 수 있도록 하는 생태적 특성이라 추정된다.

BSF 성충의 교미 특성을 조사한 결과, 교미는 우화 후 2일에서 시작하여 7일까지 관찰되었는데, 모든 세대에서 3일째 되는 날에 가장 높은 교미 빈도를 보였다(Fig. 10).

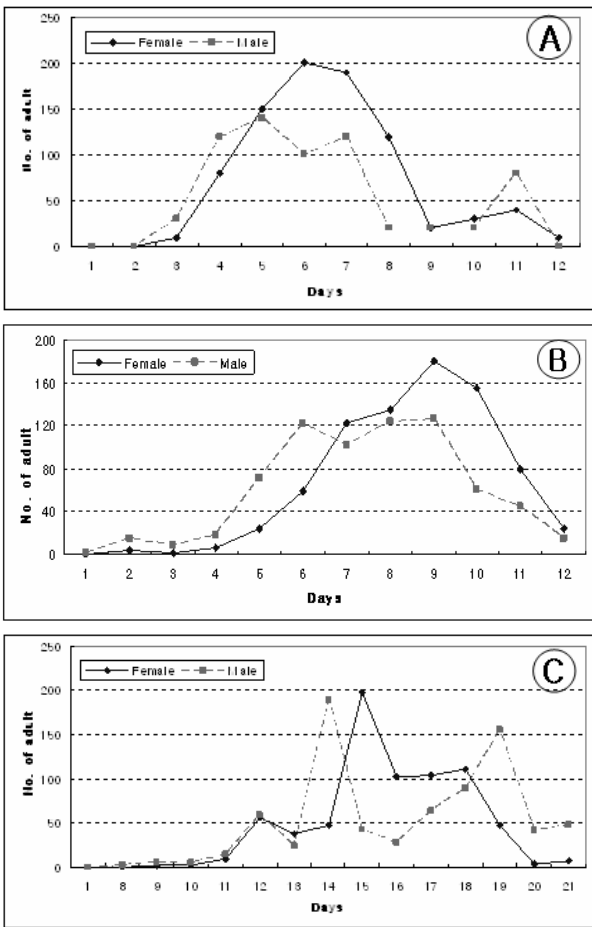


Fig. 9. Duration of the adult stage at each generation under simulated outdoor condition. A: 1st generation (June~July), B: 2nd generation (Aug.~Sept.), C: 3rd generation (Sept.~Oct.)

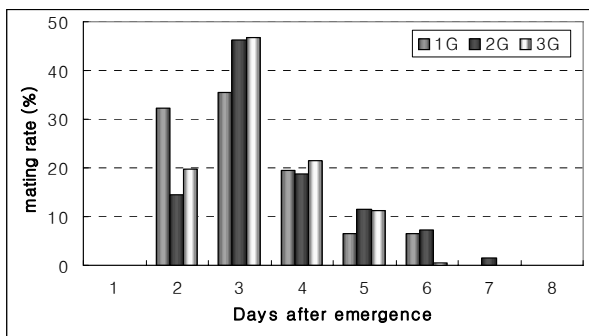


Fig. 10. Mating rate after emergence by day. 1G: 1st generation, 2G: 2nd generation, 3G: 3rd generation.

한편 일일 중 교미시간을 조사한 결과, 모든 세대에서 일조량이 많은 10:00에서 14:00에 가장 활발한 교미활동을 보였다(Fig. 11). 이것은 일조량이 BSF의 교미 활동에 직접적인 영향을 미치고 있음을 추측할 수 있다. BSF

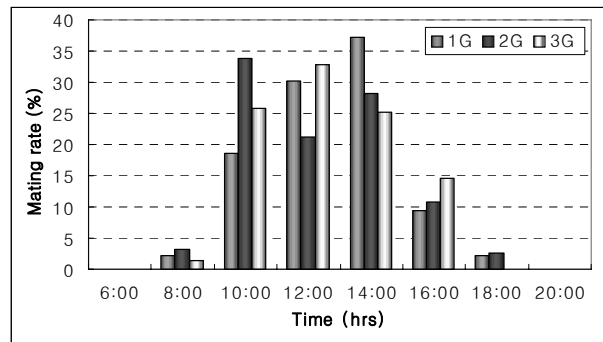


Fig. 11. Hourly recording of mating rates with different generations of *H. illucens*. 1G: 1st generation, 2G: 2nd generation, 3G: 3rd generation.

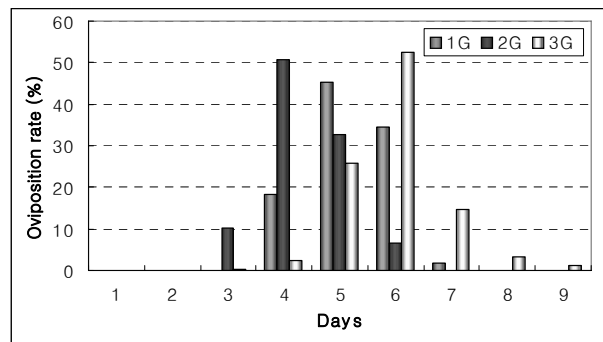


Fig. 12. Oviposition rate after emergence by day. 1G: 1st generation; 2G: 2nd generation; 3G: 3rd generation. Condition of incubation: natural, glasshouse.

성충의 교미 활동은 온도가 27.0°C 내외가 되고 충분한 광량 하에서 교미가 일어난다는 보고와 일치한다(Booth and Sheppard, 1984).

한편 우화 후 산란시기를 조사한 결과, 모든 세대에서 우화 후 3~4일 후부터 산란을 시작하는데, 1세대의 경우 우화 후 5일째 산란비율이 가장 높았고, 2세대의 경우 1세대보다 하루정도 빠른 우화 후 4일째 가장 높은 산란비율을 보였으며, 3세대는 우화 후 6일째 가장 높은 산란비율을 보였다(Fig. 12).

또한 일일 중 산란특성을 조사한 결과, 1세대의 경우 일조량이 증가하는 10:00부터 산란을 시작하여 16:00에 가장 많이 산란하였다. 그러나 2세대의 산란은 10:00에서 12:00 사이에 가장 많았고, 3세대의 경우에는 10:00과 14:00에 산란을 가장 많이 하였다. 전체적으로 모든 세대에서 일조량이 많은 10:00에서 16:00 사이에 가장 높은 산란 빈도를 나타냈다(Fig. 13). 이는 산란조건 또한 교미 특성과 마찬가지로 자연광이 중요하게 작용한다는 것을 시사한다. 한편 교미를 하지 않은 암 성충은 아무리 시간

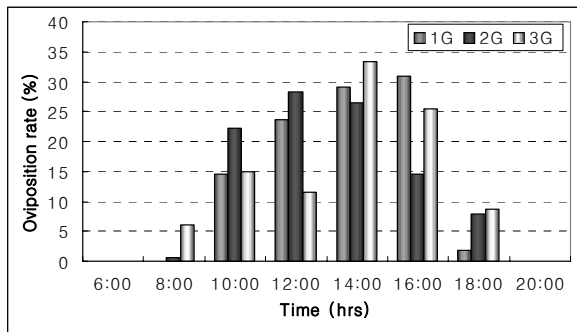


Fig. 13. Hourly recording of oviposition rates with different generations of *H. illucens*. 1G: 1st generation; 2G: 2nd generation; 3G: 3rd generation.

이 경과하여도 산란하지 않고 일생을 보낸다. 이와 같이 BSF에서 교미가 산란의 시작을 알리는 신호로 작용하는 것으로 추정된다.

금후 실내 인공증식에 있어서 자연광뿐만 아니라 인공광 조건에 대한 연구도 병행되어야 할 것으로 본다. 특히 교미 및 산란 환경은 동애등에 대량증식의 성패를 좌우하는 핵심 기술이라 할 수 있을 것이다. 이와 같은 생태적 특성에 관한 정보는 인공적인 대량증식 기술 개발과 실용화 증진에 기여할 것으로 기대된다.

Literature Cited

- Bondari, K. and D.C. Sheppard. 1987. Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque, and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquaculture and Fisheries Mgt.* 18: 209-220.
- Booth, D.C. and C. Sheppard. 1984. Oviposition of the black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing and site characteristics. *Environ. Entomol.* 13: 421-423.
- Copello, A. 1926. *Biologia de Hermetia illucens* Latr. *Rev. Sco. Entomol. Argent.* 1: 12-27.
- Furman, D.P., R.D. Young and E.P. Catts. 1959. *Hermetia illucens* Latr. *Rev. Soc. Ent. Argentina* 1: 23-27.
- Hale, O.M. 1973. Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera: Stratiomyidae) as feed additive for poultry. *J. Ga. Entomol.* 8:16-20.
- James, M.T. 1935. The genus *Hermetia* in the United States (Diptera: Stratiomyidae). *Bull. Brooklyn Entomol. Soc.* 30: 165-170.
- Kim, J.I. 1997. Newly recording two exotic insects species from Korea. *J. Kor. Biota.* 2: 223-225
- Lee, J.O. 1998. *Insects' life in Korea.* IV: 148.
- May, B.M. 1961. The occurrence in New Zealand and the life-history of the soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae), *N.Z. J. Sci.* 4: 55-65.
- McCallan, E. 1974. *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae), a cosmopolitan American species long established in Australia and New Zealand. *Entomol. Mo. Mag.* 109: 232-234.
- Morimoto, N. and K. Kiritani. 1995. Fauna of exotic insects in Japan. *Bulletin of the National Institute of Agro-environmental Sciences.* 12: 87-120.
- Newton, G.L., C.V. Booram, R.W. Barker and O.M. Hale. 1997. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *J. Anim. Sci.* 44: 395-400.
- Sheppard, D.C., J.K. Tomberlin., J.A. Joyce, B.C. Kiser and S.M. Sumner. 2002. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *J. Med. Entomol.* 39: 695-698.
- Sheppard, D.C. 1983. House fly and lesser house fly control utilizing the black soldier fly in manure management systems for caged laying hens. *Environ. Entomol.* 12: 1439-1442.
- Sheppard, D.C., G.L. Newton, S. Thompson, J. Davis, G. Gascho and K. Bramwell. 1998. Using soldier flies as a manure management tool for volume reduction, house fly control and reduction, house fly control and feed stuff production, pp. 51-52. *In* G-wen Roland (ed.), *Sustainable Agriculture Research and Education*, Southern Region, 1998.
- Sheppard, D.C. and G.L. Newton. 2000. Valuable by-products of a manure management system using the black soldier fly—a literature review with some current results. *Proceedings, 8th International Symposium-Animal, Agricultural and Food Processing Wastes*, 9-11 October 2000. Des Moines, IA. American Society of Agricultural Engineering, St. Joseph, MI.
- Tingle, F.C., E.R. Mitchell and W.W. Copeland. 1975. The soldier fly, *Hermetia illucens* in poultry houses in north central Florida. *J. Ga. Entomol. Soc.* 10: 179-183
- Tomberlin, J.K. and D.C. Sheppard. 2001. Lekking behavior of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Fla. Entomol.* 84: 729-730.

(Received for publication November 28 2008;
revised November 28 2008; accepted December 3 2008)