

## 꿀벌부채명나방 [*Galleria mellonella* (L.)] 사육을 위한 경제적 인공사료 개발

이승욱<sup>1</sup> · 이동운<sup>2</sup> · 추호렬\*

경상대학교 응용생물환경학과 농업생명과학연구원, <sup>1</sup>주식회사 세실, <sup>2</sup>상주대학교 생물응용학과

## Development of Economical Artificial Diets for Greater Wax Moth, *Galleria mellonella* (L.)

Seung Wook Lee<sup>1</sup>, Dong Woon Lee<sup>2</sup> and Ho Yul Choo\*

Department of Applied Biology and Environmental Sciences, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

<sup>1</sup>Sesil Corporation, Nonsan 320-833, Korea

<sup>2</sup>Department of Applied Biology, Institute of Agricultural Sciences, Sangju National University, Sangju 742-711, Korea

**ABSTRACT** : This research was carried out to develop economical artificial diets of the greater wax moth, *Galleria mellonella* (L.). Diets were mixed with malt or sugar instead of whole honey for cheaper ones. Fecundity, developmental period, pupation rate, emergence rate and adult longevity of *G. mellonella* depending on diet were examined. The head width and length of larvae were not significantly different among diets tested. However, the weight of larva was the heaviest, 255.5 mg, at 1/2 honey + 1/2 malt diet and lightest, 144.3 mg, at sugar diet. The weight of pupa was also the heaviest at 1/2 honey + 1/2 malt representing 196.7 mg. Larval period was the shortest at honey diet as 30.9 days but the longest at sugar diet as 36.5 days. Pupation and emergence rates were over 79.3% at all diets. The longevity of mated females was ranged from 6.3 to 8.0 days and those of mated males ranged from 7.9 to 11.2 days. The highest number of eggs, 1269, was obtained at sugar diet. Artificial diets replaced by rice bran, malt, and sucrose reduced costs compared with wheat bran plus honey diet. The cost of rice bran was only 10% of wheat bran. Honey was much more expensive than malt and sugar, that is 6 and 13 times, respectively.

**KEY WORDS** : Artificial diet, *Galleria mellonella*, Honey, Sucrose, Rice bran

**초 록** : 본 연구는 꿀벌부채명나방의 경제적 사육을 위한 인공사료 개발을 위하여 수행하였다. 가격이 비싼 벌꿀을 대체하여 물엿과 설탕을 이용한 사료별 꿀벌부채명나방의 발육과 발육기간 및 산란수, 성충 수명 등을 조사하였다. 당 종류별 유충의 두께와 체장은 비슷하였으나 체중은 1/2벌꿀 + 1/2물엿 처리가 255.5 mg으로 가장 무거웠고, 설탕은 144.3 mg으로 가장 가벼웠다. 꿀벌부채명나방 번데기의 체중도 1/2벌꿀 + 1/2물엿이 196.7 mg으로 가장 무거웠다. 당 종류별 꿀벌부채명나방의 유충 발육기간은 벌꿀이 포함된 사료가 30.9일로 가장 짧았으며 설탕은 36.5일로 가장 길었다. 꿀벌부채명나방의 용화율과 우화율은 79.3% 이상이였다. 모든 사료에서 꿀벌부채명나방의 교미 성충의 수명은 암컷이 6.3~8.0일이었고, 수컷은 7.9~11.2일이였다. 사료별 꿀벌부채명나방 암컷 성충의 산란수는 설탕물 첨가 사료에서 1,269개로 가장 많았다. 당 종류별 인공사료 구성에 대한 비용은 밀기울이 쌀겨보다 10배 정도 많았으며, 벌꿀은 물엿과 설탕의 6배와 13배였다.

**검색어** : 인공사료, 꿀벌부채명나방, 벌꿀, 설탕, 쌀겨

\*Corresponding author. E-mail: hychoo@gnu.ac.kr

꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*)은 나비목 명나방과(Pyralidae)에 속하는 꿀벌양봉장의 벌집을 가해하는 해충으로서 전 세계적으로 분포하고 있다(Arnett, 1985). 크기는 25~35 mm이고, 뒷날개는 자주빛을 띤 갈색에 앞날개는 반점이 있고, 날개 뒷부분은 옅은 갈색이거나 누른빛을 띤다. 알은 올리브 모양으로 크기는 0.5 mm이고 옅은 붉은색을 띠고 있다(Charriere and Anton, 1997).

곤충의 인공사료 연구는 곤충의 발육과 밀접한 관계가 있는 먹이를 균일화하여 먹이를 쉽게 공급함으로써 일정한 발육조건에서의 성장 및 생리에 관한 기초연구를 수행하고, 나아가 실험곤충의 대량 사육법을 확립함으로써 공시충을 원활하게 공급할 뿐만 아니라 천적, 응성불임 또는 병원미생물의 생산에 이용된다. 더욱이 곤충생리활성물질인 호르몬 또는 페로몬 연구에도 적용되어 새로운 해충방제를 위한 선행조건의 수단으로서 인공사료를 개발하고 있다(Sin *et al.*, 1997).

꿀벌부채명나방은 감수성이 높고, 사육과 사용이 용이하기 때문에 전 세계적으로 곤충병원미생물이나 천적의 대체기주로서 활발히 이용되고 있는데 특히 토양 내에 있는 곤충병원성 선충의 미끼기주로 많이 이용되고 있고 (Bedding and Akhurst, 1975), 이외에도 곤충병원성 선충 (*Steinernema* spp.와 *Heterorhabditis* spp.)의 증식 기주 및 생태연구의 공시충으로 가장 널리 사용되고 있다 (Woodring and Kaya, 1988; Fan and Hominick, 1991). 또한 *Podisus maculiventris* 노린재(Patrick *et al.*, 1998), *Exorista larvarum* 기생파리의 기주 등으로 이용되고 있기도 하며, 호르몬(Lee *et al.*, 1994)과 관련된 연구를 비롯한 여러 가지 실험 재료로 많이 사용되고 있다.

꿀벌부채명나방에 대한 우리나라의 연구들은 양봉장의 해충으로서 방제에 중점을 둔 연구들만 수행되었다(Lee *et al.*, 1991; Oh *et al.*, 1995). 그리고 Hwang *et al.* (1998)은 실내 사육온도가 꿀벌부채명나방 발육에 미치는 영향을 연구한 바 있다. 그러나 곤충병원성 선충이나 곤충병원성 곰팡이의 대체 기주 및 병원성 검정을 위한 공시충으로 이용하기 위해서는 꿀벌부채명나방의 대량사육이 필요하고, 실내사육을 위해서는 인공사료의 개발이 필요하다.

꿀벌부채명나방의 인공사료에 관한 연구는 1975년 Poinar가 곡물과 글리세롤, 벌꿀을 주원료로 하는 인공사료를 제시한 이래 밀겨나 쌀겨를 주 곡물원으로 하는 사료의 이용이 제시되고 있다(Woodring and Kaya, 1988; Kim, 1993). 그러나 이들 인공사료에 들어가는 당(糖)의

주원료인 벌꿀의 경우 가격이 비싸기 때문에 꿀벌부채명나방의 생육에 영향을 미치지 않거나 적게 미치면서 쉽고 싸게 구할 수 있는 당원(糖原)의 개발이 절실히 요구되고 있다. 따라서 본 연구는 꿀벌부채명나방의 경제적 사육을 위한 인공사료의 개발을 위하여 벌꿀을 대체할 수 있는 재료를 개발하기 위하여 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 실험곤충

2001년 3월 전라북도 무주에 있는 양봉장에서 벌집을 가해하던 꿀벌부채명나방 노숙유충을 채집하여 실험실로 가져와 사육하면서 건강한 번데기로부터 우화된 성충의 알을 인공사료로 증식 시켰다. 사육은 30°C의 항온기에서 24시간 암조건 하에서 수행하였다. 실험을 수행하기 전까지 꿀벌부채명나방 유충의 사육은 Kim (1993)의 방법을 응용하여 만든 사료를 공급하면서 누대사육 하였다.

### 인공사료

꿀벌부채명나방을 증식하는 인공사료로 기존에는 Poinar (1975)가 개발한 방법을 주로 활용하고 있으나 우리나라에서는 벌꿀의 값이 비싸 이들 사료를 이용할 경우 사육비용이 상대적으로 많이 든다. 따라서 상업적으로 생산비가 적게 드는 인공사료를 개발하기 위하여 벌꿀을 대체할 수 있는 당원을 찾고자 현재 시중에서 판매되고 있는 3가지 종류의 당원을 이용하여 실험을 수행하였다. 실험에 이용한 인공사료의 조성은 Table 1과 같았다. 각 사료를 골고루 섞은 후 127°C의 고압멸균기에서 15분간 살균하였다. 그리고 대조구로 Poinar (1975)가 개발한 사료 (Table 1, E)를 사용하였다.

당 종류별 인공사료는 벌꿀(A type), 1/2벌꿀 + 1/2물엿 (B type), 물엿(C type), 설탕(D type)으로 구분하여 꿀벌부채명나방을 사육하였다.

### 당 종류별 꿀벌부채명나방의 발육

각 조성사료가 꿀벌부채명나방의 발육에 미치는 영향을 알아보기 위해서 알 기간, 유충 기간, 번데기 기간, 용화율, 우화율, 성충수명, 산란수를 조사하였다.

**Table 1.** Compositions of artificial diets for *Galleria mellonella* rearing with different sucrose source

Components	Diet composition <sup>1</sup>				
	A	B	C	D	E <sup>2</sup>
Honey (mℓ)	200	100	0	0	200
Malt (mℓ)	0	100	200	0	0
Sugar (g)	0	0	0	300	0
Wheat bran (mℓ)	1200	1200	1200	1200	2400
Rice bran (mℓ)	1200	1200	1200	1200	0
Glycerin (mℓ)	200	200	200	200	200
Multi-vitamin	0.9	0.9	0.9	0.9	12
Calcium propionate (g)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Yeast (tsp)	1	1	1	1	1
Water (mℓ)	100	100	100	100	100

<sup>1</sup> Diets for rearing of about 5 hundreds of *G. mellonella* larvae.

<sup>2</sup> Diet for *G. mellonella* by Poinar (1975).

### 1) 알기간, 유충기간, 번데기기간

알 기간을 알아보기 위하여 각 조성사료에서 사육하여 우화된 꿀벌부채명나방 성충에서 채란한 알을 9×1.5 cm 페트리접시에 넣고, 30℃, 24 시간 암조건의 향온기에 두고 매일 부화 유무를 조사하였다. 채란은 우화된 성충이 있는 사육용기 내에 Kimwipes® (215×210 mm) (유한킴벌리, 경기 군포)를 산란대지로 공급하여 24시간 후에 산란대지를 꺼내어 현미경 하에서 알 수를 조사한 다음 페트리접시에 넣어 조사하였다.

유충 기간을 알아보기 위하여 산란대지에서 채란한 알이 부화된 것을 확인한 후 Table 1로 조제한 각각의 인공사료를 넣은 21×22 cm 원통플라스틱 용기에 넣었다. 처리 후 플라스틱 사육 용기는 30℃, 24시간 암조건의 향온기에 넣고, 관리하였는데 한 개의 플라스틱 용기를 한 반복으로 4반복 처리하였다.

번데기 기간을 알아보기 위하여 유충기간의 조사에서 번데기가 된 개체들을 당일 확인한 다음 매일 각 개체들의 부화 유무를 조사하였다.

### 2) 유충과 번데기의 두폭과 체중, 체장 조사

Table 1로 조제한 각각의 인공사료에서 생육 중이던 꿀벌부채명나방 유충의 두폭, 체장, 체중의 조사는 실내에서 꿀벌부채명나방 유충기까지의 기간이 30℃일 때 43.4일이기 때문에(Hwang et al., 1998) 산란된 지 40일 후의 유충 50마리씩을 임의로 취하여 조사를 하였다. 두폭과 체장의 측정은 꿀벌부채명나방 유충의 이동을 방지하기 위해 -10℃ 냉동실에 10초간 넣었다가 움직임을 둔화시킨

후, 해부현미경과 화학천평을 이용하여 조사하였다.

꿀벌부채명나방 번데기의 체장과 체중 조사는 21×22 cm 원통플라스틱 용기에서 사육 중이던 꿀벌부채명나방 번데기 10개씩을 임의로 선발하여 해부현미경과 화학천평을 이용해서 조사하였는데 실내에서 꿀벌부채명나방의 발육기간이 30℃일 때 번데기 기간이 52.7일이기 때문에(Hwang et al., 1998) 50일째에 조사를 하였다.

### 3) 용화율과 우화율 조사

용화율은 유충기간 조사를 위해 사육하던 것과 동일한 방법으로 유충을 사육하여 40일 후에 각각의 인공사료에서 키우던 유충들을 100마리씩 3반복으로 무작위로 잡아내어 12×17.5 cm 원통플라스틱 용기에서 사육하면서 매일 용화되는 수를 조사하였고, 우화율은 용화된 꿀벌부채명나방을 9×1.5 cm 페트리접시에 1개씩 옮겨 넣은 후, 매일 우화 유무를 조사하였다.

### 4) 성충 수명과 산란수

인공사료 조성별 꿀벌부채명나방 성충의 수명조사는 각각의 인공사료에서 유충 및 번데기기간동안 사육하여 우화 된 성충의 수명을 조사하였는데 교미를 하면서 살아 가는 성충의 수명을 조사하였다. 조사는 9.5×5 cm 원통플라스틱 용기에 암수 1마리씩을 넣고, 성충이 죽을 때까지 매일 조사하였다. 5반복으로 수행하였다.

사료별 꿀벌부채명나방의 산란수 조사는 각각의 인공사료로 사육 중이던 colony로부터 우화해 나오는 성충 중, 24시간 내의 암수 1마리씩을 선발하여 9.5×5 cm 플라스틱

용기에 넣었다. 여기에 20×21 cm 크기의 Kimwipes<sup>®</sup>를 1/4 크기로 잘라 1장을 집어넣고, 산란을 유도하였다. 그리고 매일 Kimwipes<sup>®</sup> 용지를 갈아주면서 해부현미경 하에서 산란된 알의 수를 조사하였다. 산란수 조사는 암컷이 죽을 때까지 매일 조사하였으며, 수컷이 먼저 죽게 되면 새로운 수컷을 넣어 주면서 조사를 하였다.

### 인공사료별 비용분석

꿀벌부채명나방을 인공사료 조성에 사용된 모든 원료들의 비용 산출은 2002년 10월의 종합물가정보와 인터넷을 통하여 얻어진 가격정보를 기준으로 분석하였다.

### 통계분석

인공사료 조성별에 따른 꿀벌부채명나방 유충과 번데기의 체장, 체중 및 난기간, 유충기간, 번데기기간, 우화율, 용화율, 산란수, 성충수명은 Tukey test (PROC ANOVA)로 처리 평균간 차이를 분석하였다(Cho, 1996).

## 결 과

### 알기간, 유충기간, 번데기기간

인공사료 당원의 종류별로 꿀벌부채명나방을 사육하였

을 때 총태별 소요 발육기간은 Table 2와 같았다.

각 사료별 꿀벌부채명나방의 알기간(df = 3, 36, F = 3.42, P = 0.0272)과 유충기간(df = 3, 36, F = 8.78, P = 0.0002), 번데기기간(df = 3, 36, F = 12.52, P = 0.0001)은 벌꿀과 물엿을 혼합 처리한 사료를 공급한 처리에서 각각 6.6일, 30.9일, 6.9일로 총 44.4일이 소요되었으며 벌꿀 혼합 사료에서는 각각 5.6일, 31.4일, 8.9일로 총 45.9일이 소요되었다. 반면 설탕물 혼합 사료 처리에서는 6.8일, 36.5일, 9.3일로 총 52.5일이 소요되었다.

### 유충과 번데기의 생장

각 사료에서 사육시킨 꿀벌부채명나방 유충의 두폭과 체장 및 체중은 Table 3과 같았다.

당 종류에 따라 유충의 생육은 차이를 보였는데 두폭은 벌꿀과 물엿을 1:1로 혼합한 사료를 공급한 처리에서 1.99 mm로 가장 넓었으나(df = 3, 196, F = 10.34, P = 0.0001) 체장은 21.01 mm로 가장 짧았다(df = 3, 196, F = 25.65, P = 0.0001). 체중은 벌꿀과 물엿을 1:1로 혼합한 사료를 공급한 처리에서 255.5 mg으로 가장 높았으며 벌꿀 첨가 사료에서는 238 mg, 설탕물 첨가 사료에서는 144.3 mg으로 차이가 있었다(df = 3, 196, F = 164.3, P = 0.0001).

인공 사료 내 당원의 종류별에 따른 꿀벌부채명나방 번데기의 체장과 체중을 조사한 결과는 Table 4와 같았다.

체장은 벌꿀사료에서 17.2 mm로 가장 길었으나 벌꿀과

**Table 2.** Developmental period (mean±SD) of *Galleria mellonella* reared on artificial diets with different sucrose source

Sucrose source	Development period (days±SD)			
	Egg	Larva	Pupa	Total
Honey	5.6±1.2 b*	31.4±3.6 b	8.9±0.7 a	45.9±3.5 b
Malt	6.8±0.4 a	35.3±3.3 a	7.9±1.3 b	50.0±2.7 a
1/2 honey + 1/2 malt	6.6±1.2 a	30.9±2.6 b	6.9±0.9 c	44.4±3.3 b
Sugar	6.8±1.0 a	36.5±2.6 a	9.3±1.0 a	52.5±3.4 a

\* Means between the lowercase letter are not significantly different (Tukey test,  $P < 0.05$ ).

**Table 3.** Larval size (mean±SD) of *Galleria mellonella* reared on artificial diets with different sucrose source (n = 50)

Sucrose source	Larval measurement		
	Head width (mm)	Length (mm)	Weight (mg)
Honey	1.96±0.06 ab*	22.48±1.27 a	238.0±33.8 b
Malt	1.94±0.08 bc	23.03±0.93 a	171.8±23.6 c
1/2Honey + 1/2Malt	1.99±0.07 a	21.01±1.12 b	255.5±32.4 a
Sugar	1.90±0.11 c	22.46±1.44 a	144.3±25.7 b

\* Means between the lowercase letter are not significantly different (Tukey test,  $P < 0.05$ ).

**Table 4.** Pupal length and weight (mean±SD) of *Galleria mellonella* reared on artificial diets with different sugar sources (n = 10)

Pupa measurement	Sucrose source			
	Honey	Malt	1/2 honey + 1/2 malt	Sugar
Length (mm)	17.24±0.73 a*	15.25±1.21 b	16.84±0.72 a	13.91±0.60 c
Weight (mg)	151.3±14.2 b	155.0±16.8 b	196.7±19.3 a	113.3±9.8 c

\* Means within the lowercase letter are not significantly different (Tukey test,  $P < 0.05$ ).

물엿을 1:1로 혼합한 사료의 16.8 mm와 차이가 없었으나 (df = 3, 36,  $F = 32.53$ ,  $P = 0.0001$ ) 체중은 벌꿀과 물엿을 1:1로 혼합한 사료무게에서 196.7 mg으로 가장 무거웠고, 설탕물 첨가 사료에서는 체장과 체중이 적었다(df = 3, 36,  $F = 43.03$ ,  $P = 0.0001$ ).

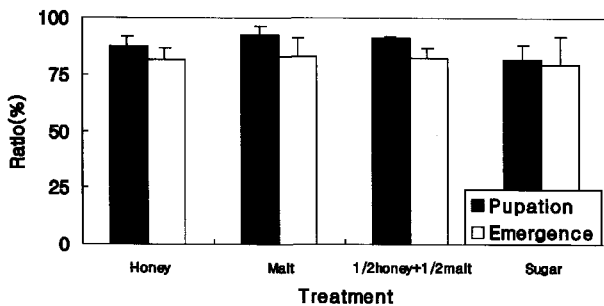
**용화율과 우화율**

각 사료별 꿀벌부채명나방의 용화율과 우화율은 Fig. 1과 같았다.

용화율은 물엿 첨가사료에서 92.3%로 가장 높았으며 설탕물 첨가사료에서는 81.3%로 가장 낮았으나 유의성은 없었다(df = 3, 8,  $F = 3.62$ ,  $P = 0.0649$ ). 사료에 첨가된 당원의 종류는 우화율에 영향을 미치지 않았다(df = 3, 8,  $F = 0.13$ ,  $P = 0.9401$ ).

**성충의 수명과 산란수**

각각의 사료에서 사육하여 우화시킨 꿀벌부채명나방들을 교미시키면서 수명을 조사한 결과(Fig. 2) 암컷 수명은 설탕물 혼합 사료에서 사육한 집단이 8일로 가장 길었으며(df = 3, 36,  $F = 2.87$ ,  $P = 0.0498$ ) 수컷의 수명은 벌꿀과 물엿을 혼합하여 처리한 것이 11.2일로 가장 길었다(df = 3, 36,  $F = 2.87$ ,  $P = 0.0498$ ). 모든 처리에서 암컷에 비해 수컷의 수명이 길었다.

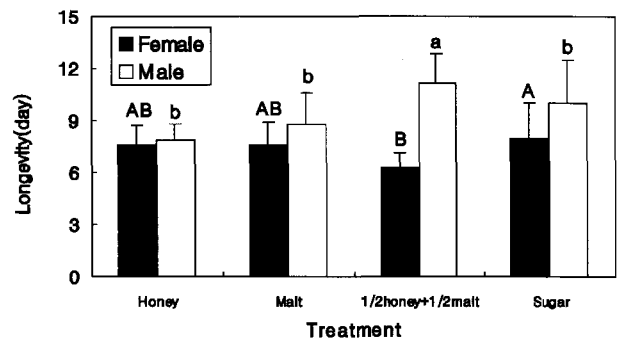


**Fig. 1.** Pupation and emergence ratio of *Galleria mellonella* depending on artificial diets.

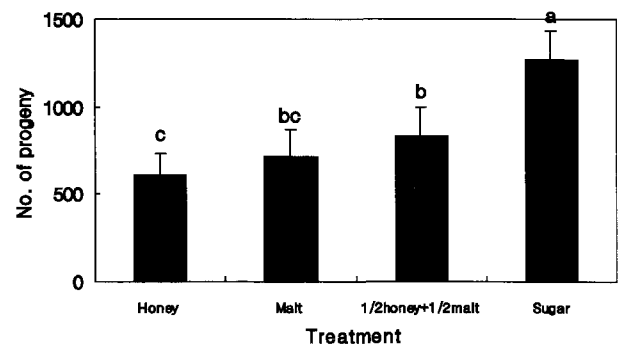
꿀부채명나방 암컷이 사망할 때까지 산란수는 설탕물 첨가 사료에서 1269개로 가장 많았으며 벌꿀 첨가사료에서 612개로 가장 적었다(df = 3, 38,  $F = 39.15$ ,  $P = 0.0001$ ) (Fig. 3).

**사료별 비용분석**

사료별 인공사료 조성에 대한 비용은 Table 5와 같았다. 사료별 인공사료 조성에 대한 당원의 비용은 단위무게



**Fig. 2.** Adult longevity of *Galleria mellonella* depending on artificial diets with different sugar source (n = 10). The same uppercase and lowercase letters over the bars indicated that there is no significantly different among means (Tukey test,  $P < 0.05$ ).



**Fig. 3.** Number of eggs laid by a female *Galleria mellonella* emerged from the larvae reared on artificial diets with different sugar source (n = 10). The same lowercase letter over the bars indicated that there is no significantly different among means (Tukey test,  $P < 0.05$ ).

**Table 5.** Unit cost of each artificial diet for *Galleria mellonella* based on Korea price information index in October, 2002

Ingredients	Unit cost (Won, W) of diet <sup>1</sup>				
	A	B	C	D	E
Honey	2,778	1,389	0	0	2,778
Malt	0	244	487	0	0
Sugar	0	0	0	212	0
Wheat bran	953	953	953	953	1,906
Rice bran	92	92	92	92	0
Glycerin	1,512	1,512	1,512	1,512	1,512
Multi-vitamin	120	120	120	120	120
Yeast	162	162	162	162	162
Calcium propionate	165	165	165	165	165
Water	0	0	0	0	0
Total	5,782	4,937	3,491	3,216	6,643

<sup>1</sup> See table 1 for the amount of each ingredient of diets.

당 물엿은 487원, 설탕은 212원인 반면 벌꿀은 2,778원으로 훨씬 많은 비용이 들었다. 따라서 꿀벌부채명나방 유충 500마리를 사육하는데 드는 각 사료별 경제적 비용은 A형 조성사료는 5,782원, B형 조성사료는 4,937원, C형 조성사료는 3,491원, D형 조성사료는 3,216원이 소요되는 것으로 나타났으며 기존에 이용되고 있는 E형 조성사료의 조재비용은 6,643원이었다.

## 고 찰

곤충이 정상으로 발육하여 세대를 순환하기 위해서는 천연의 먹이를 필요로 하는 경우도 있고, 그렇지 않은 경우도 있다. 그러나 곤충을 연구 등 특별한 목적으로 대량 확보할 필요가 있을 경우 천연의 먹이로는 여러 가지 어려움이 많다. 먹이가 연중 자연 생산되지 않거나 자연적으로 공급할 수 있는 먹이일지라도 계절에 따라 질이 고르지 않고 대량 확보가 어렵고, 신선도의 지속적인 유지 등에서 문제점이 있다(Kim, 1993). 이러한 어려움을 해결하기 위하여 대체사료나 인공사료가 개발되어 과거에는 사육이 어려웠던 초식성 곤충뿐만 아니라 포식성 곤충과 기생성 곤충 등도 대량으로 사육할 수 있게 되었다(Kim, 1993; Seol *et al.*, 2005).

꿀벌부채명나방 유충은 사육이 용이하고 곤충병원성 선충 등 병원미생물에 대하여 감수성이 높으며 낚시 미끼나 야생 조류의 먹이로도 가치가 있기 때문에 미국 등에서는 실험실에서 많이 사육하고 있다. 실험실에서 꿀벌부

채명나방 대량사육은 천연의 먹이인 벌집 대신 인공사료로 사육하고 있다(Kim, 1993).

곤충의 종에 따라 인공사료의 조성이나 비율은 차이가 있는데(Kim, 1993; Sul *et al.*, 2005) 곡물 소재들은 나방류 곤충의 인공사료로 많이 이용되고 있다(Beck and Stauffer, 1950). 꿀벌부채명나방과 같이 많은 종류의 나방류 곤충의 인공사료로 밀이 포함되는데, 밀겨는 비타민 C를 비롯한 18종의 아미노산과 단백질, 당, 글리세린, 인지질, 비타민 B, 토코페롤, 카로틴 및 21종의 미네랄 요소, 그리고 50종 이상의 효소를 포함하고 있다(MacMaster *et al.*, 1971). 그러나 이러한 곡물류나 부산물들은 대체원을 이용하기도 하는데 쌀 생선이 많은 일본에서는 꿀벌부채명나방의 사육에 밀겨의 양을 줄이는 대신 쌀겨를 이용하기도 한다(Kim, 1993). 한편 Ladd (1986)는 sucrose, maltose, fructose, glucose와 같은 탄수화물이 왜콩풍뎅이의 섭식유도물질이라고 하였는데 이와 같은 영양분의 침착은 곤충의 발육에 영향을 미친다. 따라서 본 연구는 상업적으로 최소의 비용으로 최대의 효과를 얻기 위하여 꿀벌부채명나방을 대량 사육하는데 사용되는 인공사료 중 우리나라에서 상대적으로 경제적 비용이 많이 드는 벌꿀 대신에 물엿이나 설탕물을 대체하여 저가의 인공사료를 개발하고자 하였는데, 밀기울이 1,200 ml당 953원에 비하여 쌀겨는 92원으로 10배 정도 가격 차이가 있었고, 벌꿀은 200 ml당 2,778원에 비하여 물엿과 설탕은 각각 487원, 212원으로 6배와 13배 정도의 차이가 있었다.

꿀벌부채명나방을 대량사육 할 경우 비용이 중요한 부분인데 본 실험에서 벌꿀의 대체원으로 이용한 물엿이나

설탕물 모두에서 사육이 되어 비용면에서는 물엿이나 설탕물이 가장 저렴하였다. 그러나 곤충의 사육에 있어 사육 기간이나 사육된 곤충의 양과 질도 중요한 인자의 하나이다. 각 사료별 꿀벌부채명나방의 유충기간은 벌꿀에서는 31.4일이었고, 물엿은 35.3일이었으며, 벌꿀과 물엿을 1:1로 혼합한 것에서는 30.6일, 설탕물 첨가사료에서는 36.5일이었다. 따라서 꿀벌부채명나방을 빠른 시간 내에 생산하고자 할 때는 벌꿀과 물엿을 혼합하여 사육하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

꿀벌부채명나방 유충의 무게는 목적에 따라 필요로 하는 것이 다르다. 즉, 곤충병원성 선충의 생산에는 주로 180~200 mg의 유충이 많이 이용된다(Kaya and Gaugler, 1990). 본 연구에서는 설탕을 포함한 사료를 제외한 모든 사료에서 노숙유충의 무게가 180 mg 이상으로 설탕을 제외한 인공사료로 사육할 경우 곤충병원성 선충의 증식 기주로는 문제가 되지 않을 것으로 생각된다.

꿀벌부채명나방의 산란수는 벌꿀 첨가사료에서 612개, 물엿 첨가사료에서 716개, 벌꿀과 물엿 혼합 처리에서 828개, 설탕물 첨가사료에서 1,269개로 차이를 보였다. 자연 상태에서 꿀벌부채명나방의 산란수는 1,000개 이상으로 알려져 있는데(Nielsen and Brister, 1979) 실내실험에서 Hwang et al. (1998)은 소비를 먹이로 공급하였을 때 30°C에서 산란수는 1,449개라고 하였으며 Oh et al. (1995)은 설탕물을 먹이로 공급하여 산란수를 조사한 결과 395개라고 하여 실험의 조건에 따라 많은 차이를 보였다. 산란수만을 고려 대상으로 하였을 경우에는 설탕물을 첨가하여 꿀벌부채명나방을 사육하는 것이 가장 경제적일 것으로 판단되나 체중이 많이 나가는 유충의 확보를 위해서는 바람직하지 않을 것으로 보여 이용할 유충의 상태를 고려하여 판단하여야 할 것으로 생각된다.

각 인공사료에서의 꿀벌부채명나방의 부화율은 모든 사료에서 95% 이상이었다. 그러나 용화율은 81.3-92.3%였으며 우화율은 79.3-83%였다. 비록 사료에 첨가된 당의 종류에 따른 용화율과 우화율이 통계적인 차이는 없었지만 설탕물 첨가 사료에서 비교적 낮게 나타났다. 한편 Hwang et al. (1998)은 실내에서 소비를 먹이로 공급하면서 꿀벌부채명나방의 생육을 조사하였을 때 30°C에서 용화율은 98.8%, 우화율은 89.8%라고 하여 본 조사와 약간의 차이를 보였는데 이는 공급한 사료와 실험조건이 다소 차이가 있었기 때문으로 생각된다.

교미한 꿀벌부채명나방 성충의 수명은 4가지 사료 모두에서 수컷이 더 오래 사는 것으로 나타났으나 암컷의 수명은 설탕물 첨가사료의 것이 8일로 가장 길었다. 이러한

결과는 설탕물 첨가 사료에서 사육된 성충의 산란수가 많은 것과 관련이 있을 것으로 생각된다. 한편 흥미로웠던 것은 교미를 하지 않았던 성충은 암수 모두 17일 이상 생존하여 교미한 성충들에 비하여 수명이 길었다(Observation data).

꿀벌부채명나방의 경제적 인공사료를 만들기 위해 가격면에서 상대적으로 비용이 많이 드는 벌꿀의 대체 물질을 찾기 위하여 물엿과 설탕물, 벌꿀과 물엿을 혼합한 결과 생육기간과 성충수명, 산란수 등에 차이를 보였다. 무게가 많이 나가는 유충의 생산이나 단기간에 종령 유충을 확보하기 위해서는 벌꿀이나 벌꿀과 물엿을 혼합한 사료를 이용하여야 할 것으로 생각되며 개체수를 늘리기 위해서는 설탕물을 첨가한 배지가 실용성이 있을 것으로 생각되어 목적하는 바에 따라 첨가하는 당의 종류를 결정하여야 할 것이다. 한편 누대사육이 꿀벌부채명나방의 도태 여부에 미치는 영향이나, 주변에서 쉽게 확보할 수 있는 인공사료의 소재에 대한 연구들은 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 사 사

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행된 연구 결과입니다. 실험의 조사와 수행에 도움을 준 경상대학교 선충실험실 실원들에 감사를 표합니다.

## Literature Cited

- Arnett, R.H. 1985. *Galleria mellonella*. In American Insect. p. 570. Published by van Nostrand Reinhold Company Inc. New York, USA.
- Beck, S.D. and J.F. Stauffer. 1950. An aseptic method for rearing European corn borer larvae. J. Econ. Entomol. 43: 4-6.
- Bedding, R.A. and R.J. Akhurst. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. Nematologica 21: 109-110
- Charriere, J.D. and I. Anton. 1997. Protection of honey combs from moth damage. Swiss Bee Research Center. Communication Nr. 24.
- Cho, I.H. 1996. Practice and application of SAS. 665pp. Sungandang Pub. Co. Seoul.
- Fan, X. and W.M. Hominick. 1991. Efficacy of the *Galleria* (wax moth) baiting technique for recovering infective stages of entomopathogenic rhabditids (Steinernematidae and Heterorhabditid) from sand and soil. Revue Nématol. 14: 381-387.
- Hwang, S.J., Y.I. Mah, M.Y. Lee and H.S. Bang. 1998. The development of great wax moth, *Galleria mellonella* L., on the

- various rearing temperatures in the laboratory condition. Kor. J. Apicul. 13: 73-78.
- Kaya, H.K. and R. Gaugler. 1990. Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC Press. Boca Raton
- Kim. C.H. 1993. Method of insect rearing. Gyeongsang National University Press. Jinju. 313pp.
- Ladd, T.L.Jr. 1986. Influence of sugars on the feeding response of Japanese beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). J. Econ. Entomol. 79: 668-671.
- Lee, H.I., J.S. Ryou and K.R. Lee. 1994. Trehalose, cAMP concentration and juvenile hormone esterase activity during the metamorphosis in the great wax moth, *Galleria mellonella*. Kor. J. Entomol. 24: 49-56.
- Lee, M.L., M.Y. Choi and K.S. Choi. 1991. Control effects of *Galleria mellonella* in honeybee combs with aluminium phosphide, its residues and safety on honeybees. Kor. J. Apicul. 6: 12-15.
- MacMasters, M.M., J.J.C. Hinton and D. Bradbury. 1971. Microscopic structure and composition of the wheat kernel. In Wheat chemistry and technology ed. by Y. Pomeranz, 3: 51-113. St. Paul. Minn: Am. Assoc. Cereal Chemists. 821pp.
- Nielsen, R.A. and C.D. Brister. 1979. The great wax moth: adult behavior. Ann. Entomol. Soc. Am. 70: 101-103.
- Oh, H.W., M.Y. Lee and Y.D. Chang. 1995. Development periods and damage patterns of combs by the great wax moth, *Galleria mellonella*. Kor. J. Apicul. 10: 5-10.
- Patrick, D.C., F. Merlevede and L. Tirry. 1998. Unnatural prey and artificial diets for rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). Biol. Contr. 12: 137-142.
- Poinar, G.O.Jr. 1975. Entomogenous nematodes: a manual and host list of insect-nematode association. E.J. Brill. Leiden. The Netherlands. p. 27.
- Seol, K.Y., H.S. Kim and B.Y. Choi. 2005. Insect rearing methods. Hanrimwon. Seoul. 294pp.
- Sin, W.K., H.G. Kim and K.Y. Cho. 1997. Effect of the composition of artificial diets on the growth and development of a beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Kor. J. Entomol. 27: 181-184.
- Woodring, J.L. and H.K. Kaya. 1988. Steinernematidae and Heterorhabditidae nematodes: a handbook of techniques. Southern Coop. Ser. Bull. 331, Alkansas Agri. Exp. Stn. Fayetteville, AR. 29pp.

(Received for publication July 13 2007;  
accepted August 28 2007)