

아메리카동애등에(*Hermetia illucens*)의 성충 사육환경이 산란 선호성에 미치는 영향

최명효 · 양영철 · 강승호 · 박영규*
농업회사법인(주)한국유용곤충연구소

Effects of rearing environment on oviposition preference of black soldier fly (*Hermetia illucens*)

Myung-Hyo Choi, Young-Cheol Yang, Seung-Ho Kang and Young-Kyu Park*

Korea Beneficial Insects Lab. Co., Ltd., Soryong-ri, Okgwa-myeon, Gokseong-gun, Jeollanam-do 57507, Korea

ABSTRACT

Rearing environment direct effects on oviposition preference of black soldier fly(*Hermetia illucens*). In this study, the number of egg-filled flutes was surveyed according to the size of adult rearing cages and oviposition media of black soldier fly (BSF). The height of the adult rearing cages were fixed at 2 m and provided different sizes of width and length and released 20,000 BSF adults in the rearing cages. The mean number of BSF egg-filled flutes was 895.4 at 4 × 4 m cage, 876.3 at 2 × 1 m cage and 62.3 at 1 × 1 m cage. Comparison of egg-filled flutes was according to cages material of adult BSF. The mean number of egg-filled flutes were 820.7 and 604.3 at different cage materials such as mosquito net and green house film. The mean numbers of egg-filled flutes were 326.6 in green floral form, 135.2 in green corrugated cardboard and 41.0 in brown corrugated cardboard. And the mean number of egg-filled flutes were similar floral form with the corrugated cardboard was overlapped by floral form such as 57.7 and 64.7. The mean number of egg-filled flutes was 29.0 and 48.2 in 6 mm and 4 mm diameter of oviposition hole.

Key words : Black soldier fly(*Hermetia illucens*), Adult rearing cage, Floral form, Corrugated cardboard

서 론

아메리카동애등에(*Hermetia illucens*)는 파리목 곤충으로 전 세계적으로 약 1,500종이 서식하는 동애등에과에 속하며, 우리나라의 경우 9속 14종이 알려져 있다(Kim 1997). 아메리카동애등에는 유기성폐기물을 분해처리하여 환경정화곤충으로 잘 알려져 있다(Landi 1960, Erickson et al. 2004). 성충은 수분 섭취 외에는 먹이활동을 하지 않으며, 일반적인 파리목 해충과는 달리 성충구기가 특이하여 섭식 후 역류시키지 않는 소화기의 특징으로 질병의 매개가 없어 인간에게 직접적인 피해를 주지 않는다고 알려져 있다. 따라서 아메리카 동애등에는 질병과 관련된 위생해충으로 분류되지는 않는다. 또한, 사람의 거주 지역에 침입하지 않고 유기물이 많은 축사나 음식물쓰레기장, 퇴비장에서 서식하므로 집파리 등과 같은 식분성 파리목과

는 차별화된 장점이 있다(James 1935, McCallan 1974, Sheppard et al. 2002). 아메리카동애등에 성충은 유기성폐기물이 많은 곳에서 산란을 하는데 이런 생태적인 특징을 이용하여 실내 사육에서 산란유도배지를 직접 제작하여 사육을 한다. 흥미로운 사실은 밀도가 높아지면서 집파리의 밀도를 감소시킨다고 알려져 있다(Sheppard and Newton 2000). 실제로 사육배지에 동애등에유충이 우점하면 집파리가 발생하지 못하였다. 하지만 동애등에유충이 우점하기전인 산란시기에는 상대적으로 발육이 빠른 집파리가 발생하여 사육배지가 오염되고 혐오감과 귀찮음을 유발할 수 있으므로 집파리가 산란하지 못하도록 주의하여야한다. 이러한 장점들과 최근의 곤충산업에 대한 관심이 부각되면서 아메리카동애등에에 대한 연구 및 산업화는 2000년대부터 국내외에서 활발히 진행되어지고 있다. 미국과 캐나다에서는 음식물 쓰레기를 자연순환시스템에

*Corresponding author. E-mail: entomo@kbil.co.kr

의해 처리하는 회사(ESR Bio-Conversion)가 아메리카동애등애를 유기성 폐자원 분해에 이용하고 있으며(Holmes et al. 2012), 어류 사료의 단백질원으로 곤충을 사용하려는 연구는 이전부터 활발하게 이루어져 왔고, 특히 동애등애를 상업적 목적으로 양식을 하는 어류에 적용시키려는 연구는 1960년대 후반부터 지금까지 지속되고 있다(Stone et al. 1969, Newton et al. 1977, Bondari and Sheppard 1981). 국내에서도 아메리카동애등애를 이용한 양어사료 연구를 진행하고 있다(Park et al. 2013). 이렇듯 아메리카동애등애를 사육하여 생산된 유충 및 번데기를 가축의 사료로도 활용하는 연구 또한 시도되고 있다(Holmes et al. 2012).

아메리카동애등애는 자연광이 비추는 넓은 공간에서 교미하여 산란하는 생태적 습성을 가지고 있다(Booth and Sheppard 1984). 하지만 산업화를 위해서는 성충사육상의 크기를 한정할 필요가 있으므로 성충사육상에 대한 연구가 필수적으로 필요하여 그에 따른 연구들이 수행된바 있다(Tingle et al. 1975, Tomberlin and Sheppard 2002). 그리고 대량사육에서 가장 중요한 산란효율을 높일 수 있는 산란유도배지와 경제적인 산란처에 대한 연구도 필요하다. 아메리카동애등애의 효과적인 채란을 위한 성충사육상과 산란처에 대한 연구는 국내에서 최근에 조사된바 있다(Park 2013). 하지만 대부분의 국내외 연구는 음식물쓰레기를 직접 이용하는 것으로서 본 연구의 산란유도배지를 이용한 채란과 남은음식물건조사료 및 가축사료 등을 이용한 유충사육에 대한 연구는 없는 실정이다. 본 연구에서는 아메리카동애등애를 대량 사육하기 위해 다양한 크기 및 재질의 성충사육상과 산란처를 이용하여 효과적인 사육상과 산란처를 규명하려고 하였으며 성충의 산란을 촉진시키는 산란유도배지를 사용하여 산란된 난피수를 조사하여 산업화를 위한 대량생산의 기초자료로 활용하려 했다.

재료 및 방법

본 연구를 위해 2015년 농촌진흥청에서 누대사육중인 아메리카동애등애(*Hermetia illucens*)를 난피 및 유충으로 분양받아 양돈사료(무등임신돈, 광주축협), 맥주박(일우영농), 남은음식물건조사료(서울 S 음식물자원 단미사료)를 이용하여 누대사육 하였다. 무등임신돈사료의 영양성분은 수분 12.0%에 조단백 14.1%, 조지방 6.5%, 조섬유 6.1%, 조회분 9.2%이었고, 맥주박은 수분 85.0%에 조단백 4.0%, 조섬유 7.0%, 조회분 3.0%이상이었으며, 음식물자원 단미사료는 수분 3.8%에 조단백 23.0%, 조지방 9.4%, 조섬유 16.6%, 조회분 16.2%, 염분 1.2%, 칼슘 4.8%, 인 1.1%를 함유하였다. 사육 기간 중 사료 혼합에 사용한 물과 성충에 지급된 물은 지하수를 이용하였다.

성충의 산란난피 조사를 위해 용화 직후의 번데기를 각각의 성충사육상에 주당 평균 약 20,000개체씩 직접 무게를 측정된 후에 개체당 평균 0.15 g씩으로 계산하여 각각의 사육상에 총 3 kg씩 투입하였다.

실험 기간 중 아메리카동애등애 성충과 유충사육실은 난방장치를 이용하여 28°C 이상 상대습도는 40~50%를 유지하였다. 사육실의 천장에 투명한 재질로 가로 × 세로(1.5 × 3.6 m)의 창(窓)을 제작하여 자연광이 충분히 비추도록 하였다.

1. 성충사육상

성충사육상은 일반적인 모기장(Camping park, 폴리에스테리, 메쉬 0.1 cm)과 하우스용비닐(태양표 농업용 PE필름) 그리고 각각의 재질을 거치하는 프레임(뺨대)은 pvc 파이프(금오, 폴리염화비닐관, 직경 2.5 cm)나 목재(규격 Ø 4.5 cm, 직경 6.5 cm)을 이용하여 제작하였다.

크기별로는 대형사육상 (4 × 4 × 2 m), 중소형사육상 (2 × 1 × 2 m) 그리고 소형사육상 (1 × 1 × 2 m)으로 구분하였으며 재질별로는 모기장망 재질 (3.0 × 2.0 × 2.0 m)과 비닐재질로 실험하였다(2 × 2 × 2 m).

2. 산란유도상자와 배지

산란난피수는 산란구멍에 가득 또는 60% 이상 산란된 경우의 난피를 기준으로 측정하였으며 채란 기간 중 2~3일 간격으로 오후 3시경에 조사하였다. 산란을 유도하기 위하여 뚜껑이 없는 사각형의 파란색 플라스틱 상자를 산란유도상자 가로 × 세로 × 높이(57 × 36 × 14 cm)로 사용하였다. 산란유도 배지(돈분 2.8 kg + 양돈사료 6.0 kg)에 물을 혼합하여 함수율을 50%로 유지하였다. 산란유도배지에 사용한 돈분은 곡성군 옥과면의 보람양돈장에서 배변 후 평균 10일 경과된 상태로 수분이 30% 가량인 성상의 돈분을 실험 전 상온에 2~3일간 보관하여 실험에 사용하였다.

산란유도 배지는 성상을 유지하기 위하여 2주에 한번 교체하였으며, 다른 파리목의 침입을 방지하기 위하여, 산란유도상자 위에 모기장 망을 씌운 후 실험 목적에 따라 플로랄폼(oasismarket)과 골판지(동약포장, 갈색골판지)를 모두 가로 × 세로 × 높이(20 × 5 × 5 cm)를 표준규격으로 만들어 총 4개의 산란 처를 투입하였으며 산란처의 구멍에 가득 채워져 있는 난피를 조사하였다. 골판지는 박스로 제작된 일반적인 황갈색으로 구멍(산란처)의 크기가 평균 3~5 mm로 제작된 것을 사용 전에 잘라 사용하였다.

3. 산란처

산란처는 플로랄폼, 골판지, 골판지에 녹색테이프(덕성

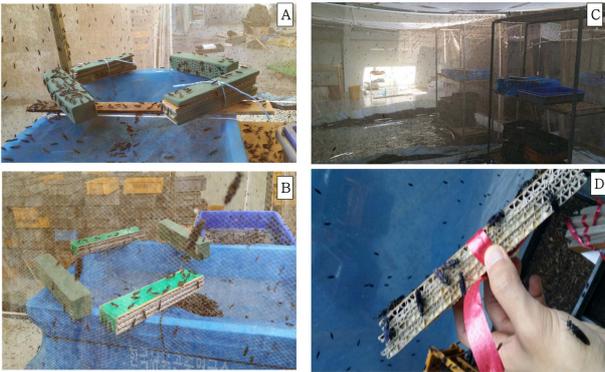


Fig. 1. A. The oviposition place is a floral form combined with corrugated cardboard. B. Floral form and green corrugated cardboard, C. Mosquito net, D. Egg mass was filled in the corrugated cardboard.

하이텍, 청테이프)를 붙인것, 플로랄폼과 골판지를 겹쳐서 가로 × 세로 × 높이(20 × 5 × 5 cm)로 직접 제작하였다. 플로랄폼에는 아메리카동애등에 성충이 산란할 수 있도록 지름 4 mm, 깊이 10 mm로 산란구멍을 뚫었다(Fig. 1)

결과 및 고찰

1. 사육상 크기별 비교실험

아메리카동애등에 성충의 사육상 크기에 따른 교미와 산란 성공 증진 습성을 조사하기 위하여 크기가 다른 각각의 성충사육상 3개를 준비하여 실험을 진행하였다. 성충사육상의 높이는 2m로 고정시키고 가로와 세로의 길이만 다르게 조정하여 산란난괴수를 조사한 결과 가로, 세로의 길이가 4 × 4 m인 사육상에서는 하루 평균 820.7 ± 141.4 난괴가 조사되었고 2 × 1 m의 사육상은 516.0 ± 305.9 난괴가 조사되었으며 1 × 1 m인 사육상에서 62.3 ± 31.1 난괴가 조사되어 통계적 유의성을 보였다(chi-test, $p < 0.05$)(Fig. 2). 이처럼 아메리카동애등에 성충사육상의 크기가 산란에 밀접하게 관여를 한다는 것을 알 수 있었다. 아메리카동애등에의 실내사육을 위해 실시한 국내 실험에서는 성충사육상의 크기를 기본적으로 가로 × 세로 × 높이 모두 2 m 이상으로 사육하였다(Park 2013). 산란 또한 효율적으로 받았다. 이처럼 아메리카 동애등에 성충의 산란을 위해서는 너비가 큰 관여를 한다는 것을 알 수 있었다. 아메리카동애등에의 실내대량사육을 위해서는 개체수에 따라서 규격화된 사육상을 이용하여 사육을 하는 것이 효율적이다. 위 결과와 같이 가로, 세로의 길이가 4 × 4 m인 성충사육상보다 가로, 세로 길이가 2 × 1 m의 성충사육상 크기에 따른 산란난괴수는 큰 차이가 없으므로 보아 성충사육상 관리나 공간 확보 경제성에서 더

욱 효율적인 것으로 생각되었다.

2. 사육상 재질에 따른 비교실험

아메리카동애등에 성충의 사육상 재질에 따른 교미와 산란 성공 증진 습성을 조사하기 위하여 재질이 다른 각각의 성충사육상 3개를 준비하여 실험을 진행하였다. 산란난괴수를 조사한 결과 하루 평균 모기장망 재질의 성충사육상에서는 820.7 ± 141.4 난괴를 수확하였으며 전부 비닐재질인 성충사육상에서는 604.3 ± 142.1난괴를 수확하여 통계적인 유의성을 보였다(chi-test, $p < 0.05$)(Fig. 3). 모기장망 재질의 성충사육상은 비닐재질의 성충사육상보다 산란난괴수가 더 많았다. 산란난괴수가 더 많은 모기장망 재질의 성충사육상은 공기순환이 잘되며 빛 투과성이 좋은 소재로 더욱 효과적이었다. 반대로 겨울철 보온 효과를 높이기 위해 전부 비닐재질로 제작한 성충사육상에서는 전체가 모기장망인 사육상에 비하여 공기순환이 안되고 직사광선이 비출 때 성충사육상 내부온도가 급격

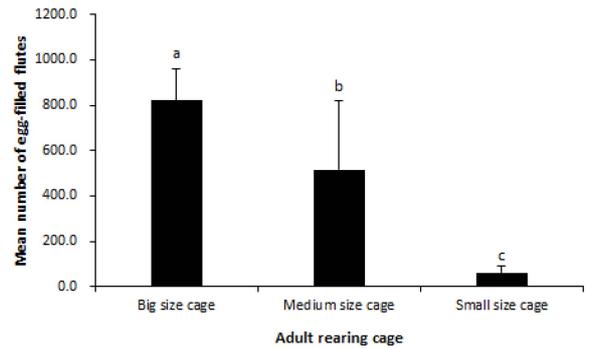


Fig. 2. Comparison of egg-filled flutes was according to cages sizes of adult BSF. Big size cage (4 × 4 × 2 m), Medium size cage (2 × 1.0 × 2 m), Small size cage (1 × 1 × 2 m). The error bars indicate on SD. Means with the different same letter are not significantly different by chi-test, $P < 0.05$.

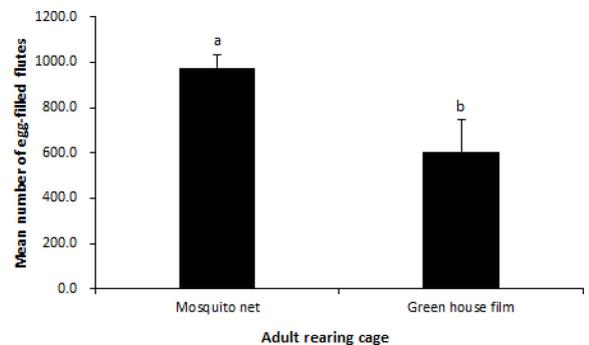


Fig. 3. Comparison of egg-filled flutes was according to cages material of adult BSF. The error bars indicate on SD. Means with the different same letter are not significantly different by chi-test, $P < 0.05$.

히 상승하는 단점을 보였다. 따라서 망 재질을 이용하여 온도와 습도를 조절해주는 것이 효과적인 것으로 생각되었다.

3. 산란처에 따른 비교실험

아메리카동애등에는 자연상태에서 축축하고 부패하는 유기물 주변 건조된 틈사이에 산란을 하는 생태적인 특징을 가지고 있다(Copello 1926, Gonzalez et al. 1963). 아메리카 동애등으로부터 채란을 많이 받기위해 실내사육으로 외국에서 널리 사용되고 있는 일반 골판지 박스와 농촌진흥청 등 국내에서 널리 사용되고 있는 플로랄폼을 이용하여 크기를 균일하게 제작하여 비교 실험을 진행하였다(Fig. 1). 산란유도상자 안에 산란유도배지를 넣고 자연광이 잘 들어오는 곳에 배치하였으며 각각의 성충 사육상에 골판지2개와 플로랄폼 2개를 위치시켜놓았다(Fig. 1). 총 10 개의 다른 사육상에서 산란을 받은 결과 1월 25~27일에 플로랄폼에 평균 $2,581 \pm 157.8$ 난피와 골판지에 490 ± 66.2 난피를 산란하였고 1월 27일 ~ 29일에는 플로랄폼에 평균 $2,833 \pm 172.1$ 난피와 골판지에 335 ± 41.7 난피를 산란하였으며, 1월 29~2월 1일에서는 플로랄폼 평균 $3,065 \pm 135.2$ 난피 그리고 골판지에서는 707 ± 48.2 난피를 수확하여 통계적인 유의성을 보였다(chi-test, $p < 0.05$)(Fig. 4). 국내에서 진행한 플로랄폼을 이용한 아메리카동애등에 산란실험에서는 개체별 평균 산란수가 $1,001 \pm 247$ 개로 조사되어진 바 있다(Park 2013). 그러나 본 실험에서는 Park(2013)보다 개체별 평균 산란수를 적게 받았다. 그 이유로는 성충사육상 내에 성충밀도가 높아서 사망률이 올라가고 수명은 줄어들기 때문일 것이라고 추측되어진다. 또 다른 이유로는 온도, 습도, 수분 지급 방법과 공기순환상태, 광의 세기 등으로 생각되어졌다. 본 실험 결과에서 아메리카동애등에 성충은 산란처로 골판지보다 플로랄폼을 선호하는 것으로 조사되었다. 아메리카동애등에 성충이 플로랄폼을 선호하는 이유로는 산란처 재질의 특이성 및 색상의 차이로 생각되었다.

4. 산란구멍에 따른 비교실험

아메리카 동애등에 성충을 실내사육하기 위해서는 광조건, 사육상의 크기 그리고 산란처의 종류를 제외하고 중요한 산란 조건중 하나인 산란구멍의 적당한 크기이다. 아메리카 동애등에 성충은 산란관을 산란처의 틈에 넣고 산란하는 습성이 있으므로 산란처의 틈(구멍)이 너무 크면 산란을 할 수 없거나 산란난피수가 감소하였다(Park 2013). 본 실험에서는 산란에 적합한 산란구멍의 크기를 알아보기 위하여 총 2개의 일반모기장 케이지에 산란유도배지를 광이 잘 들어오는 곳에 위치시키고, 그 위에 수분이 함유되지 않은 상태의 4 mm 크기의 산란구멍 플로

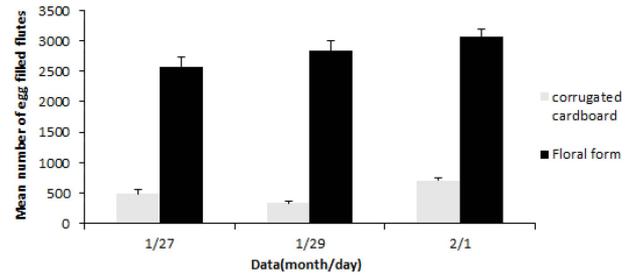


Fig. 4. Comparison of egg-filled flutes was according to oviposition place of BSF (3 times replication for consistency). The error bars indicate on SD.

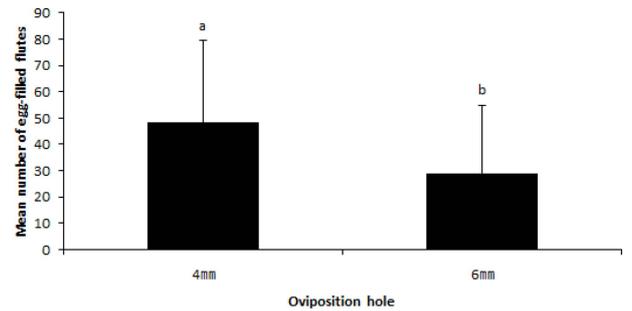


Fig. 5. Comparison of egg-filled flutes was according to oviposition hole. The error bars indicate on SD. Means with the different same letter are not significantly different by chi-test, $P < 0.05$.

랄폼 2개와 6 mm 크기의 산란구멍 플로랄폼 2개를 올려 두고 2일에 한번 총 3회 조사하였다. 그 결과 4 mm에서 하루 평균 48.2 ± 31.2 난피를 수확하였으며 6 mm에서는 29.0 ± 25.7 난피로 9.2 난피 차이를 보이는 것으로 조사되었다(Fig. 5). 플로랄폼에 수분을 함유시켰을 때가 일반 플로랄폼보다 산란율이 높다는 결론이 조사되어진 바 있다(Park 2013). 본 실험에서는 별 다른 차이가 없어서 일반 플로랄폼으로 채란을 하였다. 산란구멍 크기별 산란난피수를 조사한 결과 4 mm에서 평균 48.2개 그리고 6 mm에서 29.0개를 산란하여 4 mm가 많이 산란하는 것으로 조사되었으며 통계적인 유의성은 있었으나 차이가 크지 않았다(chi-test, $p = 0.02$). 국내에서 진행한 유사한 실험에서는 산란구멍크기에 따른 산란율을 조사하였는데 5 mm, 7 mm, 9 mm에서의 산란율이 각각 60%, 34.3%, 5.7%로 차이가 있었으며 3, 4, 5 mm 실험에서는 각각 산란율이 31.7%, 36.8%, 31.7%로 나타났다(Park 2013). 이러한 결과로 보면 5 mm 이하의 산란처에서의 산란선호성이 가장 높고 6 mm 이상의 산란처에서는 산란선호성이 낮다는 것을 알 수 있었다.

5. 산란처의 재질 변화에 따른 산란 촉진 실험

아메리카동애등에 산란처에 따른 비교실험에서의 결과

는 골판지에 비해 플로랄폼을 더 선호하는 것으로 조사되었다(Fig. 4). 이처럼 플로랄폼을 사용하는 것이 산란 수 증진을 위해서는 효과적이지만 재활용이 어렵고 구입비용과 산란처 및 산란구멍을 제작하는 비용 및 시간이 많이 소요되는 단점이 있었다. 반면에 골판지는 적은 비용으로 대량 생산이 가능하므로 상대적 가격경쟁력이 있었다. 본 실험에서는 앞으로 가축 및 양식어류의 사료로 활용하기 위한 산업화를 목적으로 한 대량사육의 경우 저렴하고 재활용이 가능한 재질의 산란처를 이용하는 것이 효과적이라고 생각되었다. 따라서 산란처로써 골판지 사용에 목적을 두고 플로랄폼의 어떠한 점이 아메리카 동애등에의 산란을 유도하는지 알아보기 위한 첫 번째 실험으로 골판지의 외형에 플로랄폼과 비슷한 녹색테이프를 부착시키고 플로랄폼과 같이 전체적인 크기를 가로 × 세로 × 높이(20 × 5 × 5 cm)로 모두 균일화 하였다. 두 번째 실험으로 플로랄폼 재활용에 목적을 둔 재질의 선호성 실험으로 플로랄폼의 크기는 첫 번째 실험과 동일하게 두

고 골판지 사이에 플로랄폼을 얇게 잘라서 투입시켰다. 색의 선호성 실험은 균일하게 산란을 받는 4개의 일반 모기장 사육상에 동일한 산란유도배지를 광이 잘 들어오는 곳에 위치시키고 산란난괴수를 조사하였다. 재질의 선호성 실험에서는 균일하게 산란을 받는 3개의 일반 모기장 사육상에서 조사하였다. 첫 번째 실험으로 녹색계통의 산란처를 제작하기 위해 골판지에 녹색테이프를 부착한 산란처와 플로랄폼의 평균 산란난괴 수를 비교한 결과 플로랄폼에 평균 326.3개와 녹색테이프를 부착한 골판지에 난괴수 135.2개를 산란하여 통계적인 유의성을 보였다(chi-test, $p < 0.05$)(Fig. 6). 녹색의 골판지보다 플로랄폼에서 많은 산란난괴수를 나타냈으나 일반골판지와 플로랄폼 비교실험에서 나온 산란수인 평균 41.0 난괴와 비교하면 산란난괴수가 증가하는 것으로 조사되었다. 두 번째 실험인 재질 선호성 실험에서는 골판지에 플로랄폼을 얇게 잘라 겹친 산란처에서 57.7 난괴, 플로랄폼은 64.7 난괴로 통계적인 유의성을 보이지 않았다(chi-test, $p = 0.52$)(Fig. 7). 이러한 결과로서 아메리카동애등에가 플로랄폼의 재질과 녹색계통의 색상을 선호하는 것으로 추측할 수 있었다. 따라서 산란유도상자와 산란처로 녹색계통을 활용하면 좋을 것으로 생각되었다. 아메리카동애등에가 서식하는 환경은 폐기물주변을 제외하고도 주로 숲 주변에서 서식하는데 이러한 숲의 녹색환경이 미미한 영향을 준 것으로 생각된다. 이는 외국에서 아메리카동애등에 성충채란실에 녹색식물을 넣어주는 것이 성충의 수분섭취 뿐 아니라 산란촉진에도 관여할 수 있다는 추측을 하게 되어 앞으로 녹색식물이 동애등에 산란에 대한 영향 등과 같은 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각되어진다.

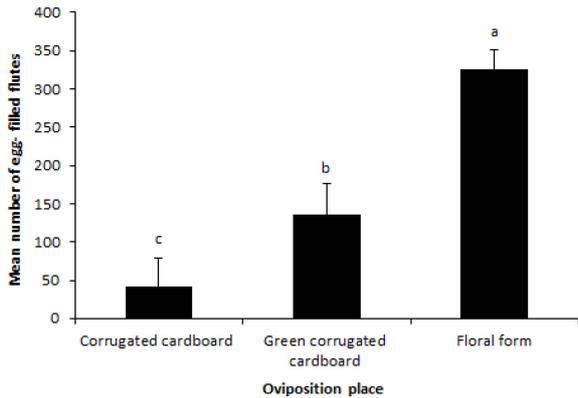


Fig. 6. Comparison of egg-filled flutes was according to corrugated cardboard and green corrugated cardboard (20 × 5 × 5 cm). The error bars indicate on SD. Means with the different same letter are not significantly different by chi-test, $P < 0.05$.

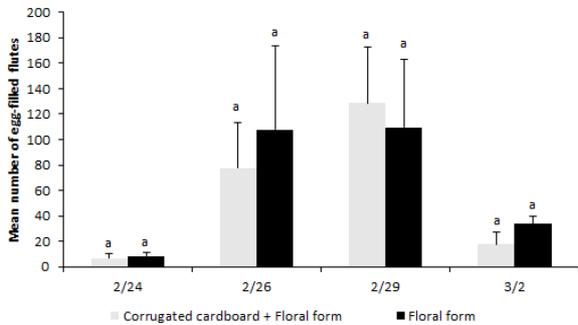


Fig. 7. Comparison of egg-filled flutes was according to floral form and floral form with corrugated cardboard (20 × 5 × 5 cm). The error bars indicate on SD. Means with the different same letter are not significantly different by chi-test, $P < 0.05$.

적 요

사육환경은 아메리카동애등에(*Hermetia illucens*)의 산란에 직접적으로 영향을 준다. 본 연구에서는 아메리카동애등에 성충사육상의 크기와 산란처에 따른 산란 선호성을 조사하였다. 성충사육상의 높이를 2 m로 고정시키고 가로 세로의 길이만 다르게 제작하였으며 20,000 개체의 성충을 사육상에 투입하였다. 평균 난괴수는 가로, 세로 길이가 4 × 4 m인 사육상에서 평균 895.4 난괴, 2 × 1 m 사육상에서 876.3 난괴 그리고 1 × 1 m 사육상에서 62.3 난괴를 산란하였다. 아메리카동애등에 성충사육상의 재질에 따른 산란난괴수를 비교한 결과 모기장망사육상에서는 820.7 난괴를 산란하였고 비닐재질사육상에서는 604.3 난괴를 산란하였다. 성충산란처의 종류별로는 갈색골판지에 평균 41.0 난괴 녹색 플로랄폼은 326.6 난괴를 산란하였으며, 녹색테이프를 붙인 골판지에는 135.2 난괴를 산란

하였다. 산란처로 플로랄폼과 갈색 골판지에 플로랄폼을 겹친 산란처에서는 유사한 산란결과로 평균 64.7과 57.7 난괴를 산란하였다. 산란처 구멍의 직경이 6 mm와 4 mm에서는 29.0과 48.2 난괴를 산란했다.

감사의 글

본 연구를 위해 동애등에를 사육을 도와주신 농업회사 법인(주)한국유용곤충연구소 이상현과장, 이민주대리, 정인관 연구원과 서울대학교 곤충계통분류학연구실의 최진영님께 감사드립니다. 본 연구는 2016년 농림수산식품기술기획평가원 농생명산업기술개발사업 “아메리카왕거저리의 식용화를 위한 기반연구와 집파리와 아메리카동애등에유충을 이용한 닭사료첨가제 개발 및 상품화”의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

References

Bondari K, Sheppard DC (1981) Black soldier fly larvae as a feed in commercial fish production. *Aquaculture* **24**, 103~109.
 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.
 Copello A (1926) *Biologia de Hermetia illucens* *Latr Rev Sco Entomol Argent* **1**, 12~27.
 Erickson MC, Islam M, Sheppard DC, Liao J, Doyle MP (2004) Reduction of *Escherichia coli* 0157:H7 and *Salmonella entericaserovar* enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *J Food Protect* **67**, 685~690.
 Gonzalez JV, WR Young, MR Genel (1963) Reduction de la probloaction de mosca domestica en gallinzazpor la mosca soldado en el. *Tropica Agric Tec(Mex)* **2**, 53~57.
 Holmes LA, Vanlaerhoven SL, Tomberlin JK (2012) Relative Humidity Effects on the Life History of *Hermetia illucens*

(Diptera: Stratiomyidae). *Environ Entomol* **41**, 731~1042.
 James MT (1935) The genus *Hermetia* in the United States (Diptera:Stratiomyidae). *Bull Brooklyn Entomol Soc* **30**, 165~170.
 Kim JI (1997) Newly recording two exotic insects species from Korea. *J Kor Biota* **2**, 223~225.
 Landi S (1960) Bacteriostatic effect of hemolymph of larvae of various bot flies. *Can J Microbiol* **6**, 115~119.
 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.
 Newton GL, Booram CV, Barker RW, Hale OM (1977) Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *J Anim Sci* **44**, 395~400.
 Park KH, Choi YC, Nam SH, Kim SH, Kim SY, Ma YJ, No SK (2013) Nutritional value of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) as a feed supplement for fish. *J Seric Entomol Sci* **51(2)**, 95~98.
 Park KH (2013) Ecology of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratmyidae). Ph.D. dissertation, Kyungpook National Univ press, Korea.
 Sheppard DC, Newton GL (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.
 Sheppard DC, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC, Sumner SM (2002) Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *J Med Entomol* **39**, 695~698.
 Stone Calvert DAJ, Martin RD, Martin NO (1969) House fly pupae as food for poultry. *J Econ Entomol* **62**, 938~939.
 Tingle FC, ER Mitchell, Copeland WW (1975) The soldier fly, *Hermetia illucens*, in poultry houses in north central Florida. *J Ga Entomol* **10**, 179~183.
 Tomberlin JK, Sheppard DC (2002) Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera :stratiomyidae) in a colony. *Journal of Entomol Science* **37**, 345~352.