가축분뇨를 이용한 동애등에 증식기술 개발

최영철^{1*} · 이상범¹ · 박관호¹ · 남성희¹ · 김종길¹ · 김원태² · 최지영²
¹농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부, ²농촌진흥청

Artificial Multiplication of the Black Soldier Fly(BSF), *Hermetia illucens*(Diptera: Stratmyidae) Using the Livestock Feces

Young-Cheol Choi^{1*}, Sang-Beom Lee¹, Kwan-Ho Park¹, Sung-Hee Nam¹,
Jong-Gill Kim¹, Won-Tae Kim², Ji-Young Choi²

¹ National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-853, Republic of Korea

² Rural Development Administration, RDA, Suwon 441-857, Republic of Korea

(Received August 7, 2012, Accepted October 8, 2012)

Abstract

This study was conducted to investigate the distribution, ecological character and life cycle of Black Soldier Fly(BSF), *Hermetia illucens*, to determine effects of BSF on composting ability to the livestock feces. The distribution of BSF was defined in all parts of the country in Korea. Its main habitat was found to be areas near cattle sheds, feces sheds, living waste dump grounds, and food waste dump grounds. Excellent species of the bio-conversion using the livestock feces were selected out of two kinds of soldier flies(*Hermetia illucens* and *Ptecticus tenebrifer*). And effects of BSF on composting ability to the livestock feces were pig feces 0.5 g, cattle feces 0.43 g and chicken feces 0.3 g per a larvae of BSF. In the examination of the ability of BSF to decompose food waste, volume of the livestock feces decreased by weight pig feces 77, cattle feces 83.62 and chicken feces 80%. Observed characteristics of BSF larvae and pupae stage were by developmental stage may be summarized as follows: size and length of larvae and pupae of BSF were higher than in pig feces and mixed sawdust treatments. In order to develop artificial indoor rearing techniques, The pupation and emergence rate were not visible the difference but important factor of the mating and egg-laying was a sun light. And it was visible the difference in mating ratio. Mating rate of *H. illucens* by seasonal change was the highest from May to July. Mating mostly occurred between 10 : 00 and 12 : 00 during which light intensity is high. As the egg-laying medium for artificial egg collection, calf feed and food waste were most effective. The ratio of egg-laying medium is waste food : sawdust(1 : 1) in volume. For egg-laying materials, flower foam and wood with holes were used; holes sized 3 ~ 5 mm in diameter, 7 ~ 10 mm in depth were most preferred for egg-laying.

Key words : Black Soldier Fly(BSF), Livestock Feces, Bio-conversion

서 론

부식성 물질을 먹는 곤충인 동애등에는 대규모 사육을 통해 그 유충의 강력한 소화능력과 내성을 이용하여, 음식물 쓰레기, 부패한 과일과 야채, 식품 가공물의 남은 잔여물 및 가축 분뇨 등의 유기성 폐기물을 먹이로 하고 있다. 동애등에 유충이나 번데기를 활용하면, 동물성 단백질 사료로 이용할 수 있어, 청결하고 효과적이면서 친환경적으로 가축분뇨 등 유기성 폐기물을 처리 할 수 있다.

가장 이상적인 처리 방식은 가축 분뇨 퇴비를 말으로 되돌리는 것인데, 퇴비의 가격이 매우 저렴하기 때문에 수집과 운송에 따르는 비용 발생을 감당할 수 없는 대다수의 축산농가에서 이러한 문제를 해결할 수 있는 비교적 경제적인 방법이 될 수 있다(Teotia and Miller 1970a, 1970b, Sheppard and Newton 2000). 지난 50년대에 과학자들은 파리를 이용해 가축의 분뇨를 처리하는 방식을 제안 하여, 상당히 세밀한 기초 응용 연구를 진행해 왔다(EI Boushy 1991). 이미 기술적으로 성숙 단계에 들어서 있었

*Corresponding author. E-mail: choi8464@korea.kr

지만 비용 부담이 매우 높아 보급이 어려웠다. 1970년대 후반기에 미국 등 대학에서 집파리 대신 동애등에를 이용 하여 가축분뇨 처리 시스템의 이용을 생각하기 시작했다.

BSF(*Hermetia illucens* L.)는 Black Soldier Fly (BSF)라고도 하며, 파리목(Diptera) 동애등에과(Stratiomyidae)에 속하는 곤충이다. 이 종은 한국, 일본, 중국, 대만 등 동남아시아와 미국 등지에 널리 분포되어 있다. 년 3세대 이상 발생하며, 첫 성충 출현은 6월경에 발생하여 10월경까지 나타난다. 이들은 고치 형태의 번데기를 만들지 않고 중령 유충 형태 그대로 번데기가 되어 월동한다(Sheppard et.al. 1994, Mifaff 2009).

우리나라에는 1997년 처음 기록되었으며(Kim 1997), 이에 대한 연구는 전무한 실정이다. 동애등에과(Stratiomyidae)는 전 세계적으로 약 1,500종, 국내는 9속14종(Kim 1997) 알려져 있다.

일본에서는 5월~9월에 채집되며(Hagyeon 1990), 과거에는 BSF를 국내 생태계에 악영향을 미치는 외래 도입종 해충으로 간주했었다. 하지만, 대표적 환경정화 곤충인 BSF는 유충시기에만 먹이활동을 할 뿐, 성충 시기에는 먹이활동을 하지 않고 사람들을 피해 숲으로 이동하며, 축사나 생활쓰레기 및 음식물쓰레기와 같은 유기성폐기물이 야적되어 있는 곳에서 생활사를 이어감으로서 오히려 익충으로 간주되고 있다(Sheppard et.al. 2002).

BSF는 동물의 배설물이나 다른 생물의 고형물과 같은 유기성 폐기물의 처리에도 유용하다. 미국의 조지아주에서는 4~11월 사이 년 3세대를 거치며, 부패하는 다양한 채소와 동물질 잔재에서 자생하고 있다(Sheppard et.al. 1994, Sheppard 1983). 집파리(*Musca domestica*)의 산란에 의한 배설물의 관리는 몇몇 연구에서 매우 성공적이었다(Teotia and Miller 1970a, 1970b). 그러나 생존경쟁이 치열한 자연계에서의 신뢰성은 낮으며, 생물학적인 연구는 알과 유충의 원활하지 못한 공급으로 인해 그 한계성이 드러났다(Sheppard et al. 1994). 암컷 BSF가 배설물에 산란한다면, 추정치 60 ton(55MT)의 전용이 100,000 hen caged-layer house에서 한여름에 자체 생산 될 수 있다고 한다(Sheppard et al. 1994, Booth and Sheppard 1984).

Tomberlin and Sheppard(2001)의 조사는 1998년 조지아주 연안 평지에 있는 한 양계장에서 6월 21일부터 30일까지 11:00~14:00에 이루어졌다. 그 결과, BSF는 두 장소에서 많은 수가 관찰되었는데, 양계장 안과 양계장 주위의 숲에서였다. 양계장 안은 91.9%가 암컷이었고, 숲 가장자리는 91.3%가 수컷이었다. 이는 교미와 산란을 목적으로 하는 암수의 역할 분담인 것이다. 즉 숲 가장자리에 수컷은 다른 경쟁자가 다가오면 전투를 벌이고, 암컷이 다가오면 교미를 하기 위한 행동을 하며, 교미를 마친

암컷은 세대번식을 위해 양계장 안으로 날아가 적합한 산란장소를 선정하여 산란을 하는 것이다(Alcock 1990).

BSF로 닭장 또는 돼지축사 등의 배설물을 매우 쉽게 관리되었는데(Sheppard et al. 1998), 이들을 위한 별도 시설이나 장비는 필요하지 않았다. 왜냐하면 이들은 전용단계에 접어들면 성충이 되기 위해서 자연스럽게 먹이 공급원인 배설물에서 떠나야 하기 때문에 이들의 이동으로 배설물 관리는 쉽게 이뤄졌다. 이동을 마친 전용들을 수거하여 일부는 배설물을 소화시킬 충분한 유충 개체군을 확보하기 위해 성충으로 우화시켜 알을 받았고, 나머지 전용들은 사료를 위한 건조상태로 만들었다(Newton L., 2005). BSF의 번데기는 건조중량으로 필수 아미노산과 지방산을 포함한 42%의 단백질, 35%의 지방으로 구성하고 있다(Hale 1973). 번데기를 이용한 연구로 애완견 cockerels (Hale 1973), swine (Newton et al. 1997) 그리고, 양식어 tilapia (Bondari and Sheppard 1987)에 좋은 질소원이 된다는 것을 밝혔다. BSF를 이용한 돼지 배설물 관리를 해본 결과 배설물의 양은 42~56%가 줄어들었으며, 대부분의 구성물질과 영양소들의 농도는 40~55%가 줄어들었다(Sheppard et al. 1994).

Tingle et al. (1975)은 BSF의 교미행동에 대해 조사하였다. 수컷은 “resting” 장소에서 “calling”하는 암컷에게 유인되며, 교미는 수컷과 암컷이 서로 반대방향으로 땅 위에서 이루어졌다. 그러나 Copello (1926)는 교미가 비행 중에 일어난다고 하였다. 구애행동은 자연적인 배설물 관리를 하는데 있어 매우 중요할 수 있다.

국내에서는 BSF의 생태적 특성과 인공증식 기술(Kim et al. 2008), 그리고 BSF에 의해 분해된 음식물쓰레기 분변토를 이용한 채소작물의 퇴비화 연구(Choi et al. 2009)가 수행되었으며, 현재 농촌진흥청을 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 BSF의 탁월한 유기성 폐기물 처리 능력 특히 가축분뇨의 처리를 배가 시키고 우리에게 이익을 안겨줄 또 하나의 중요한 산물이라면 본 연구자료를 기초로 하여 가축분뇨 등 유기성폐기물 관리에 진일보할 수 있는 계기가 마련되길 기대해 본다.

따라서 이 보고서는 이전에 연구했던 토대 위에 기존 음식물쓰레기에서 다른 먹이인 가축분뇨를 먹이로 사육한 BSF의 유충 대량증식에 대해 영향을 주는 환경 인자를 고찰하고 BSF의 규모화 사육에 유용한 정보를 제공하고자 이 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. BSF의 생태적 특성 조사

BSF의 생태적 특성을 조사하기 위해 축사 주변 퇴비장, 음식물 쓰레기장, 일반 쓰레기장 등 유기성 폐기물이 방

Fig. 1. Micro-habitat of the BSF.

치된 곳을 조사였다(Fig. 1).

2. 가축분뇨 분해 우수 BSF 선발

가축분뇨, 음식물쓰레기 등 유기성 폐기물 분해용 BSF의 종 선발은 기존에 사용하고 있는 BSF를 축산분뇨 분해에 사용하였다.

3. 가축분뇨 종류에 따른 분해능 및 형질 조사

가. 가축분뇨 분해능 조사

BSF 유충을 이용하여 우분, 돈분, 계분을 먹이원으로 사용함으로써 가축분뇨를 분해하였다. 유충이 전용단계에 이를 때까지 가축분뇨를 투입하여 완전하게 분해된 잔류물을 산정해서 유충 한 마리가 처리할 수 있는 가축분뇨량을 조사하였다. 한편으로 왕겨(톱밥)를 사용하여 가축분뇨의 수분조절 및 물리성을 개선시켜 BSF 유충이 활발히 활동할 수 있는 환경을 만들었다.

나. 유충사육

유충사육은 플라스틱 상자(W × D × H = 60 × 40 × 15 cm)를 이용하였다. 사육은 상자 내 약 5,000마리(2마리/cm³)의 밀도로 하였다. 사육환경은 온도 27°C, 습도 60%, 장일(14L : 10D) 조건으로 하였으며, 상자를 천적으로부터 보호하기 위하여 망(200 mesh)으로 씌운 채로 사육하였다.

다. 유충 및 번데기 형질 조사

왕겨(톱밥)를 이용하여 물리성을 개선시킨 가축분뇨를 먹이원으로 하는 BSF의 유충 및 번데기를 20마리 3반복으로 하여 크기 및 형태 특성을 조사하였다.

4. 계절에 따른 BSF의 응화, 우화 및 교미율 조사

BSF 유충 및 성충을 27 ± 1°C, 60 ± 1% 습도에서 음식물 및 가축분뇨를 이용하여 우화 및 용화율을 조사하였다. 유리온실을 이용하여 BSF 성충의 월별 교미율을 조사하였다.

Fig. 2. Examples of variable micro-habitat of the BSF, *H. illucens*. A: manure 1, B: manure 2, C: food waste ground, D: life waste ground.

5. BSF의 대량 증식을 위한 알 생산기술 개발

BSF를 대량으로 사육하기 위해서는 알 생산이 중요한데 BSF의 성충은 교미조건이 까다롭다. 그래서 교미활동을 원활하게 하기 위해 적정공간(높이 약 2 m 이상)과 온도 27°C내외, 자연광 아래에서 보호하며, 오전 10시부터 오후 2시까지 활발하게 교미활동을 하고 산란하도록 하였다.

결과 및 고찰

1. BSF의 생태적 특성

서식지별 주위 경관, 유충이 생활하고 먹이원으로 유기성 폐기물이 쌓여있는 장소 등 BSF 서식지에 대한 생태조사를 실시한 결과 총 7개의 서식지 중 축사 및 퇴비사 주변 2개소, 생활쓰레기가 야적되어 있는 곳 1개소, 음식물쓰레기장 1개소 등을 확인하였다(Fig. 2).

대부분 BSF의 서식지는 축사를 중심으로 유기성 폐기물이 야적되어 있는 장소의 생태계 내에서 서식한다는 것을 확인하였다. 이들의 활동 반경은 매우 넓으며, 부패하는 유기물 주위에는 어디에서든 서식한다고 할 수 있다.

BSF는 외국에서 도입된 종이라 해충으로 작용할 염려도 많았지만, 현재까지 해충 또는 위생곤충으로 취급되어 보고된 기록은 없다. 특히 미국에서 BSF는 해충이 아니라고 보고 되었다(Sheppard et al. 2002). 따라서 우리 주변에서 문제시 되고 있는 유기성 폐기물을 친환경적으로 처리하면서 그 생태를 유지하는 BSF는 유기성 폐기물의 분해뿐만 아니라 다양한 분야에서 이용이 기대된다.

Hermetia illucens

Ptecticus tenebrifer

Fig. 3. Selection of soldier fly.

Fig. 4. Manure livestock decomposition quantity per one larva of BSF.

2. 가축분뇨 분해 우수 BSF 선발

가축분뇨를 분해하기 위해 활용할 수 있는 BSF는 2종 (Fig. 3) 정도이다. 대량사육법이 확립된 BSF를 활용하는 것이 가장 효율적인 것으로 사료되며, 국내에서 자생하는 BSF(*Ptecticus tenebrifer*)도 활용 가능한 것으로 나타났다.

3. 가축분뇨에 따른 BSF 처리량 및 형질 조사

가. 가축분뇨 분해능 조사

BSF를 이용하여 가축분뇨 분해능력을 조사한 결과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 가축분뇨별 보조제(왕겨 또는 톱밥)를 첨가하여 물리성을 개선시킨 가축분뇨에 있어서 돈분이 유충 마리당 0.5, 우분이 0.43, 계분이 0.3 g 순으로 돈분의 처리량이 가장 많았다(유충 1마리당 : 우분-0.43, 돈분-0.5, 계분-0.3). 따라서 처리가 어려운 돈분에 보조제를 첨가하여 물리성을 개선하면 BSF를 이용하여 처리를 할 수 있는 가능성이 있다고 사료된다. 그리고 암컷 한 마리가 약 700-1,000개의 알을 산란하게 되면 성충 한 마리당 약 2~3 kg의 음식물을 분해할 수 있는 능력이 있다는 것이다(Kim et al. 2008). 이는 BSF를 이용하여 음식물쓰레기의 친환경적으로 처리가 가능함과 동시에 현안문제로 대두되고 있는 음식물쓰레기 문제를 해결하는데 중요한 역할을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

가축분뇨별 BSF 유충의 가축분뇨 분해에 따른 무게 감소량을 비교한 결과 Fig. 5에서 보는 바와 같이 우분 83.62, 돈분 77, 계분 80%로 우분이 분해 후 무게 감소가 가장 컸다. 가축분뇨별 BSF에 의해 분해된 분뇨의 무게가 음식

Fig. 5. The decreasing rate of *H. illucens* by the weight according to manure livestock.

Fig. 6. The larval weight of *H. illucens* according to manure livestock.

Fig. 7. The pupal weight of *H. illucens* according to manure livestock.

물쓰레기(30%) 보다 훨씬 줄어든 것으로 보아 가축분뇨 처리에 BSF를 적용할 수 있을 것으로 사료된다(Mifaff 2009).

나. 가축분뇨 분해에 따른 BSF 유충 및 번데기 형질 조사
가축분뇨 분해에 따른 BSF 유충의 형질을 조사한 결과 Fig. 6에서 보는 바와 같이 가축분뇨에 따른 50마리당 BSF 투여 후 우분구는 2.64, 우분 + 왕겨(톱밥)구는 2.74, 돈분구는 4.52, 돈분 + 왕겨(톱밥)구는 4.9, 계분구는 3.31, 계분 + 왕겨(톱밥)구는 3.17 g으로 돈분 + 왕겨구의 유충 무게가 가장 많이 나갔다.

가축분뇨 분해에 따른 BSF 번데기의 형질을 조사한 결

Fig. 8. The larval length of *H. illucens* according to manure livestock.

Fig. 9. The larval width of *H. illucens* according to manure livestock.

Fig. 10. The pupal length of *H. illucens* according to manure livestock.

과 Fig. 7에서 보는 바와 같이 50마리당 동에등에를 투입 후 우분구는 2.13, 우분 + 왕겨구는 2.21, 돈분구는 3.4, 돈분 + 왕겨구는 4.02, 계분구는 2.21, 계분 + 왕겨구는 2.32 g으로 돈분 + 왕겨구의 유충 무게가 가장 많이 나갔다.

가축분뇨 분해에 따른 BSF 유충의 형질(길이)을 조사한 결과 Fig. 8에서 보는 바와 같이 우분구는 12.97, 우분 + 왕겨구는 12.95, 돈분구는 15.49, 돈분 + 왕겨구는 15.49, 계분구는 13.77, 계분 + 왕겨구는 14.07 mm로 돈분 + 왕겨구의 유충 길이가 가장 길었다.

가축분뇨 분해에 따른 BSF 유충의 형질(너비)을 조사한 결과 Fig. 9에서 보는 바와 같이 우분구는 3.73, 우분 + 왕겨구는 3.66, 돈분구는 4.2, 돈분 + 왕겨구는 4.23, 계분구는 3.47, 계분 + 왕겨구는 3.50 mm로 돈분 + 왕겨구

Fig. 11. The pupal width of *H. illucens* according to manure livestock.

Fig. 12. Mating rate of *H. illucens* by seasonal change.

Table 1. Emergence and pupation rate of *H. illucens* by seasonal change

Month	N = 1000 per month (Mean $\pm$ SD)	
	Pupation (%)	Emergence (%)
Jan	99.8 $\pm$ 0.31	99.3 $\pm$ 1.42
Feb	98.9 $\pm$ 0.91	-
Mar	-	97.7 $\pm$ 2.13
Apr	98.7 $\pm$ 1.61	98.4 $\pm$ 1.04
May	97.5 $\pm$ 2.31	-
Jun	-	99.8 $\pm$ 0.31
Jul	99.5 $\pm$ 0.51	99.8 $\pm$ 0.33
Aug	99.8 $\pm$ 0.53	-
Sep	-	99.7 $\pm$ 0.31
Oct	99.3 $\pm$ 0.71	99.9 $\pm$ 0.03
Nov	99.7 $\pm$ 0.51	-
Dec	-	99.9 $\pm$ 0.07

-. Data not collected in the study.

의 유충 너비(폭)가 가장 넓었다.

가축분뇨 분해에 따른 BSF 번데기의 형질(길이)을 조사한 결과 Fig. 10에서 보는 바와 같이 우분구는 11.87, 우분 + 왕겨구는 13.4, 돈분구는 14.9, 돈분 + 왕겨구는 16.06, 계분구는 12.10, 계분 + 왕겨구는 12.02 mm로 돈분 + 왕겨구의 번데기 길이가 가장 길었다.

가축분뇨 분해에 따른 BSF 번데기의 형질(너비)을 조사한 결과 Fig. 11에서 보는 바와 같이 우분구는 3.59, 우분 + 왕겨구는 3.52, 돈분구는 4.18, 돈분 + 왕겨구는 4.34, 계분구는 3.32, 계분 + 왕겨구는 3.60 mm로 돈분 + 왕겨구의 번데기 너비(폭)가 가장 넓었다.

4. 인공사육에 있어서 계절변화에 따른 BSF의 용화, 우화 및 교미율 변화

BSF 실내 대량증식에 있어서 용화율 및 우화율에는 큰 차이를 보이지 않았으나(Table 1), 교미·산란에 있어서 중요한 요소인 광주진 변화에 의한 계절적 교미율의 차이를 보였다(Fig. 12). 계절에 따른 BSF의 교미율을 보면 5월에서 7월까지 교미가 활발하게 이루어 졌으며, 시간대는 오전 10시부터 12시까지 가장 활발하게 교미를 하였다.

5. BSF의 대량증식을 위한 알 생산기술 개발

가. 교미산란 조건 구명

BSF의 교미산란은 시기(계절)에 관계없이 일정공간이

Fig. 13. A device oviposition and mating of the BSF, *H. illucens*.

Fig. 14. A oviposition medium and material of the BSF, *H. illucens*.

- *Size of oviposition and mating net : 2.0×2.9×2.5(W×D×H) m
- *Mesh of mating net : 200 mesh/inch
- *Sprinkler system : oviposition material moisture condition
- *Oviposition material(wood) : hole size 4-5 mm
- *A device for larvae rearing : 60×40×15(W×D×H) cm
- *Number of oviposition : 737 ± 243/a BSF adult

주어지고 온도, 광주조건만 맞으면 교미산란이 가능한 것으로 나타났다. 광주조건에는 자연광이 반드시 필요하며, 교미산란장 내에 수분 공급이 있어야 성충의 수명 길어지는 것으로 나타났다.

나. 알 받기(산란) 및 관리

BSF는 가축분뇨나 음식물쓰레기와 같은 유기물이 있는 곳에 산란을 하며, 산란장치는 직경 3~5 mm, 깊이 약 7 mm 구멍의 나무, 플라워 폼 등을 산란배지 위에 놓아 산란을 유도할 수 있다.

산란된 알은 온도 27, 습도 60%에서 보호하여 부화하는데 산란 3~4일 후 부화 여부를 확인한 뒤 산란장치에 있는 유충을 털어낸 후 장치를 제거하면 된다.

BSF의 산란 준비를 위해 산란배지를 만들어 주어야 하는데, 산란배지는 시중에서 판매되고 있는 중송아지사료를 불려서 사용한다. 배지 비율은 음식물쓰레기 : 톱밥 = 1 : 1 : 1(부피)로 섞은 후 쥐어짜 물이 나올 정도로 물을 부은 후 톱밥 1(부피)을 평평하게 배지 위에 다시 깔아 주면 된다.

그런 다음 알을 받을 장치를 제작하는데 산란장치는 직경 4~5 mm, 깊이 약 7 mm 구멍의 나무, 플라워 폼 등을 산란배지 위에 놓으면 구멍에 산란을 하게 된다. 구멍에

Fig. 15. A oviposition medium of the BSF, *H. illucens*.

Fig. 16. A oviposition and management of the BSF, *H. illucens*.

산란한 알을 수거하여 부화될 수 있게 보관 관리하여 부화를 유도한다.

적 요

본 연구는 국내 서식하는 아메리카동에등에(BSF)의 생태특성 구명 및 가축분뇨를 이용한 BSF의 실내 인공사육을 통하여 가축분뇨나 음식물쓰레기 처리 시 대량으로 요구되는 유충생산을 위하여 실내 인공증식기술 개발하고 BSF의 가축분뇨 분해 능력을 검증하였다.

BSF는 축사를 중심으로 하는 즉 유기성 폐기물이 아직 되어 있는 장소의 생태계 내에서 서식한다는 것을 확인하였으며, 축사, 퇴비사, 생활쓰레기장, 음식물쓰레기장 주변이 주 서식지임을 확인하였다.

가축분뇨 분해 우수 종은 BSF(*Hermetia illucens*), 동에등에(*Ptericus tenebrifer*) 등 2종으로 확인되었다.

가축분뇨에 따른 BSF의 분해능은 BSF 유충 마리당 돈분 0.5 g, 우분 0.43 g, 계분 0.3 g순으로 돈분이 가장 우수하였다. 가축분뇨별 BSF 유충의 분해에 따른 무게는 우분 83.62, 돈분 77, 계분 80%로 우분이 분해 후 무게 감소가 가장 컸다.

가축분뇨 분해에 따른 BSF 유충 및 번데기 형질은 돈분이나 돈분 + 왕겨를 혼합하여 처리했을 때 유충이나 번데기의 길이, 무게 폭이 다른 처리구에 비해 좋았다.

BSF 실내 대량증식에 있어서 용화율 및 우화율에는 큰 차이를 보이지 않았으나 교미·산란에 있어서 중요한 요소인 광주조건 변화에 의한 계절적 교미율의 차이를 보였다. 계절에 따른 BSF의 교미율을 보면 5월에서 7월까지 교미가 활발하게 이루어 졌으며, 시간대는 오전 10시부터 12시까지 가장 활발하게 교미를 하였다.

인공채란을 위한 산란배지는 음식물과 송아지 사료가 가장 우수하였고, 산란실(W×D×H=4×2×2 m) 내 적정 배치투입 수는 8개, 성충은 2000두 투입구가 가장 산란효율이 높았다. 산란유도재료로 플라워폼과 목재에 구멍을 뚫어 산란을 유도하였으며, 산란장소의 구멍크기는 3~5 mm, 깊이 7~10 mm의 크기를 가장 선호하였다. 유충은 2~4두/cm²의 밀도로 사육하는 것이 과밀도(6~10두/cm²) 보다 실용형질이 우수하였다. 번데기 적정보호조건은 매질(톱밥)을 사용하여 은신처를 제공해야하며, 톱밥의 습도는 20~40%가 가장 좋았다. 성충은 우화 즉시 사용해야하나, 용화 후 10에서 10일 처리한 경우 우화율 93.3%로 우화시기를 약 10일 정도 조절이 가능하였다.

감사의 글

본 연구는 2011년 농촌진흥청 농업공동연구사업(과제번호 PJ006893)의 지원에 의해 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Alcock J (1990) A large male competitive advantage in a lekking fly, *Hermetia comstocki* Williston (Diptera: Stratiomyidae). *Psyche* **97**, 267~279.
- Bondari K, Sheppard DC (1987) Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque, and blue tilapia, *Oreochromis aureus*(Steindachner). *Aquaculture Fisheries Mgt* **18**, 209-220.
- Booth DC, Sheppard C (1984) Oviposition of the black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing and site characteristics. *Environ Entomol* **13**, 421-423.
- Choi YC, Choi JY, Kim JG, Kim WT, Kim MS, Park KH, Bae SW (2009) Potential usage of food waste as a natural fertilizer after digestion by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Int J Indust Entomol* **19**(1), 171-174.
- Copello A (1926) *Biologia de Hermetia illucens* Latr Rev Sco Entomol Argent **1**, 12-27.
- El Boushy AR (1991) House-fly pupae as poultry manure converters for animal feed: A review. *Bioresource Technology* **38**, 45-49.
- Hagyeon, 1990. A biology pictorial of Hagyeon, Insect : 200, Japan.
- Hale OM (1973) Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera: Stratiomyidae) as feed additive for poultry. *J Ga Entomol* **8**, 16-20.
- Kim J. I. (1997) Newly recording two exotic insects species form Korea. *J. Kor. Boita.* **2**, 223-226.
- Kim J. G., Y. C. Choi, J. Y. Choi, W. T. Kim, G. S. Jeong, K. H. Park and S. J. Hwang (2008) Ecology of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratmyidae) in Korea. *Kor J Appl Entomol* **47**(4), 337-343.
- Mifaff report (2009) Development of feces solids conversion system using the black soldier fly(BSF). Mifaff report 506035-3 pp.94.
- Newton GL, Booram CV, Barker RW, Hale OM (1997) Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *J Anim Sci* **44**, 395-400.
- Newton GL, Sheppard C, Watson DW, Burtle G, Dove R (2005) Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine feces. Report for Mike Williams, Director of the Animal and poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC Agreements between the NC Attorney General, Smithfield Foods, and Premium Standard Farms, and Frontline Farmers.
- Sheppard DC (1983) House fly and lesser house fly control utilizing the black soldier fly in feces management systems for caged laying hens. *Environ Entomol* **12**, 1439-1442.
- Sheppard DC, Newton GL, Thompson SA, Savage S (1994) A value added feces management system using the black soldier fly. *Bio Tech* **50**, 275-279.
- Sheppard DC, Newton GL, Thompson S, Davis J, Gascho G, Bramwell K (1998) Using soldier flies as a manur man-

- agement 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. Annual Report. Sustainable Agriculture Research and Education, Southern Region, Georgia Station, Griffin, GA.
- Sheppard DC, Newton GL (2000) Valuable by-products of a feces 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.
- Sheppard DC, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC, Sumner SM (2002) Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyiidae). J Med Entomol **39**, 695-698.
- Teotia JS, Miller BF (1970a) Factors influencing catabolism of poultry feces with *musca domestica*. Poultry Sci **49**, 1443.
- Teotia JS, Miller BF (1970b) Nutritional value of fly pupae and digested feces. Poultry Sci **49**, 1453.
- Tingle FC, Mitchell ER, Copeland WW (1975) The soldier fly, *Hermetia illucens* in poultry houses in north central Florida. J Ga Entomol Soc **10**, 179-183.
- Tomberlin JK, Sheppard DC (2001) Lekking behavior of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). Fla Entomol **84**, 729-730.