

# *Zophobas morio*의 보조사료 선발 및 성충 산란간격 조절

김도익\* · 김성연 · 구희연 · 김정은 · 김현진 · 이유범 · 박철승 · 김영철<sup>1</sup> · 남승희<sup>1</sup> · 김상수<sup>2</sup>전남농업기술원 곤충잠업연구소, <sup>1</sup>전남대학교 농업생명과학대학, <sup>2</sup>순천대학교 생명산업과학대학

## Selection of Supplement Feed and Regulation of Oviposition Period of *Zophobas morio* (Tenebrionidae)

Do-ik Kim\*, Seong-Yeon Kim, Hui-Yeon Koo, Jeong-Eun Kim, Hyeon-Jin Kim, Yoo-Beom Lee, Cheol-Seung Park, Young-Cheol Kim<sup>1</sup>, Seung-Hee Nam<sup>1</sup> and Sang-Soo Kim<sup>2</sup>

Jeonnam Insect and Sericultural Research Institute, Jangseong 61186, Korea

<sup>1</sup>Department of Agricultural Biology, Jeonnam National University, Gwangju 57214, Korea<sup>2</sup>Department of Plant Medicine, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

**ABSTRACT:** The super mealworm, *Zophobas morio*, is mainly used as food for pets, fish, reptiles, amphibians, birds, and as snacks. An experiment was conducted to investigate the effects of temperature, supplementary feeding, and spawning interval on super mealworm rearing. To efficiently rear this species, the insects were bred at a temperature of 27°C or higher and reached a weight of over 0.6 g at 80 days after hatching. Supplementary feed (with high protein content: 10% of soybean meal and 10% of fish meal) enabled larvae to reach a weight of over 0.7 g at 80 days after hatching. Mass rearing of super mealworm requires increase in egg production (i.e., high yield) and uniformity of larvae. Adults were transferred to spawning bases every 5, 10, or 15 days (three treatments), which resulted in a total of 7,256, 5,439, 2,060 hatched larvae, respectively. It is possible to obtain more than 7,000 larvae by transferring the egg-laying frame to the spawning base at intervals of 5 days and with nine spawning operations; this procedure generates larvae weighing over 0.68 g each.

**Key words:** *Zophobas morio*, Supplementary feeding, Spawning interval

**조 록:** *Zophobas morio*는 주로 애완동물의 먹이로 사용되고 있으며 대형어, 파충류, 양서류, 조류의 주식 및 간식으로 활용하기도 한다. *Zophobas morio*는 27°C 이상에서 사육하면 부화 후 80일째에 0.6 g 이상의 유충 무게를 얻었다. 보조사료를 선발하기 위해 콩가루, 어분, 보리, 메밀가루를 이용하였을 때 단백질 함량이 높은 콩가루와 어분에서 부화 후 80일째에 0.7 g 이상의 유충무게를 확보하였다. *Zophobas morio*를 대량사육하기 위해 성충의 산란을 증가와 균일한 유충을 확보하는 기술이 필요하다. 성충의 산란 격리틀을 이동시켜 줌으로써 유충 단계가 혼재되어 선발하는데, 노동력을 줄이며 높은 수확량과 균일한 유충을 확보하기 위해 5일, 10일, 15일 간격으로 성충을 산란틀로 옮겼을 때 5일 간격으로 성충을 옮기는 처리에서 총 부화유충수 7,256마리로 10일 5,439마리, 15일 2,060마리보다 더 많은 유충수를 확보할 수 있다. 따라서 *Zophobas morio* 성충을 5일 간격으로 산란틀을 옮기면서 산란을 9회 시키면 7,000마리 이상의 유충을 확보할 수 있으며 이때 한 마리당 무게는 0.68 g 확보가 가능하다.

**검색어:** *Zophobas morio*, 보조사료, 산란간격

곤충은 여러 종류의 동물에서 중요한 자연식품으로 사람과 동물들을 위한 영양소일 뿐만 아니라, 의약품과 유기물을 재할 용하는 용도로 이용되고 있으며 다른 동물성 단백질 공급원에 비하여 적은 면적에 낮은 비용으로 사육할 수 있다(Choi, 2013).

이에 따라 미래에 유망한 산업 인식되어 왔으며(Anand et al., 2008), 유엔식량농업기구(FAO)에서는 식용곤충에 대한 이용과 잠재력을 평가하기 시작하면서 크게 성장할 새로운 산업으로 평가되고 있다(Huis et al., 2013). 또한 곤충은 알려진 것만 80만 종이 넘으며 가축의 생산과정에서 배출되는 온실 가스 및 암모니아 가스로 인한 환경오염문제의 우려가 없는 친환경적인 식량자원인 것으로 보고되고 있다(Huis et al., 2013). 유럽

\*Corresponding author: [doik1020@korea.kr](mailto:doik1020@korea.kr)

Received June 2 2019; Revised August 19 2019

Accepted August 20 2019

등 선진국에서는 곤충을 식용으로 이용하였을 때 영양학적으로 가치가 충분하지(Roos and Huis, 2017), 사료용으로 이용할 때 면역체계 증진 및 항체사용을 줄여 주어 동물을 건강하게 해주는지(Gasco et al., 2018) 등에 대한 연구가 이루어지고 있다.

*Zophobas morio*는 중남미에서 퍼져 나갔으며 언제부터 인공사육하기 시작했다는 정확한 기록이 남겨 있지 않은 종으로 박 등(Park et al., 2010)은 2011년부터 수입되어 사육된 갈색거저리와 *Zophobas morio*는 DNA 바코드 특성과 형태를 이용하여 분류학적 동정을 한 바 있다. *Zophobas morio* 유충은 18령기로, 16~17령기에 번데기로 되는 비율이 25.71%로 가장 높다고 알려져 있다(Kim et al., 2015). *Zophobas morio*는 동물 먹이 용으로 가장 많이 이용되는 갈색거저리 유충에 비하여 몸 크기가 국내에서 가장 커 슈퍼밀웜(super mealworm) 또는 아메리카왕거저리로 불리어 왔으며, 소형 동물류(절지동물, 조류, 양서파충류, 소형 포유류)의 주요 단백질 공급원으로 폭넓게 사용되고 있다(Eilenberg et al., 2015; Kaiser et al., 2010; Latney et al., 2017; Leung et al., 2012).

그러나 아직까지 *Zophobas morio*는 식품의약품안전청의 식품공전에 식용으로 등록되어 있지 않아 식용으로 사용할 수 없지만 조류, 어류 등의 사료용 또는 바이오 디젤 등 다양한 소재로 활용 될 수 있어(Leung et al., 2012), 이 종의 대량사육을 위한 먹이습성, 산란능력 등 사육체계 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 효과적이고 원활한 *Zophobas morio*의 사육 방안과 이용을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 대상곤충

*Zophobas morio*는 농촌진흥청 농업과학원에서 2015년에 분양 받아 누대사육을 하였으며 밀기울을 주 먹이원으로 플라 스틱 상자(54 × 42 × 13 cm)에 사육하였다. 수분 공급을 위해 무우를 잘라서 2일 간격으로 공급하였으며 사육온도는 27 ± 2°C 상대습도 35 ± 2%, 광주기 L:D = 16:8의 사육실 조건에서 진행하였다.

### 온도별 유충 무게 변화

*Zophobas morio* 노숙유충을 1마리씩 밀기울 1 g이 들어 있는 105공 포트(Dongo tech, 53 × 28 × 5 cm)에 옮겨 주어 번데기를 유도하였다. 성충으로 우화한지 5일 이내의 개체 200마리를

한곳에 모아 두어 산란을 유도하였다. 산란은 5일 동안 받아 사육실 내에 보관하면서 부화를 유도하였으며, 막 부화한 유충은 크기가 작아 부화 후 10일이 지난 유충을 사용하였다. 온도가 21, 24, 27, 30°C로 설정된 4실 배양기(Hanbaek scientific Co., HB-103-4)에 밀기울 50 g과 2령 유충이 1마리씩 들어 있는 개체 사육용기(15 × 11 × 5 cm) 15개를 넣고 20일 후부터 10일 간격으로 7회 유충무게를 측정하였다. 배양실 내의 조명은 원형형광등(Keumho electronic, FCL40SD/38)을 타이머와 함께 설치하여 광주기 L:D = 16:8의 조건을 유지하였다. 유충 5개체를 1반복으로 총 3반복 완전임의배치법으로 시험을 하였다.

### 보조먹이별 유충 무게 변화

온도별 유충시험과 마찬가지로 동일 령기의 유충을 확보하여 27 ± 2°C의 항온조건에서 광주절이 되는 배양기(Hanbaek scientific Co., HB-301L-3)에 밀기울 45 g을 넣고 여기에 Soybean powder 5 g, Fish powder 5 g, Barley powder 5 g, Buckwheat 5 g을 각각 넣어 유충 먹이가 50 g이 되는 사육용기에 2령 유충을 1마리씩 넣고 투입 20일 후부터 10일 간격으로 7회 유충무게를 측정하였다. 조명은 광주기 L:D = 16:8의 조건을 유지하였고, 유충 5개체를 1반복으로 총 3반복 완전임의배치법으로 시험을 하였다.

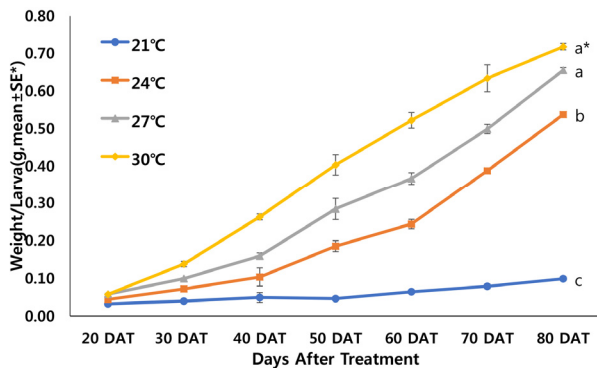
### 성충의 산란간격

*Zophobas morio* 유충을 균일하게 지속적으로 확보하기 위하여 성충의 산란 간격을 5일, 10일, 15일로 설정하여 시험하였다. 성충확보는 노숙유충을 1마리씩 밀기울 1 g이 들어 있는 105공 포트(Dongo tech, 53 × 28 × 5 cm)에 옮겨 번데기를 유도하였다. 성충이 된 후 24시간 이내의 성충을 동일 성충으로 간주하고, 암수를 구분하여 각각 1마리씩 2마리가 투입된 개체 사육용기(15 × 11 × 5 cm)를 27 ± 2°C의 항온조건에서 조명조절이 되는 배양기(Hanbaek scientific Co., HB-301L-3)에 젤리를 급여하여 실험을 실시하였다. 각각 사육통에 든 성충을 5일, 10일, 15일 후에 다른 개체사육통에 옮겨 주고 산란된 사육통은 배양기에서 30일 동안 두어 부화한 유충수를 조사하였다. 5일 간격으로 성충을 옮긴 처리구는 60일 동안 12회, 10일 간격은 6회, 15일 간격은 4회를 각각 새로운 개체사육통으로 옮겨주어 산란을 받았으며, 성충 5개체를 1반복으로 총 10반복 완전임의 배치법으로 시험을 하였다.

## 결과 및 고찰

### 온도별 유충 무게 변화

*Zophobas morio* 유충을 온도별로 사육을 하면 21°C 저온에서는 거의 발육을 하지 못하였다. 그러나 24~30°C 에서는 정상적으로 발육이 가능하였다(Fig. 1). 초기 유충의 무게는 21°C 는 0.03 g에서 80일 후에는 0.1 g으로 27°C 의 30일째 무게와 비슷하였고, 80일 후에는 24°C 에서 무게 0.54 g, 27°C, 0.66 g, 30°C 에서 0.72 g으로 27°C 와 30°C 에서는 통계적 유의 차이가 없었으나 24°C 이하에서는 차이가 있었다( $F = 178.352, P < 0.0001$ ). 따라서 *Zophobas morio*를 사육하기 위해서는 최소 27°C 를 유지해야 효과적일 것으로 판단되었다. 특히 비교적 고온인 30°C 에서는 초기 무게 0.06 g에서 지속적으로 증가하기 시작하여 80일째에는 0.72 g까지 증가하여 고온에 대한 적응력이 아주 높은 종으로 보였다. 김 등(Kim et al., 2016)은 갈색거저리 (*Tenebrio molitor*) 유충 발육이 20, 25, 30, 35°C 조건 중에서 30°C 에서 가장 빨랐다고 하여 거저리류는 30°C 내외의 온도가 사육에 가장 적합할 것으로 판단된다. 생존율은 24°C 이상에서 97% 이상으로 높게 나타났으나 21°C 에서는 91.7%로 비교적



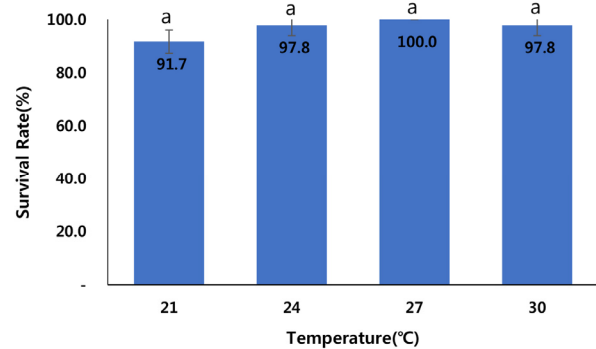
**Fig. 1.** Weight increase of *Zophobas morio* larvae reared in different temperatures. \*Values indicated with the same letter are not significantly different (Tukey's Test;  $\alpha = 0.05$ ), \*SE, Standard Error

낮아 저온에서는 발육도 늦지만 생존율도 낮음을 알 수 있었으며(Fig. 2), 갈색거저리 유충이 20°C 이하의 저온이나 30°C 이상의 고온에서 사육할 경우에는 발육이 저해되는 결과와 유사하였다(Kim et al., 2016; Koo et al., 2013).

### 보조먹이별 유충 무게 변화

*Zophobas morio* 보조먹이인 콩가루, 어분, 보리, 메밀의 열량, 단백질함량, 수분 등은 Table 1과 같다. 아메리카왕거저리의 주먹이원으로 밀기울을 주로 사용하는데 보조먹이원을 찾기 위해 콩, 어분, 보리, 메밀을 이용하였다. 이들의 총칼로리는 어분만 288 칼로리이고 나머지는 350 정도로 높은 편이었다. 특히 콩과 어분의 단백질 함량이 45.3과 55.5 g/100 g으로 아주 높음을 알 수 있었다. 단백질 함량이 높은 콩가루와 어분은 유충 집중 20일째부터 유충의 무게가 0.12 g, 0.14 g으로 밀기울 0.05 g, 보리 0.06 g, 메밀 0.05 g 보다 훨씬 높게 나타났으며 60일째에 콩가루와 어분을 공급한 유충의 무게는 수확 가능한 수준인 0.75 g, 0.76 g으로 나타나 다른 보조 사료보다 우수하였으며 통계적 유의차이가 있었다.

그러나 보리와 메밀을 보조사료로 공급한 유충의 무게는 80



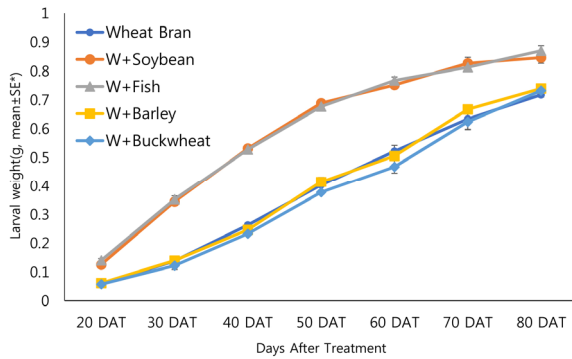
**Fig. 2.** Survival rate of *Zophobas morio* larvae reared at different temperatures after 80 days of treatment. (Tukey's Test;  $\alpha = 0.05$ ), \*SE, Standard Error

**Table 1.** Approximate composition in several feeds provided to super mealworms

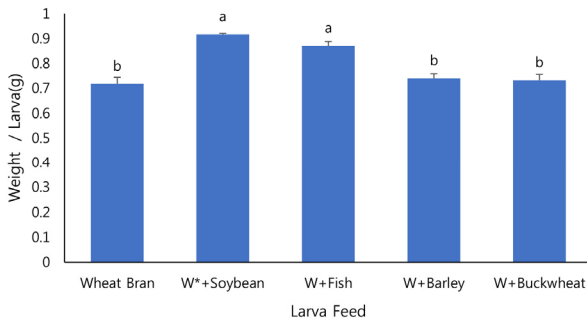
Feeds	Calorie (kcal/100 g)	Carbohydrate (g/100 g)	Moisture (g/100 g)	Ash (g/100 g)	Crude lipid (g/100 g)	Crude protein (g/100 g)	Dietary fiber (g/100 g)
Wheat bran	342.9	63.7	13.3	4.6	2.9	15.5	34.9
Soybean	356.0	7.1	8.1	5.5	2.1	45.3	8.5
Fish mill	288.0	7.1	10.8	22.4	4.2	55.5	1.4
Barley	354.0	73.0	10.2	2.7	2.3	10.6	17.9
Buckwheat	350.4	70.0	12.4	3.0	2.4	12.2	5.7

일제에 각각 0.74 g, 0.73 g으로 밀기울 단독으로 사육했을 때 0.72 g과 큰 차이가 나지 않았다(Figs. 3, 4). 유충의 생존율은 밀기울 단독 공급이 98.7%로 다른 보조사료보다는 낮지만 통계적 유의는 나타나지 않았다(Fig. 5).

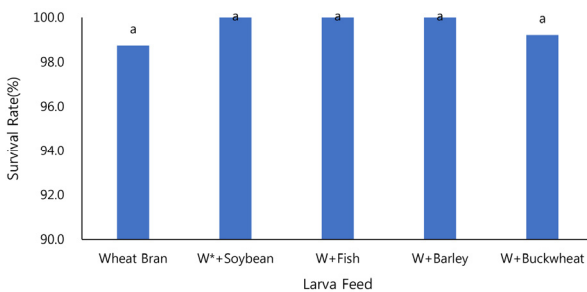
*Zophobas morio*를 음식물 폐기물 건조사료로 사육 하여도 밀기울과 유사하게 발육하였고, 폐사개체가 없어 음식폐기물 건조사료는 성충보다 유충에 공급하는 것이 좋다는 보고가 있는데(Hong et al., 2015), 본 연구에서 *Zophobas morio* 유충 발



**Fig. 3.** Weight increase of *Zophobas morio* larvae reared with different additional supplementary feeds. \*SE, Standard Error



**Fig. 4.** Weight of *Zophobas morio* larvae after 80 days of treatment with different additional supplemental foods. \*Same letters above the columns indicate not significantly different values (Tukey's Test;  $\alpha = 0.05$ ), \*SE, Standard Error; W, Wheat Bran



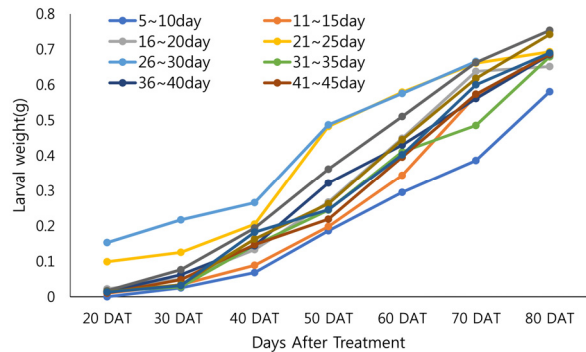
**Fig. 5.** Survival rates of *Zophobas morio* larvae by different additional supplemental foods on 80 days after treatment. \*SE, Standard Error; W, Wheat Bran

육이 보리와 메밀은 밀기울과 유사하고 콩가루와 어분은 발육 효율이 높으므로 두 가지를 보조사료로 추가 활용한다면 *Zophobas morio*의 발육이 더 빠를 것으로 판단된다.

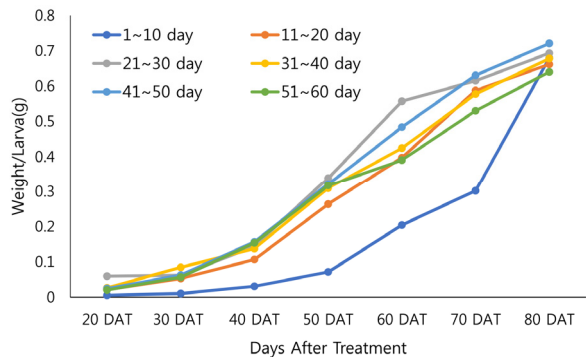
### *Zophobas morio* 성충의 산란간격

*Zophobas morio* 성충을 5일 간격으로 산란틀을 옮겨 주었을 때 5일까지는 산란하지 않았으며 5일 이후부터 산란을 하기 시작하였다. 산란 20일 후 유충의 평균 무게는 0.02 g이지만 21~25일과 26~30일 간격의 유충 무게는 각각 0.09 g, 0.08 g으로 다른 처리구보다 높게 나타나 이 시기에 산란된 알이 가장 우수한 개체라는 것을 확인할 수 있었으며 이후에 다른 처리보다 무게가 더 많이 높게 성장하였다(Fig. 6).

10일 간격으로 산란을 받은 경우 20일 후의 유충 평균 무게는 0.02 g으로 5일 간격 산란과 유사하였으나 초기 1~10일 동안 산란받은 처리구는 70일까지 무게가 증가하지 않아 발육이 더디게 이루어졌으며(Fig. 7) 이러한 경향은 5~10일 동안 산란 받은 처리구도 마찬가지로 나타나(Fig. 6), *Zophobas morio* 초기 산란된 알의 배자발생이 완전하지 않은 것으로 보아 우수한



**Fig. 6.** Weight increase of *Zophobas morio* larvae in different spawning intervals (every 5 days).



**Fig. 7.** Weight increase of *Zophobas morio* larvae in different spawning intervals (every 10 days).

형질의 유충을 확보하기 위해서는 성충 우화 직후 최소 10일 이후부터가 적당할 것으로 판단된다.

15일 간격으로 산란을 받은 경우 20일 후의 유충 평균 무게가 0.06 g으로 5일과 10일 간격으로 산란 시키는 것보다 높았으나 1~15일 동안 산란 받은 유충 무게는 0.006 g에 지나지 않아 5일과 10일 간격으로 산란 받을 때와 마찬가지로 초기의 배자 발육이 불안정함을 확인할 수 있었다(Fig. 8). 또한 유충의 생육이 전반적으로 느렸으며, 80일째의 유충 무게가 0.54 g으로 5일과 10일 간격의 80일째 무게 0.68 g과 0.69 g보다 더 낮음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 15일 간격으로 산란을 시켰을 때에는 유충의 령기가 균일하지 않고, 개체 간 동중포식을 하기 때문으로 판단된다.

*Zophobas morio* 성충을 5일, 10일, 15일 간격으로 산란시켜 부화한 유충수는 5일 간격에서 총 7,256마리(Fig. 9), 10일 간격에서 5,439마리(Fig. 10), 15일 간격에서 2,060마리(Fig. 11) 5일 간격으로 산란을 시켰을 때 가장 많은 유충수를 확보할 수 있었다. 5일 간격으로 산란시킨 경우 16일부터 50일째 까지 평균 800마리 이상의 유충을 지속적으로 확보가 가능하였으며, 10일 간격에서도 11일부터 50일째 까지 높은 유충수를 확보할

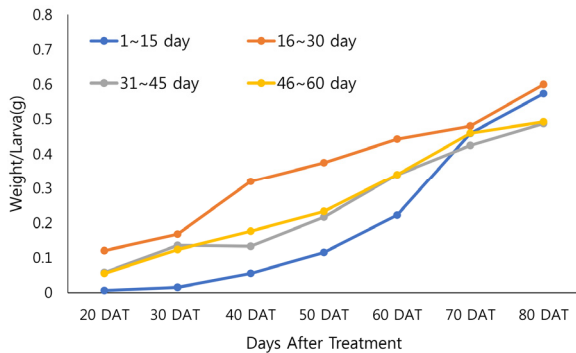


Fig. 8. Weight increases of *Zophobas morio* larvae in different spawning intervals (every 15 days).

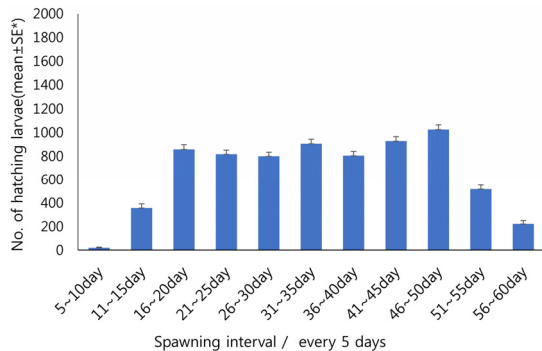


Fig. 9. Number of hatched *Zophobas morio* in different spawning intervals (every 5 days). \*SE, Standard Error

수 있었다. 그러나 15일 간격에서는 16~30일에서만 1,061마리로 높게 나타나 15일 간격으로 산란시키는 방법은 많은 유충수를 확보할 수 없고, 유충 무게가 낮아 효율성이 떨어졌다(Fig. 12). 김 등(Kim et al., 2016)은 갈색거저리를 3, 7, 14일 간격으로 산란 받은 처리구에서 총 산란수는 1,011개, 899개, 619개로 산란 간격이 좁을수록 유충의 산란수가 높고, 개체의 크기를 균일하게 하기 위해서는 7일 간격 이내로 산란기간의 간격을 유지하는 것이 좋다고 보고하였는데, 본 연구에서도 유사한 경향을 나타내어 *Zophobas morio* 성충은 5일 간격으로 산란시키는 것이 인력과 시간을 절감시키는 효율적인 방법이라고 판단된다.

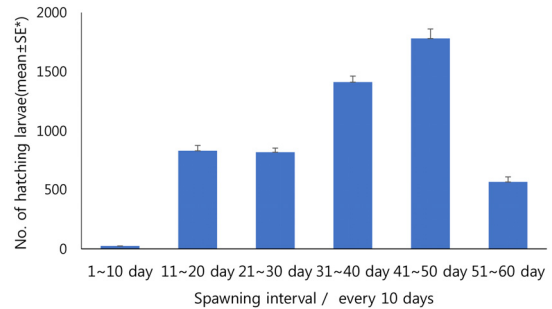


Fig. 10. Number of hatched *Zophobas morio* larvae in different spawning intervals (every 10 days). \*SE, Standard Error

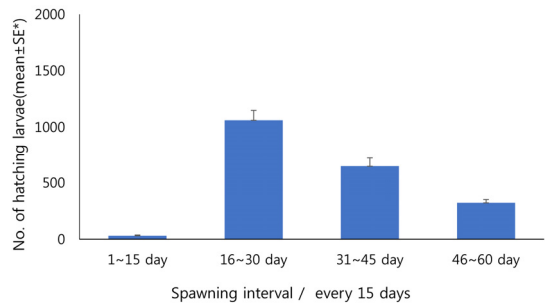


Fig. 11. Number of hatched *Zophobas morio* larvae in different spawning intervals (every 15 days). \*SE, Standard Error

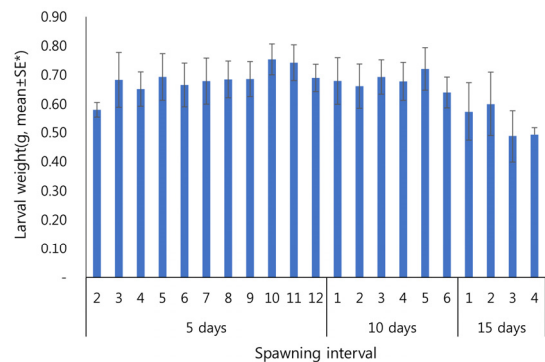


Fig. 12. Weight of hatched *Zophobas morio* larvae after 80 days of treatment for each spawning interval. \*SE, Standard Error

---

## Literature Cited

- Anand, H., Ganguly, A., Haldar, P., 2008. Potential value of acridids as high protein supplement for poultry feed. *Int. J. Poult. Sci.* 7, 722-725.
- Choi, Y.C., 2013. Current issues and perspectives of the edible insect industry. *World Agric.* 159, 91-111.
- Eilenberg, J., Vlaskovits, J.M., Nielsen-LeRoux, C., Cappellozza, S., Jensen, A.B., 2015. Diseases in insects produced for food and feed. *J. Insects Food Feed* 1, 87-102.
- Gasco, L., Finke, M., Huis, A.V., 2018. Can diets containing insects promote animal health?. *J. Insects Food Feed* 4, 1-4.
- Hong, Y.-P., Park, J.-C., Park, Y.-K., Yang, Y.-C., 2015. Study on growth characteristics of insects using a food waste-derived dry feed. *J. KORRA* 23, 67-72.
- Huis, A.V., Itterbeeck, J.V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P., 2013. Edible insects : Future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper, 201p.
- Kaiser, A., Hartzendorf, S., Wobschall, A., Hetz, S.K., 2010. Modulation of cyclic CO<sub>2</sub> release in response to endogenous changes of metabolism during pupal development of *Zophobas rugipes* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Insect Physiol.* 56, 502-512.
- Kim, S., Kim, J.C., Lee, S.J., Kim, J.S., 2016. Establishment of optimal rearing conditions for the production of *Tenebrio molitor* larvae. *Korean J. Appl. Entomol.* 55, 421-429.
- Kim, S.Y., Kim, H.G., Song, S.H., Kim, N.J., 2015. Developmental characteristics of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae in different instars. *Int. J. Indust. Entomol.* 30, 45-49.
- Koo, H.-Y., Kim, S.-G., Oh, Y.-K., Kim, J.-E., Choi, D.-S., Kim, D.-I., Kim, I., 2013. Temperature-dependent development model of larvae of mealworm beetle, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 52, 387-394.
- Latney, L.V., Toddes, B.D., Wyre, N.R., Brown, D.C., Michel, K.E., Briscoe, J.A., 2017. Effects of various diets on the calcium and phosphorus composition of mealworms (*Tenebrio molitor* larvae) and superworms (*Zophobas morio* larvae). *Am. J. Vet. Res.* 78, 178-185.
- Leung, D., Yang, D., Li, Z., Zhao, Z., Chen, J., Zhu, L., 2012. Biodiesel from *Zophobas morio* larva oil: process optimization and FAME characterization. *Ind. Eng. Chem. Res.* 51, 1036-1040.
- Park, H.C., Jung, B.H., Han, T., Lee, Y.B., Kim, S.-H., Kim, N.J., 2013. Taxonomy of introduced commercial insect, *Zophobas atratus* (Coleoptera; Tenebrionidae) and a comparison of DNA barcoding with similar tenebrionids, *Promethis valgipes* and *Tenebrio molitor* in Korea. *J. Seric. Entomol. Sci.* 51, 185-190.
- Roos, N., Huis, A.V., 2017. Consuming insects: are there health benefits?. *J. Insects Food Feed* 3, 225-229.