

갈색거저리, *Tenebrio molitor* L.(Coleoptera: Tenebrionidae)의 산란수, 수명, 발육기간 및 번데기 중량

박영규* · 최영철¹ · 이영보¹ · 이상현² · 이준석³ · 강승호
(주)한국유용곤충연구소, ¹국립농업과학원 곤충산업과, ²(주)선유, ³(주)오상킨섹트

Fecundity, Life span, Developmental periods and Pupal weight of *Tenebrio molitor* L.(Coleoptera: Tenebrionidae)

Young-Kyu Park*, Young-Cheol Choi¹, Young-Bo Lee¹, Sang-Hyun Lee², Jun-Seok Lee³, Seung-Ho Kang

*Korea Beneficial Insects Lab. Co. Ltd., Jangam-ri, Iljuk-myeon 236, Anseong-si Gyeonggi-do 456-910, Republic of Korea

¹Applied Entomology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-100, Republic of Korea

²Sunyou, Jidun-ri, Sudong-myeon, Namyangju-si, Gyeonggi-do 472-850, Korea

³Osangkinsect. Co. Ltd., 596 Imcho-ri Sang-myun Gapyung-gun Gyeonggi-do 477-824 Korea

(Received September 25, 2012, Accepted October 16, 2012)

ABSTRACT

Two different feed (bran and swine feed) effect was tested on development of *Tenebrio molitor* at $25 \pm 5^\circ\text{C}$, $65 \pm 10\% \text{RH}$. There was no significant feed effect on larval developmental periods (80.0 ~ 83.7 days), pupal length (18.1 ~ 18.7 mm) and fecundity (44.3 ~ 55.3 eggs) during first two days. However, fecundity was significantly affected by the pupal weight ($P < 0.05$), such that the number of eggs 172.3, 191.2, 215.0 gradually increased as pupal weight rose from 0.12 g, 0.15 g to 0.18 g, respectively. During the first two weeks of oviposition was 51.8%, which gradually decreased for further days. Longevity was 27.1 ± 6.9 , 30.1 ± 7.8 , 27.4 ± 8.5 days with increasing pupal weight of 0.12, 0.15, 0.18 g, respectively. Larval densities of 100, 300, 500 and 700 individuals reared in the container ($16 \times 21.5 \times 7$ cm) resulted 67.9% of the *T. molitor* pupation during first three weeks. Pupal weight was decreased 146.9 ± 6.5 , 142.1 ± 8.3 , 122.0 ± 9.6 , 118.5 ± 5.2 mg when it was reared at different larval densities of 100, 300, 500 and 700 individuals, respectively in size of ($16 \times 21.5 \times 7$ cm) rearing container.

Key words : *Tenebrio molitor*, Fecundity, Life span, Developmental periods, Pupa weight

서 론

갈색거저리(*Tenebrio molitor* L.)는 딱정벌레목 거저리과에 속하는 곤충으로 중국에서는 황분충(黃分蟲)으로 영어로는 Yellow mealworm이라고 불리며 흔히 저장곡물 해충으로 알려져 있는 다른 거저리종류(외미거저리, lesser mealworm) 등과 달리 식용, 사료용 및 산업용으로 활용할 수 있는 산업곤충으로 인식되고 있다. 갈색거저리의 원산지는 남미주이며 중국에서는 약 100여년의 사육역사가 있고 1950년대에 북경동물원에서 구소련으로부터 들여와 사육하기 시작하여 최근까지 널리 확산되어 사육중

에 있다. 갈색거저리는 곤충관련 생리 생태실험을 위한 연구에서 최근의 산업곤충으로 활용하기 위한 연구들을 통해 중국에서 농가소득원으로의 새로운 영역을 개척하기도 하였다(Choi and Song 2011).

갈색거저리의 연구는 주로 유럽 등에서 면역기능과 관련한 생리학적인 연구들이 진행되어져왔으며 성충의 수명이 부화율에 미치는 영향(Tracey 1958, Ludwig and Carl 1960), 갈색거저리의 성페로몬에 대한 연구(Happ and Wheeler 1969), 산소농도와 생존률에 관한 연구(Greenberg and Amos 1996)등을 비롯한 생리학적인 연구가 대부분이었다. 최근에는 산업화를 위한 연구들도 진행되어지고 있어 일차다부

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

의 교미 행동 습성(Drnevich et al. 2001, Worden and Parker 2001, Wagner and Harper, 2003, Carazo et al. 2004), 면역 기능과 채색이 수명 및 산란수에 미치는 영향(Barnes and Siva-Jothy 2000, Armitage et al. 2003)등과 같은 연구들이 있으며 중국에서는 대량생산에 대한 많은 연구들이 진행중에 있다(Chen and Liu 1992).

자연 상태의 갈색거저리는 연중 1세대 발육하는 것으로 알려져 있으나 사육온도에 따라 연중 다세대 발육이 가능하다. 주로 유충태로 월동하여 이듬해 번데기가 된 후 우화하여 번식한다. 성충의 수명은 50~160일이며 일반적으로 60~90일로 알려져 있고 산란기는 22~137일로 암컷의 평균산란량은 400~500개이며 알기간은 약 1~2주 정도이다. 갈색거저리 알은 유백색으로 성충의 체장은 1.25이며 긴 타원형에 유백색을 띤다. 알 껍질은 무르고 약하며 산란할 때 점액이 분비되어 먹이나 배설물 등을 붙여 보호막역할을 한다.

유충은 완전변태하며 탈피시 연한유백색에서 황갈색으로 변하며 유충기간은 약 4~10개월로 14~15회 탈피하는 것으로 알려져 있다. 용화된 번데기는 15~19 mm 정도의 크기로 황갈색이며 복부 끝의 돌기(유두)로 암컷과 수컷을 구별할 수 있다. 용화 된지 1~2주후에 우화하며 우화 후 4~5일 후부터는 교미와 산란을 시작한다. 갈색거저리는 일생동안 여러 번 교미를 하며 1회 산란량은 5~15개(최대 30개)로 알려져 있다(Choi and Song 2011).

최근 갈색거저리는 사료용 및 환경정화용 곤충으로 중국을 비롯한 여러 나라에서 활용하고 있으며 우리나라에서도 최근에 귀뚜라미등과 같이 애완동물 먹이로 사육하고 있다. 갈색거저리의 자원화 이용 작업은 세계 여러 나라에서 시작되었는데 프랑스, 독일, 러시아와 일본이 잇달아 시작하였으며 주로 인공사료, 인공생산 사육기술, 식용, 약용 및 건강기능식품과 특히 갈색거저리 효소, 생화학생리연구에 대해 비교적 많은 보고가 있었다(Choi and Song 2011). 갈색거저리는 단백질 함량이 생중량의 19.7%로 높아 가축 및 애완동물의 먹이로 적합하며 포식곤충인 침노린재과(Heteroptera: Pentatomidae)의 기주로서 연구되기도 했다(Jiraphon and Tasanee 2001, Zanuncio et al. 2001). 최근 우리나라의 소나무재선충병의 매개충 솔수염하늘소의 천적인 개미침벌의 인공증식용 기주로 활용하기도 하였다(Dai et al. 2005, Yang et al. 2005, Hong et al. 2008). 이처럼 갈색거저리는 그 자체로서 조류를 포함한 동물의 사료로서, 인간의 기호식품으로서 뿐만 아니라 포식성, 기생성 천적곤충의 먹이로서 활용이 가능한 중요한 곤충자원이다.

국내에서는 10여년 전부터 애완동물의 사료로서 활용되면서 곤충애호가들이나 동물원등에서 사육하기 시작하였고 최근 사료용 곤충으로서 여러 가지 장점으로 인해 상

업화를 목적으로 대량 증식하는 농가가 생겨나고 있다. 하지만 아직 갈색거저리의 사육시스템에 대한 기준 및 규격 등이 설정되어지지 않았으며 식용으로 등록되어지지 않아 본격적인 산업화에 걸림돌이 되는 실정이다. 애완동물의 사료로 일부 아마추어들이 소규모로 사육하여 판매하거나 애완동물 사료 판매상들이 중국산 갈색거저리상품을 수입하여 애완동물의 먹이로 판매하고 있으나 시장은 아직 협소한 실정이다.

최근 곤충산업법의 제정 및 지원 사업 등의 영향으로 국내에서도 10여개의 농가 및 연구소에서 대량사육 및 활용에 대한 연구가 진행 중에 있다. 본 연구는 국내에서 사육 중인 갈색거저리의 생물학적 특징에 대한 기초적인 연구와 산업화에 응용할 수 있는 자료로 활용하기위해 수행되었다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 갈색거저리(*Tenebrio molitor*)는 국내에서 애완동물 먹이로 판매중인 갈색거저리를 구매하여 실내 사육실에서 소맥피(산마루코리아)와 양돈용 배합사료(도드람B&F 배합사료)를 혼합하여 5년 이상 누대 사육한 것을 사용하였다. 성충 및 유충의 사육용기는 시중에서 판매되는 플라스틱상자(45×27×12 cm)에 소맥피와 배합사료를 혼합하여 6 높이로 공급하여 성충의 산란용과 유충사육용으로 이용하였으며 수분공급을 위하여 키친타올을 덮고 하루 1~2회씩 분무기로 물을 적셔주었다. 성충 및 유충의 수분 및 영양보충을 위해 과일과 무와 같은 야채를 1~2일에 한번 약 20 g씩 공급하였다. 갈색거저리의 실험은 25±5°C, 65±10%RH 실내사육실 조건에서 누대사육하면서 실험하였다.

1. 사료종류에 따른 산란수, 발육기간 및 번데기체장

사료종류에 따른 갈색거저리의 산란수, 발육기간, 번데기 크기를 조사하기위하여 소맥피가 주성분인 사료와 양돈사료를 섞은 사료를 공급하여 실험하였다. 우화 후 10일이 경과된 교미중인 암수 10쌍을 300 g의 서로 다른 사료(소맥피, 양돈사료, 소맥피 + 양돈사료(9:1))에 넣어 2일간 산란하도록 유도하였다. 산란이 완료된 사육상(채란상)의 사료를 그대로 사육실에서 무를 공급하면서 사육하였다. 갈색거저리가 번데기가 될 때 까지 사육하면서 발육기간을 조사하였다. 용화된 번데기는 눈금자에서 체장을 측정하였다.

2. 번데기 중량에 따른 산란수 및 수명

사육중인 갈색거저리가 용화된 후 번데기를 정밀 전자저울((주)카스 MWP series)에 1개체씩 평균 무게를 측정

하고 중량에 따라 소형 0.1214 ± 0.0066 g, 중형 0.1523 ± 0.0055 g, 대형 0.1843 ± 0.0091 g으로 구분하였다. 분리된 거저리 번데기는 돌기(유두)의 크기로 암컷과 수컷을 구분하여 각각 우화할 수 있도록 40개체 이상을 사육용기에 넣었다. 우화한 성충을 암컷과 수컷 각각 5쌍씩 실험용 플라스틱 사육상($16 \times 21.5 \times 7$ cm)에 넣고 소맥피와 가축사료를 9:1로 혼합한 유충사료를 300g 넣어 사육하였다. 1주일마다 채란상을 교체하면서 성충의 사망개체수를 조사하였고 산란된 알이 부화하여 발육할 수 있도록 사육실에서 사육하였다. 채란상의 거저리는 매일 과일(사과) 또는 무를 5g씩 섭취할 수 있도록 공급하였다. 각각의 채란상에서 거저리가 발육하여 번데기가 되면 매주 번데기 개체수와 무게를 측정하였다. 본 실험에서 갈색거저리의 평균 산란수는 각각의 실험구에서 용화된 번데기수로 나타내었으며 부화율 및 유충 사망률은 반영하지 않았다.

3. 사육밀도별 번데기 증량

실험용 플라스틱 사육상($16 \times 21.5 \times 7$ cm)에 산란 받아 부화한지 40여일이 경과한 갈색거저리 유충의 개체수를 전자저울로 측정하여 각각 100, 300, 500, 700개체로 나누어 소맥피와 가축사료를 300g씩 넣고 사육하였다. 사육 과정에서 먹이가 부족한 500, 700개체 사육상은 배설물의 양이 80%를 넘게 되면 먹이 300g을 추가하였다. 각각의 사육상에는 유충 먹이용 과일 및 무를 매일 5g씩 공급하였다. 각각의 사육상에서 갈색거저리가 번데기로 용화하기 시작하면 매주 용화된 번데기를 수거하여 개체수와 무게를 정밀 전자저울로 측정하였다. 이상의 실험은 3반복으로 모든 유충이 용화할 때까지 매주 계속하였다.

결과 및 고찰

1. 사료종류에 따른 산란수와 발육기간

갈색거저리의 사육을 위한 먹이는 일반적으로 곡물 및 가축사료를 이용하여 사육한다고 알려져 있다. 본 실험에서는 곡류의 영양분을 보충하기 위하여 가축사료(양돈사료)를 첨가하고 경제성을 고려하여 곡류 부산물인 소맥피를 주성분으로 하여 사육하였다. 소맥피와 가축용 사료를 이용하여 갈색거저리를 사육한 결과 발육기간은 각각 83.7 ± 7.8 일과 80.0 ± 15.6 일로 조사되었고 소맥피와 양돈사료를 혼합한 경우 80.7 ± 4.9 일로 조사되었다. 번데기 크기는 평균 18.1, 18.7mm로 큰 차이가 없었다(Table 1). 2일간 산란 받은 산란수의 경우는 가축사료에서 많아 소맥피에서 평균 44.3개 가축사료에서 49.7개이었고 특히 소맥피와 가축 사료를 9:1로 혼합한 경우 평균 51.3개로 산란수가 가장 많았다(Table 1). 갈색거저리의 발육기간은

Table 1. Mean number of eggs laid, developmental periods and pupa size of *T. molitor* by different feed

| | Diet | | |
|------------------------------------|------------|-------------|-------------|
| | A | B | C |
| Mean no. of eggs ¹ | 44.3 ± 9.5 | 49.7 ± 21.2 | 51.3 ± 12.9 |
| Developmental periods ² | 83.7 ± 7.8 | 80.0 ± 15.6 | 80.7 ± 4.9 |
| Pupa size (mm) | 18.1 ± 3.2 | 18.7 ± 3.6 | 18.7 ± 2.6 |

A: Bran, B: Swine feed, C: A + B(A : B = 9 : 1).

¹10 days after emerged 10 pairs of *T. molitor* were exposure during 2 days on each plastic container with 300 g diet.

²Investigate the periods from egg to pupa.

Each larvae were reared in $25 \pm 5^\circ\text{C}$, $65 \pm 10\%$ RH rearing room.

개체간 발육의 차이가 크게 나타나는 것으로 관찰되었고 이러한 요인이 개체간 경쟁에 의한 것인지 사료의 영양 성분등에 의한 것인지는 좀 더 연구가 필요할 것으로 생각되었다. 실험실에서 채란기간을 3~4일로 짧게 산란 받은 갈색거저리 알의 발육 후 번데기가 되기 시작에서 모두 번데기가 되는 기간이 약 6주 이상으로 길게 조사된 본 실험결과(Fig. 5)에서도 발육기간의 편차가 크다는 것을 알 수 있었다. 산란수의 차이가 조사된 것은 가축사료에 포함된 단백질 및 기타 영양 성분이 성충의 난 발육에 도움을 준 것으로 생각되었다. 특히 일반적인 곤충의 산란수를 증진시키기 위하여 단백질 성분인 난황, 분유 등을 공급하는 것과 같은 결과이었다. Jiraphon and Tasanee(2001)의 실험에서도 소맥피만 사료로 공급하였을 때 보다 가축사료 중 양계사료를 혼합하여 실험한 결과에서 증체량이 증가하였다. 따라서 영양성분이 높은 사료를 공급하는 것이 증식 효율이 높을 것으로 판단되었으나 거저리의 대량 생산에서 사료간의 공급 및 수분공급에 따른 사료의 경화를 줄이고 경제성을 고려할 때 농업부산물 및 소맥피 등 가격이 저렴한 사료를 주성분으로 하고 부족한 영양성분을 보충할 수 있는 가축사료 또는 기능성 성분을 혼합하여야 할 것으로 생각되었다. 앞으로 식용 및 사료용으로 갈색거저리를 대량 증식할 때 효율적인 채란을 위해 채란용 사료와 유충 증식용 사료를 서로 다른 성상 및 재료로 구분하여 사육하거나 부산물 사료를 적극 활용하여 경제성을 높이는 연구도 필요할 것으로 생각되었다.

2. 갈색거저리 외부형태 및 특징

갈색거저리 성충은 체장이 15~20 mm 정도이며 긴 타원형의 짙은 흑갈색을 띤다. 우화 초기에 유백색에서 점차 짙은 색으로 변화된 후 교미하여 산란한다. 산란된 알은 유백색으로 장 타원형이며 크기는 1.25 mm이다. 알껍데기는 연약하여 외부충격에 손상되기 쉬우나 점액이 있

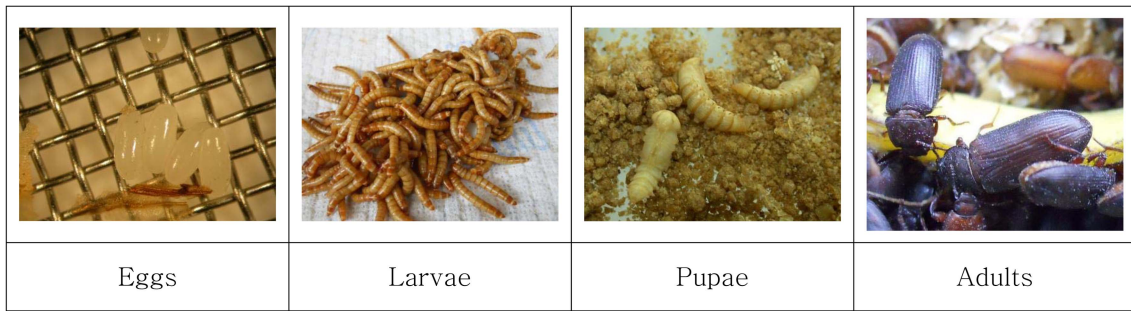


Fig. 1. The life cycle of *T. molitor*.

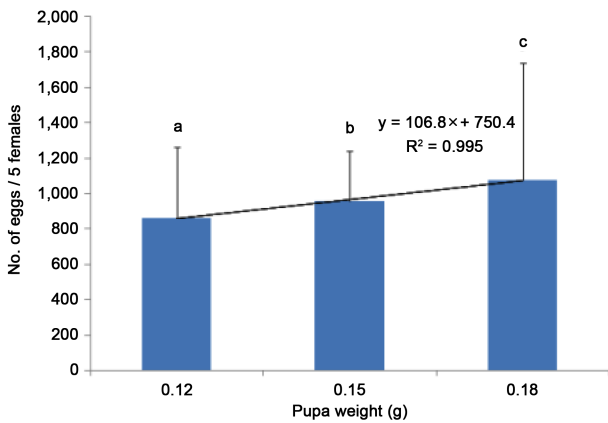


Fig. 2. Pupal weight effect on the fecundity of *T. molitor* reared on bran. Chi-square tests with the different letters are significantly different($P < 0.05$)

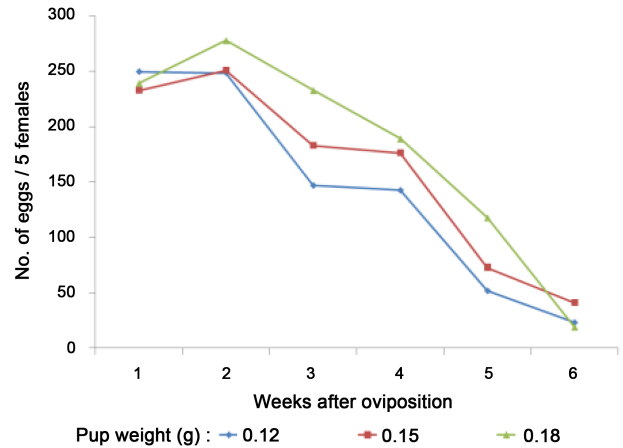


Fig. 3. Pupal weight effect on the oviposition trends of *T. molitor* reared on bran.

어 사료와 사육용기 바닥 등에 부착하여 산란한다(Fig. 1). 알의 표면은 점성이 있어 사료와 붙게 되어 있으며 산란 후 1~2주 이내에 부화하는 것으로 조사되었다. 유충은 25~32 mm까지 자라며 황갈색으로 두부는 짙은 갈색이다. 번데기의 복부끝 돌기의 크기로 암수를 구분할 수 있다.

3. 번데기 중량에 따른 산란수 및 수명

번데기 중량에 따라 0.12, 0.15, 0.18 g으로 구분하여 우화 후 암컷과 수컷 5쌍의 산란수 및 수명을 조사한 결과 각각 861.3 ± 402.5 , 956.0 ± 281.7 , $1,075 \pm 663.5$ 개를 산란하여 갈색거저리는 중량과 산란수의 높은 상관관계를 나타내었다(Fig. 2, $p < 0.05$, $R^2 = 0.995$). 이러한 산란수를 암컷 한 개체로 환산하면 각각 평균 172.3, 191.2, 215.0 개인 것으로 조사되었다.

갈색거저리는 우화 후 2주간 총 산란수의 51.8%를 산란하였으며 이러한 산란수는 중국에서 실험한 갈색거저리 암컷의 산란 절정기가 우화 후 10~30일이며 일생동안 산란수가 50~680개(평균 260개)라고 알려진 결과보다는 다소 적었던 것으로 나타났다(Fig. 2). 갈색거저리는 중량과

상관없이 산란절정기에 대부분을 산란하고 산란수가 급격히 감소하는 산란경향을 보였다(Fig. 3). 이러한 결과는 일반적인 곤충의 산란경향과 유사하며 증식률을 높이기 위해서는 산란 초기의 관리가 매우 중요함을 알 수 있었다. 갈색거저리의 산란수는 채란상의 성충 밀도 및 사료의 종류, 사료성상 및 온도와 습도 등 사육환경에 따라 많은 차이가 있으므로 사육기술의 향상을 위해 성충밀도에 따른 증식률에 대한 실험 등 최적의 산란조건 확보를 위한 다양한 실험들이 보완되어야 할 것으로 생각되었다. 또한 갈색거저리는 여러 번 교미하며(Choi Song 2011) 암컷이 다수의 수컷과 교미하면 산란수가 32% 가량 증가하는 것으로 조사된바 있다(Worden and Parker 2001). 따라서 대량증식을 위한 채란상에 적절한 밀도의 암컷과 수컷을 사육하는 것이 증식에 유리할 것으로 생각되었다.

번데기 중량에 따라 갈색거저리의 산란수가 크게 차이는 것에 비하여 평균 수명은 27.1, 30.1, 27.4일로 차이 없이 유사한 것으로 나타났다(Fig. 4). 이러한 결과는 본 실험에서 갈색거저리의 수명이 일반적으로 알려진 수명보다 짧았기 때문이라고 추측되었으나 보다 자세한 추가 실험이 필요할 것으로 생각되었다. 갈색거저리의 대량증식

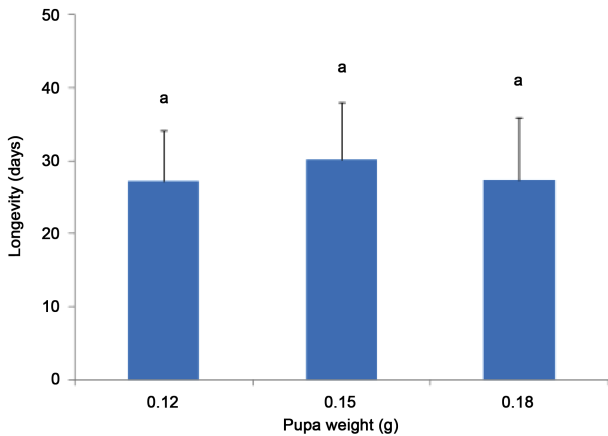


Fig. 4. Pupal weight effect on the longevity of *T. molitor* reared on bran. Chi-square tests with the same letters are not significantly different ($P > 0.05$).

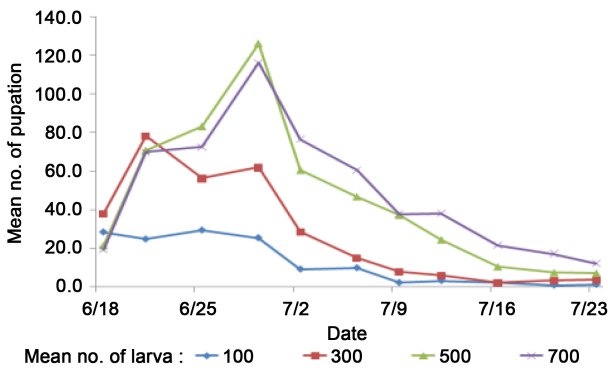


Fig. 5. Larval density effect of *T. molitor* on the number of pupation.

을 위해서는 지속적인 누대사육을 통하여 크기가 큰 우량종을 선발하고 짧은 기간에 포란수의 대부분을 채란 받는 효율적인 사육시스템 확립이 필요할 것으로 생각되었다.

4. 사육밀도별 번데기 중량

갈색거저리 유충의 사육밀도에 따른 발육상태를 조사하기 위하여 산란 받은 후 45일차의 유충 사육밀도를 100~700마리로 달리하여 일정한 유충 사육용기(16×21.5×7 cm, 0.24 m²)에서 사육하였다. 갈색거저리는 밀도수준에 관계없이 용화시작 후 3주 이내에 67.9%가 용화하였고 4주차까지 89.2%가 용화하여 대부분 용화하였고 밀도가 낮은 경우에 용화 최성기가 1주일가량 빠른 것으로 조사되었다(Fig. 5). 3~4일간 짧은 기간 동안 채란 받은 동일한 그룹에서 용화시작에서 끝까지의 기간이 많이 소요되는 것으로 조사되었다던 것으로서 갈색거저리는 개체간 발육의 차이가 크다는 것을 알 수 있었다(Fig. 5) 실험 대상

Table 2. The Effects of various larval densities on the pupal weight(mg) of *T. molitor* during pupation period

| | Density of <i>T. molitor</i> larva ¹ | | | |
|-------------------------------|---|--------------|-------------|-------------|
| | 100 | 300 | 500 | 700 |
| Pupa weight (mg) ^a | 146.9 ± 6.5 | 142.1 ± 8.3 | 122.0 ± 9.6 | 118.5 ± 5.2 |
| Pupa weight (mg) ^b | 134.9 ± 48.9 | 148.8 ± 18.1 | 149.0 ± 8.6 | 140.4 ± 8.2 |

¹calculated of 45 days after hatched larva by electric weighting apparatus and reared on same plastic container(0.24 m²) with 300 g diet.

^aduring 3 weeks after initial pupation(Mean ± SD)

^bafter 3 weeks from initial pupation(Mean ± SD)

Each larvae were reared in 25 ± 5°C, 65 ± 10%RH rearing room

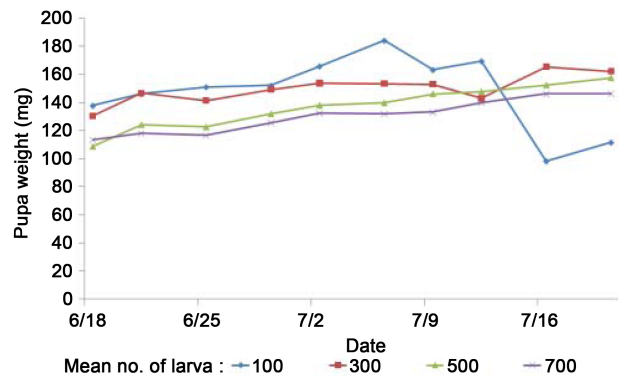


Fig. 6. Larval density effect of *T. molitor* on the pupa weight(mg).

유충 100개체의 무게를 측정하고 이를 환산하여 300, 500, 700개체로 달리하여 사육 한 결과 용화시작 후 3주 이내에는 갈색거저리 번데기의 중량이 사육밀도가 높을수록 감소하여 각각 146.9 ± 6.5, 142.1 ± 8.3, 122.0 ± 9.6 그리고 118.5 ± 5.2 mg이었다. 그러나 3주 이후에는 사육밀도가 감소함에 따라 번데기 중량의 차이가 없어 134.9 ± 48.9, 148.8 ± 18.1, 149.0 ± 8.6 그리고 140.4 ± 8.2 mg으로 차이가 없었으며 전체적으로도 통계적인 차이가 없는 것으로 조사되었다($P > 0.05$)(Table 2, Fig. 6). 실험에 사용한 갈색거저리 유충은 플라스틱사육상(45×27×12 cm)당 밀도를 2,000~3,000개체로 생체중량은 약 300~450 g으로 유지하여 사육하였다. 이는 적당한 사육밀도와 공간에 대한 Jiraphon and Tasanee(2001)의 실험에서 5 L의 사료에 500~2,000개체를 사육하였을 때 거저리 유충 체중에 통계적인 차이가 없는 결과와 5 L당 1,000개체가 적합한 밀도라고 조사한 것 보과 유사한 개체수이다. 따라서 갈색거저리 사육에 있어서 사육밀도는 크게 중요하지 않을 것으로 판단되었고 먹이조건이 중요할 것으로 생각되었다. 갈색거저리 유충과 성충은 과일 및 야채 등을 공급하면

왕성하게 수분을 섭취하였다. 수분공급을 손쉽게 하기 위해 사료에 직접 수분을 첨가해 혼합할 경우 사료의 부패 및 경화의 문제가 생겨 발육에 지장을 주었다. 중국에서는 무를 갈아서 소맥피와 혼합하여 먹이로 공급하여 사육하는 것을 관찰하였는데 본 사육과정에서는 사료에 혼합된 무의 부패로 인해 문제가 발생하였다. 본사에서는 키친타올을 이용하여 분무기로 하루 1~2회 수분을 공급하는 방법과 과일과 야채를 사료위에 놓아두는 방법을 병행하여 사용하였었다. 앞으로 갈색거저리 수분공급방법에 대한 여러가지 연구가 필요할 것으로 생각되었다. 본사에서 대량사육에 활용하는 갈색거저리 유충 사육상(45 × 27 × 12 cm, 1.46 m²)에서는 약 2,000개체 이상, 생체 중량은 약 300~400 g에 해당하는 유충을 사육하는 것이 좋을 것으로 판단되었고 경우에 따라 밀도를 높일 경우 추가적인 먹이공급이 필요할 것으로 생각되었다. 외국에서 대량증식을 목적으로 하지 않고 실험용으로 적은 개체수를 사육한 실험에서는 본 결과와 다른 결과들이 조사되었다. Barnes and Siva-Jothy(2000)는 갈색거저리를 개체 사육한 것과 여러 마리를 함께 사육한 실험들에서 대량으로 사육한 경우에 질병에 대한 감염률이 낮았으며 성충까지의 발육기간도 개체사육보다 짧았다고 보고한 바 있다. 대량사육 성충의 개체중량도 개체사육보다 무거운 것으로 조사되었고 대량 사육한 개체는 색깔도 개체 사육한 개체보다 짙었다(Barnes and Siva-Jothy 2000). 하지만 유충의 사망률은 동종포식에 의해 개체사육보다 대량 사육에서 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과들로서 부화 유충에서부터 종령까지 사육할 때 사육밀도를 달리하여 적절한 경쟁을 유발하는 것도 효과적인 대량사육의 한 요소가 될 것으로 생각되었다. 대량사육한 성충의 색깔은 황갈색성충에 비하여 짙은 검은색 성충으로서 곰팡이에 대한 감염률도 낮아 상대적으로 사망률이 낮은 것으로 나타났다(Barnes and Siva-Jothy 2000). 본 실험실에서는 갈색거저리 유충이 검은색으로 변화되어 사망하는 경우가 자주 생기기도 하여 앞으로 곰팡이에 대한 감염률을 감소시키고 질병을 예방 및 치료할 수 있는 다양한 연구들이 이루어져야 할 것으로 생각되었다.

다른 실험들에 일반적으로 알려진 수명 60~90일에 비하여 수명이 27~30일로 짧았던 것(Fig. 4)은 본 실험이 수행된 갈색거저리 대량 온도조절이 되지 않는 실내 사육실로서 실험을 실시하였던 기간의 온도조건이 평균 25~30°C 이상, 상대습도도 65 ± 10%로 높았기 때문으로 생각되었다. 하지만 상대적으로 짧은 수명에 비하여 산란수의 차이가 크지 않았던 것은 일반적으로 우화 후 50%의 수명에 이르기까지 대부분의 포란된 알을 산란하기 때문일 것으로 생각되었으며 경제성 및 산란효율을 높이기

위해서는 짧은 기간에 대부분의 포란된 알을 산란 받는 방법도 고려해볼 수 있을 것으로 생각되었다. Chen and Liu(1992)은 갈색거저리의 발육한계온도를 저온 9~10°C 이하로 고온 34°C 이상이라 하였으며 광량이 많으면 수명 및 산란수가 감소한다고 한바 있다. 따라서 대량사육을 위한 거저리의 사육실 온도관리와 함께 광량의 조절이 생산성에 밀접하게 영향을 미칠 것으로 생각되었다. 앞으로 농가에서 갈색거저리를 상업적 목적으로 대량 증식할 때 경제적으로 온도관리와 광량을 조절할 수 있는 사육환경을 조성하여 생산성을 높일 수 있는 시스템을 개발해야 할 것으로 생각되었다.

적 요

갈색거저리를 소맥피와 가축사료를 먹이로 하여 25 ± 5°C, 65 ± 10%RH에서 사육한 결과 발육기간은 80.0~83.7일, 번데기크기는 18.1~18.7 mm로 유사하였고 2일간의 평균 산란수는 44.3~55.3개이었다. 갈색거저리 번데기의 평균 무게에 따라 0.12 g, 0.15 g, 0.18 g의 세 중량으로 구분하여 우화 후 성충의 일생동안 평균 산란수를 조사한 결과 각각 172.3, 191.2, 215.0개로 중량에 비례하여 증가하였다. 산란경향은 우화 2주차까지 51.8%를 산란하여 가장 왕성하였으며 그 후 급격히 감소하였다. 번데기 무게에 따른 성충의 수명은 각각 27.1 ± 6.9, 30.1 ± 7.8, 27.4 ± 8.5 일로 차이 없는 것으로 조사되었다. 갈색거저리 유충사육 용기(16 × 21.5 × 7 cm)에 유충 사육밀도를 100, 300, 500, 700마리로 사육한 결과 용화 시작 후 3주 이내에 67.9%가 용화되었으며 단위 공간당 사육 밀도가 증가함에 따라 번데기의 중량은 용화 시작 후 3주까지 각각 146.9 ± 6.5, 142.1 ± 8.3, 122.0 ± 9.6, 118.5 ± 5.2 mg으로 감소하였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ008977)의 지원에 의해 이루어진 것임. 갈색거저리 사육과 실험을 도와주신 한옥순, 정일순 여사님께 감사드립니다.

인용문헌

- Armitage SAO, Thompson JJW, Rolff J, Siva-Jothy MT(2003) Examining costs of induced and constitutive immune investment in *Tenebrio molitor*. *J Evol Biol* **16**, 1038~1044.
- Barnes AI, Siva-Jothy MT(2000) Density-dependent prophylaxis in the meal worm beetle *Tenebrio molitor* L.(Coleoptera: Tenebrionidae): cuticular melanization is an indicator of investment in immunity. *Proc R Soc Lond B* **267**, 177~182.

- Carazo P, Sanchez E, Font E, Desfilis E(2004) Chemosensory cues allow male *Tenebrio molitor*. *Animal Behaviour* **68**, 123~129.
- Chen G, Liu T(1992) Studies of the bionomics and breeding of yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. J Fujian Normal University(Natural Science Edition), 1992-01.
- Choi YC, Song HS(2011) Mass rearing and application technique of mealworm, *Tenebrio molitor*, pp 14~22. Applied entomology Division, National Academy of Agricultural Science Press, Korea.
- Dai PL, Xu ZQ, Tian SP(2005) The optimal parasitoid-host ratio of rearing *Schleroderma guani* using *Tenebrio molitor*. *Chinese Bull Entomol* **42**(3), 308~311.
- Drnevich JM, Papke RS, Rauser CL and Rutowski RL(2001) Material Benefits from multiple mating in female mealworm beetles(*Tenebrio molitor* L.). *J. Insect Behavior*, **14**(2), 215~230.
- Greenberg S, Amos AR(1996) Effects of chronic hypoxia, normoxia and hyperoxia on larval development in the beetle *Tenebrio molitor*. *J Insect Physiol* **42**(11-12), 991~996.
- Happ GM, Wheeler J(1969) Bioassay, preliminary purification, and effect of age, crowding, and mating on the release of sex pheromone by female *Tenebrio molitor*. *Ann Entomol Soc Am* **62**(4), 846~851.
- Hong JI, Koh SH, Chung YJ, Shin SC, Kim BH, Choi KS(2008) Biological characteristics of *Schlerodermus harmandi* (Hymenoptera: Bethyilidae) parasited on Cerambycid. *Korean J Appl Entomol* **47**(2), 133~139.
- Jiraphon S, Tasanee J(2001) Industrial mass rearing of mealworm beetle(*Tenebrio molitor* L.). *Kaen Kaset Khon Kaen Agriculture Journal* **29**(4), 194~200.
- Ludwig D, Carl F(1960) Further studies on the relationship between parental age and the life cycle of the mealworm, *Tenebrio molitor*. *Ann Entomol Soc Am* **53**(5), 595~600.
- Tracey SKM(1958) Effects of parental age on the life cycle of the mealworm, *Tenebrio molitor* Linnaeus. *Ann Entomol Soc Am* **51**(5), 429~432.
- Wagner WE Jr., Harper CJ(2003) Female life span and fertility are increased by the ejaculates of preferred males. *Evolution* **57**(9), 2054~2066.
- Worden BD, Parker PG(2001) Polyandry in grain beetles, *Tenebrio molitor*, leads to greater reproductive success: material or genetic benefits? *Behavioral Ecology* **12**(6), 761~767.
- Yang W, Xie ZH, Zhou ZJ, Yang CP(2005) The learning behavior of *Scleroderma sichuanensis* Xiao(Hymenoptera: Bethyilidae) fed on the fictitious hosts *Tenebrio molitor* L.(Coleoptera: Tenebrionidae). *Acta Entomologica Sinica* **48**(5), 731~735.
- Zanuncio, J, Molina-Rugama AJ, Serrao J, Pratisoli D(2001) Nymphal development and reproduction of *Podisus nigrispinus*(Heteroptera: Pentatomidae) fed with combination of *Tenebrio molitor*(Coleoptera: Tenebrionidae) pupae and *Musca domestica*(Diptera: Muscidae) larvae. *Biocont Sci Technol* **11**(3), 331-337.