

인공사료를 이용한 뒷흰가는줄무늬밤나방(*Mythimna loreyi*) (나비목: 밤나방과)의 효율적인 대량 사육 방법

백성훈 · 김은영¹ · 정진교¹ · 박창규*

한국농수산대학교, ¹국립식량과학원 재배환경과

Efficient Mass-rearing Method of *Mythimna loreyi* (Lepidoptera: Noctuidea) using Artificial Diets

Sunghoon Baek, Eun Young Kim¹, Jin Kyo Jung¹ and Chang-Gyu Park*

Department of Agriculture and Fisheries Convergence, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

¹Crop Cultivation and Environment Research Division, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea

ABSTRACT: A lot of individuals of *Mythimna loreyi* have been attracted to the sex-pheromone traps of *Spodoptera frugiperda* during recent few years. However, there is no information about this pest. Thus, an efficient mass-rearing method of *M. loreyi* is demanded to study this pest. In this study, we compared the effects of artificial diets and rearing methods on its larval development and oviposition to suggest an efficient mass-rearing method of *M. loreyi*. Between *S. frugiperda* and *Agrotis ipsilon* artificial diets, *A. ipsilon* diet showed more rapid larval development with higher survivorship, and decreased pupa weights and oviposition numbers compared to *S. frugiperda* diet. Moreover, a grouping rearing caused more rapid larva development, decreased pupa weight and survivorship compared to an individual rearing. Therefore, for mass-rearing of *M. loreyi*, it is considered efficient to rear the newly emerged larvae in groups using *A. ipsilon* artificial diet and then rearing them individually after second or third larval stadium.

Key words: *Mythimna loreyi*, Artificial diet, Individual rearing, Group rearing, Mass rearing

초록: 뒷흰가는줄무늬밤나방은 열대거세미나방 성페로몬 트랩에 지속적으로 상당수 유인되는 있는 비래해충이지만, 국내에서 뒷흰가는줄무늬밤나방에 대한 정보는 매우 미흡한 실정이다. 향후 뒷흰가는줄무늬밤나방에 대한 다양한 연구 진행을 위해서는 대량사육에 관한 선행연구가 요구된다. 본 연구에서는 뒷흰가는줄무늬밤나방 대량사육을 위한 인공사료 2종의 개별 및 조합 공급과, 집단 또는 개체사육이 발육 및 산란에 미치는 영향을 분석하였다. 기존 나방류 사육용 2종의 인공사료에 대한 발육특성을 비교한 결과, 검거세미나방 인공사료 제공시 유충은 높은 생존율과 빠른 발육을 보였으나, 번데기 무게는 감소하였다. 2종 인공사료 간 산란수에는 유의한($P < 0.05$) 차이가 없었다. 집단사육은 개체사육에 비해 유충의 빠른 발육과 번데기 무게 및 생존율 감소를 야기하였다. 또한, 먹이와 사육 방법에 따라 암컷과 수컷에 미치는 영향이 달랐다. 뒷흰가는줄무늬밤나방의 대량 사육을 위해서는 부화 직후 검거세미나방 인공사료를 이용해서 집단 사육한 후, 2령 혹은 3령 이후에는 개체사육하는 것이 효율적일 것으로 판단되었다.

검색어: 뒷흰가는줄무늬밤나방, 인공사료, 개체사육, 집단사육, 대량사육

뒷흰가는줄무늬밤나방(*Mythimna loreyi*)는 나비목 밤나방과에 속하며 벼과(Poaceae) 작물의 잎을 주로 가해하는 해충으로 알려져 있다(El-Sherif, 1972; Kim et al., 2022). 이 나방은

대부분의 아프리카, 인도와 호주의 열대 혹은 아열대 지역, 아시아와 유럽의 일부 지역 등에서 서식하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2022). 이들 지역에서 뒷흰가는줄무늬밤나방이 벼과 작물에서 어느 정도 피해를 가해하는지에 대한 연구나 벼(*Oryza sativa*) 외에 기주범위에 관한 연구 또한 전무한 실정이다. 이런 현황으로 볼 때, 뒷흰가는줄무늬밤나방은 기존 서식지

*Corresponding author: changgpark@korea.kr

Received August 24 2023; Revised October 27 2023

Accepted November 7 2023

에서 심각한 경제적 피해는 적은 것으로 보인다. 그러나, 일반적으로 새로운 지역으로 침입한 종은 천적이 없거나 기주 식물이 침입종에 대한 저항성을 가지지 못해 심각한 경제적 피해를 초래할 가능성이 있다(Lockwood et al., 2007). 특히, 뒷흰가는 줄무늬밤나방은 국내의 가장 중요한 식량작물인 벼에 대한 잠재해충인 만큼 주의가 필요하다.

국내에서 뒷흰가는 줄무늬밤나방은 1982년에 최초로 보고되었다(Ahn et al., 1994). 이후 2019년 비래해충인 열대거세미나방(*Spodoptera frugiperda*) 예찰용 성페로몬 트랩에 지속적으로 포획되면서 국내 토착화에 대한 우려까지 제기되었다(Jung et al., 2020b). 이에, 국내에서 월동 가능성, 국내에서의 기주범위, 벼과 주요 작물에 대한 피해해석, 표본조사 방법, 비래경로 추적, 국내 발생 현황 등 다양한 연구들이 요구되고 있다.

국립식량과학원 중부작물부에서는 뒷흰가는 줄무늬밤나방 사육을 위해 열대거세미나방 유충 사육을 위해 개발한 인공사료에 상용화된 검거세미나방(*Agrotis ipsilon*) 유충 사육용 인공사료(F9240B, Frontier Agricultural Science; Newark, USA)를 유충에 추가 공급하여 사육하고 있다(Jung et al., 2020a).

뒷흰가는 줄무늬밤나방의 인공사료를 선정하기 위한 선행연구에서 식량과학원에서 사용하고 있는 인공사료가 10세대 이상 안정적인 뒷흰가는 줄무늬밤나방 사육을 가능하게 하는 것으로 보고되었다(Kim et al., 2022). 또한 적정 사육용기(Jung et al., 2020a; Kim et al., 2022) 및 개체사육이 집단사육보다 온도와 상관없이 유충 발육에 유리하다고 증명된 바 있다(Hirai, 1975).

본 연구에서는 선행 연구를 바탕으로 뒷흰가는 줄무늬밤나방의 보다 효율적이고 안정적인 실내 대량 사육을 위해서 기 개발된 인공사료 2종의 개별 및 조합 공급과, 집단 또는 개체사육에 따른 발육 및 산란의 영향을 분석하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

실험 곤충 관리

뒷흰가는 줄무늬밤나방은 2021년 6월 경기도 수원시 국립식량과학원 중부작물부에서 유충을 분양받아 사육을 시작하였다. 100개체는 페트리디쉬(90×15 mm, SPL Life Sciences Co. Ltd.; Pocheon, Korea)에서 개별 사육하였고, 나머지 100개체 정도는 2개의 플라스틱 용기(232×310×310 mm, LoknLock Co.; Seoul, Korea)에 뚜껑에 철망(200 mesh, 70×90 mm)으로 공기 구멍을 만들고 바닥에는 2겹으로 키친타올을 깔아 집단 사육하였다. 먹이로는 Jung et al. (2020a)에 의해 개발된 인공사료에 증류수 양만 조절하여 사용하였다(Table 1). 개체사육의 경우에는 2주에 한 번씩 약 4 g 한 조각을, 집단사육의 경우에는 매주 약 4 g씩 네 조각을 공급하였다. 2022년 7월부터 개별 사육은 곤충사육용 페트리디쉬 대신에 곤충사육용 컵(9091, Frontier Agricultural Sciences)에 뚜껑(9093, Frontier Agricultural Sciences)에 해부용 바늘을 이용해서 12개의 구멍을 뚫어 사육하였다. 번데기들은 산란용 투명 아크릴 용기(260×310×310 mm, 주문 제

Table 1. The composition of artificial diets used in this study for rearing of *M. loreyi* larvae. The composition was same with the one of artificial diet (Jung et al., 2020a) developed for rearing of *S. frugiperda* larvae except for water amount

Ingredient	Unit	Amount
Pinto bean power (Frontier Agriculture Sciences; Newark, USA)	g	20
Wheat germ (Frontier Agriculture Sciences)	g	60
Soybean meal (Frontier Agriculture Sciences)	g	50
Whole milk power (Seoul Dairy Cooperative; Seoul, Korea)	g	20
Sugar (TS Co. Ltd.; Seoul, Korea)	g	10
Cellulose (Frontier Agriculture Sciences)	g	5
Ascorbic acid (Duksan Pure Chemicals; Ansan, Korea)	g	7
Vitamine mixture (Seoul Vet Pharma Co.; Seoul, Korea)	g	5
Methyl-p-hydroxybenzoate (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)	g	4
Wesson's salt mixture (Bio-Serv; Flemington, USA)	g	5
Sorbic acid (Junsei Chemical Co.; Tokyo, Japan)	g	2
Florfenicol (80g/kg) (Seoul Vet Pharma Co.)	g	0.2
Agar (Duksan Pure Chemicals)	g	23
Distilled water	ml	1,050

작)로 옮겨 우화와 교미, 산란을 유도하였다. 성충 먹이로는 10% 설탕물에 적신솜을 성충 용기 천장에 실로매 매달아서 공급하였다. 또한 두 겹 키친타올을 반으로 접어 틈을 만들고 천장 한쪽끝에 매달아 산란을 유도하였다. 모든 실험은 곤충사육실(25±1°C, 55±10%, 14:10h(L:D)) 조건에서 수행하였다.

먹이 조건에 따른 발육 및 산란

먹이 조건에 따른 발육 특성을 조사하기 위해 2종의 인공사료, 상용화된 검거세미나방 인공사료(F9240B, Frontier Agricultural Science)와 기 개발된 열대거세미나방 인공사료(Table 1; Jung et al., 2020b)를 이용하였다. 유충기간 동안 2회의 먹이 공급을 통해 발육이 완료되는 선행 연구 결과를 바탕으로 검거세미나방 인공사료(A)와 열대거세미나방 인공사료(B)를 조합으로 한 제공 방법은 총 4가지 경우로 처리하였다: A + A, A + B, B + B, B + A. 상용화된 검거세미나방 인공사료(Table 2)의 경우 성분은 알려져 있으나 혼합 비율은 공개되어 있지 않다. 본 실험에서는 이 혼합물 212.7 g에 한천 28 g (Duksan Pure Chemicals), 포르말린 1.8 ml (Daejung Chemicals & Metals; Siheung, Korea), 증류수 860 ml를 혼합하여 조제하였다. 발육이 지연되어 먹이가 건조되거나 먹이가 부족한 개체들은 2번째 인공사료를 추가 공급해 주었다.

먹이 조건에 따른 발육 기간을 조사하기 위해 산란용 케이지 당 4장의 유산지(100×110 mm, Sinsegi Science; Seoul, Korea)를 구겨서 넣어 채란 하였다. 24시간 경과 후 채란받은 유산지들은 플라스틱 용기(232×310×310 mm)에 옮겨 보관하였다. 부화한 개체들은 개별로 인공사료 약 4g과 함께 곤충사육용 컵으로 옮겨서 개체사육하였다. 처리별 30개체씩 하나의 곤충사

육용기(9040, Frontier Agricultural Sciences)에 놓고 매일 먹이와 유충의 상태를 조사하였다. 번데기 형성 3일 후에 암수별 로무계를 측정하였다.

먹이조건별 산란수 조사는 우화한지 24시간이 경과하지 않은 암수 한쌍을 산란 유도용 컵(Pet cups 10-78, FPC Industry Co. LTD.; Phraeksa, Thailand)에 넣어 산란을 받았다. 수컷 번데기가 먼저 우화하는 경향을 보였는데, 곤충사육실내에 보관하였다가 갓 우화한 암컷과 짝을 지어 주었다. 매일 새로운 유산지와 설탕물을 공급하면서 산란수를 기록하였으며 수컷이 죽으면 새로운 수컷을 공급하였다. 열대거세미나방 인공사료를 어린 유충 시기에 주었다가 검거세미나방 인공사료를 주는 조건은 발육 실험 결과 발육속도와 생존율이 통계적으로 유의($P < 0.05$)하게 다른 3가지 먹이 조건보다 좋지 않아서 산란 실험에서 제외하였다.

개별사육과 집단사육에 따른 발육

개별사육과 집단사육 차이에 따른 발육특성 비교는 3가지 조건에서 진행하였다. 개별사육의 경우에는 먹이 조건에 따른 발육 실험과 동일한 조건에서 진행하였다. 집단사육은 일반적으로 나방류 곤충이 어린 유충 시기에는 집단사육을 하다가 먹이 교체 시기에 개별 사육으로 전환하는 조건으로 진행하였다. 먹이원은 선행 연구 결과를 바탕으로 총 9가지 사육방법별로 유충의 발육특성을 비교하였다. 9가지 먹이 제공 방법은 검거세미나방 인공사료만 제공, 검거세미나방 인공사료 제공 후 열대거세미나방 인공사료 제공, 열대거세미나방 인공사료 제공 후 검거세미나방 인공사료 제공으로 구분하고 각 제공 방법별로는 개별사육, 집단사육 후 개별사육, 집단사육 조건으로 구분하여 처리하였다.

개별사육은 먹이 조건에 따른 발육 실험과 동일하게 30개체에 대해 진행하였다. 집단사육은 곤충사육용 컵 하나에 총 5마리의 유충을 넣어 총 30반복으로 150개체에 대해 실험을 진행하였다. 2주 경과 후에 집단사육용 컵에는 충분한 먹이를 공급하기 위해 약 4g의 먹이 2개를 추가로 제공하였다.

통계분석

분석은 조건에 따라서 발육과 산란과 관련 요소들이 달라질 것으로 예상되어, 사후 검증(post-hoc test)가 아니라 계획된 비교(planned contrasts)가 적용되었다. 생존율과 성비를 제외하고는 95% 신뢰구간에서 모든 조합에 대해 t 테스트가 적용되었다. 만약 조건에 따라서 발육이나 산란에 관련된 요소들의 통계

Table 2. The composition of commercial artificial diets of *A. ipsilon* used in this study for rearing of *M. loreyi* larvae

Ingredient	Unit	Amount
Pinto bean powder	g	Unknown
Yeast, Torula	g	Unknown
Vanderzant-Adkisson (Dry mix)	g	Unknown
Cellulose (Fiber)	g	Unknown
Methyl Paraben	g	Unknown
Sorbic acid	g	Unknown
Wheat Germ, oil	g	Unknown
Ascorbic acid	g	Unknown
Vitamin mix, Vanderzant	g	Unknown
Alfalfa herb powder	g	Unknown

적 차이가 없을 경우에만, ANOVA 테스트를 통해 검증하였고 기술하였다. 조건에 따른 유충의 생존률과 성비는 카이제곱 테스트를 사용하였다. 모든 통계 분석은 SAS (Version 9.4, SAS Institute Inc.; Cary, USA)를 이용하였다.

결과 및 고찰

뒷흰가는줄무늬밤나방의 발육과 산란은 인공사료의 조성 및 제공 방식에 영향을 받았다. 상업적으로 판매되고 있는 검거세미나방용 인공사료는 열대거세미나방용 인공사료(Jung et al., 2020a)에 비해 뒷흰가는줄무늬밤나방 유충의 성장은 빠르고 생존율이 높았으나, 번데기의 무게를 유의하게($P < 0.05$) 감소시켰다(Table 3). 다만, 3령 이하 어린 유충 시기에 검거세미나방 인공사료를 공급하고, 그 후에 열대거세미나방 인공사료를 공급해주면 번데기 무게 감소를 유의하게($P < 0.05$) 줄여 줄 수는 있었다(Table 3). 반대로, 열대거세미나방 인공사료를 우선 공급하고 이후 검거세미나방 사료를 공급할 경우 발육속도나 번데기 무게에서도 다른 사료 조합과 비교하여 장점이 보이지 않았다. 실험 결과를 종합적으로 판단해 보면, 검거세미나방 인공사료는 열대거세미나방 인공사료에 비해 뒷흰가는줄무늬밤나방 유충의 높은 생존율과 빠른 발육을 유도하였지만, 번데기의 무게는 오히려 감소시키는 것으로 나타났다. 번데기 무게

감소는 산란수 감소로 이어질 수 있고(Lee et al., 2023), 대량사육 측면에서는 부정적인 요소로 작용할 수 있기 때문에 추가적인 검토가 필요하여 이들 인공사료 조합에 따라 산란수를 조사하였다. 실험 결과, 먹이 조합에 따른 산란수는 통계적으로 유의한($P < 0.05$) 차이를 보이지 않았다(Table 4). 이는 뒷흰가는줄무늬밤나방 성충 개체간 산란수의 변이가 심하였기 때문으로 추정된다. 유충 발육 기간동안 검거세미나방 인공사료만을 제공한 경우에 산란수는 개체당 104 - 1,557개, 검거세미나방 인공사료 공급 후 열대거세미나방 인공사료를 공급한 경우에는 164 - 1,785개, 열대거세미나방 인공사료만 공급한 경우에는 608 - 1,624개로 먹이 조건에 상관없이 개체 간 변이가 매우 심하였다. 열대거세미나방 인공사료만을 제공하였을 경우가 다른 조합에 비해 통계적으로 유의하게($P < 0.05$) 번데기 무게가 증가하였으며, 통계적으로 유의하지는 않지만($P > 0.05$) 산란수를 증가시키는 경향을 보였다.

뒷흰가는줄무늬밤나방 유충의 집단사육은 개체사육에 비해 발육속도는 빨랐으나, 번데기 무게는 감소하고 생존율도 낮아지는 경향을 보였다(Table 5). 이는 집단사육과정에서 개체간 경쟁으로 세력이 우세한 일부 개체가 먹이를 독식하고 동종포식을 통해 빠르게 발육한 결과로 추정된다. 그러나 번데기 무게는 감소하였으며, 동종포식과 사육용기 내 먹이경쟁 등으로 인해 생존율을 자연스럽게 낮아진 것으로 생각된다. 뒷흰가는줄무

Table 3. Developmental time (days \pm SD) and survivorship (%) from eggs to adults, and pupa weight (g \pm SD) of *M. loreyi* according to combinations of artificial diets

Diet ¹	Developmental time	Pupa weight	Survivorship
A + A	42.8 \pm 5.05 b ²	0.32 \pm 0.050 c	83.3 a
A + B	43.1 \pm 3.45 b	0.37 \pm 0.062 b	86.7 a
B + B	49.4 \pm 2.10 a	0.46 \pm 0.042 a	53.3 a
B + A	48.3 \pm 4.64 a	0.32 \pm 0.084 c	76.7 a

¹Combination of artificial diets during larval development (first + the other diets). A and B indicates the artificial diets of *A. ipsilon* and *S. frugiperda*, respectively.

²Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$; All pairwise *t*-test or chi-square test).

Table 4. Average oviposited eggs (number \pm SE) of *M. loreyi* according to combinations of artificial diets

Diet ¹	Number of pairs ²	Number of eggs
A + A	10	810 \pm 165.1 a ³
A + B	9	755 \pm 159.5 a
B + B	9	1,171 \pm 119.6 a

¹Combination of artificial diets during larval development (first + the other diets). A and B indicates the artificial diets of *A. ipsilon* and *S. frugiperda*, respectively.

²If female is dead without oviposition, the pair is not included in the analysis.

³Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$; All pairwise *t*-test).

Table 5. Developmental time (days \pm SD) and survivorship (% , adulted number / initial number) from eggs to adults, and pupa weight (g \pm SD) of *M. loreyi* according to rearing methods in three combinations of artificial diets

Rearing method ¹	Developmental time	Pupa weight	Survivorship
Only <i>A. ipsilon</i> artificial diet			
Individual	40.0 \pm 2.16 a ²	0.33 \pm 0.043 a	63.3 (19/30) a
Group + Individual	39.6 \pm 2.60 a	0.31 \pm 0.039 a	58.7 (88/150) a
Group	38.9 \pm 1.74 a	0.27 \pm 0.043 b	14.7 (22/150) b
A. <i>ipsilon</i> artificial diet, and then <i>S. frugiperda</i> artificial diet			
Individual	41.2 \pm 2.84 ab	0.35 \pm 0.047 a	56.7 (17/30) a
Group + Individual	41.9 \pm 2.81 a	0.33 \pm 0.057 a	38.0 (57/150) ab
Group	40.3 \pm 1.73 b	0.27 \pm 0.053 b	26.0 (39/150) b
Only <i>S. frugiperda</i> artificial diet			
Individual	44.8 \pm 3.33 a	0.35 \pm 0.064 a	60.0 (18/30) a
Group + Individual	41.9 \pm 2.81 a	0.31 \pm 0.068 b	38.0 (57/150) a
Group	43.0 \pm 3.23 a	0.26 \pm 0.052 c	32.0 (48/150) a

¹Individual, group+individual, and group indicate individual rearing, five individuals at the early developmental stage, and then individual rearing after first diet exchange, and five individuals per insect rearing cup, respectively.

²Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$; All pairwise *t*-test or chi-square test).

늑밤나방의 개체사육 필요성은 이미 Hirai (1975)에 의해 제기된 바 있다. 그러나, 사육 방법에 따른 뒷흰가는줄무늬늑밤나방 유충의 발육 특성 변화는 사용되는 먹이 종류에 따라 차이를 보였다(Table 5). 검거세미나방 인공사료만을 먹이로 제공할 경우에는 번데기 무게와 생존율 모두 개체사육에 비해 집단사육이 유의하게($P < 0.05$) 감소하여 반드시 개체사육이 필요해 보인다. 다만, 열대거세미나방 인공사료를 사용하면 번데기 무게는 통계적으로 유의하게($P < 0.05$) 감소했지만, 생존율에서는 통계적으로 차이를 보이지 않아($P > 0.05$), 집단사육도 고려해 볼 수 있을 것으로 보인다.

먹이 조건과 사육 밀도는 뒷흰가는줄무늬늑밤나방의 성비에 영향을 미치지 않았다(Table 6). 또한 먹이 조건과 사육 밀도에 관계없이 일반적으로 뒷흰가는줄무늬늑밤나방은 수컷이 암컷보다 발육기간은 길고 번데기 무게도 더 무거운 특징이 있었다(Table 6). 다만, 검거세미나방 인공사료만을 사용하면 암, 수컷의 발육기간은 통계적으로 유의하게($P < 0.05$) 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 인공사육시 산란을 받기 위해 고려하여야 하는 중요한 요소 중 하나로서, 열대거세미나방 인공사료만을 사용해 집단사육할 경우 암수간 발육속도의 차이로 인해 암컷 성충이 먼저 우화하게 됨으로써 초기 산란된 알들은 무정란이 될 가능성이 있다. 실제로, 실험 준비 기간 동안 열대거세미나방 인공사료만을 이용해 개체를 유지해 본 결과 산란이 시작된 3일까지는 무정란만이 수집되었다. 따라서, 열대거세미나방 인공사료만으로 사육하는 경우에는 주의가 필요할 것으로

보인다.

열대거세미나방 사육의 경우에는 곤충사육용 컵(1.25 oz) 보다는 페트리디쉬(90 \times 15 mm)가 좋은 사육 효율을 보인 것으로 보고된 바 있으나(Jung et al., 2020a), 뒷흰가는줄무늬늑밤나방의 경우에는 개체군 증가에 미치는 영향은 없는 것으로 보고되었다(Kim et al., 2022). 본 연구에서는 개체군을 유지하는 동안, 7월 사육실의 상대습도가 급격히 상승하면서 페트리디쉬 내 수분 발생으로 인공사료가 1주일 이내 부패되는 문제가 발생하였다. 이 경우 뚜껑에 환기용 구멍을 내어 해결할 수 있었다. 즉, 뒷흰가는줄무늬늑밤나방은 사육 용기의 종류에 큰 영향은 받지 않을 것으로 판단되지만, 습도가 높은 시기에는 반드시 뚜껑에 환기를 위한 처리가 되어 있는 곤충사육용 제품을 사용할 필요가 있다.

뒷흰가는줄무늬늑밤나방 유충은 집단사육보다는 개체사육이 필요한 것으로 판단된다. 다만, 알에서 깨어난 1령 유충을 한 마리씩 유충 사육용 용기로 옮기는 작업은 많은 노동력과 섬세함을 요구한다. 따라서, 뒷흰가는줄무늬늑밤나방의 대량 사육을 위해서는 어린 유충의 경우 검거세미나방 인공사료를 이용해서 집단 사육한 후, 2령 혹은 3령 시기에 개체별로 사육하는 것이 가장 효율적일 것으로 판단된다. Kim et al. (2022)는 뒷흰가는줄무늬 유충 사육을 내적자연증가율에 근거하여 상업적으로 판매되는 일반 나비류 유충 사료와 열대거세미나방 인공사료 개발 중에 조합된 3종의 사료들 중에서 이번 연구에서 사용된 열대거세미나방 인공사료를 추천하였다. 본 연구에서는 상업

Table 6. Developmental time (days \pm SD) from eggs to adults and pupa weight (g \pm SD) of *M. loreyi* according to its sex, and its sex ratio (%) in multiple rearing conditions

Rearing method ¹	Individual		Group + individual		Group	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Only <i>A. ipsilon</i> artificial diet						
Developmental time	40.3 \pm 1.91 a	39.6 \pm 2.64 a	39.8 \pm 1.90 a	39.4 \pm 3.06 a	39.2 \pm 1.79 a	38.7 \pm 1.75 a
Pupa weight	0.34 \pm 0.039 a	0.30 \pm 0.034 b	0.32 \pm 0.031 a	0.31 \pm 0.044 a	0.27 \pm 0.055 a	0.26 \pm 0.035 a
Sex ration	63.2 a	36.8 a	44.3 a	55.7 a	40.9 a	59.1 a
A. <i>ipsilon</i> artificial diet, and then <i>S. frugiperda</i> artificial diet						
Developmental time	42.3 \pm 2.69 a	40.5 \pm 2.84 a	42.8 \pm 3.08 a	40.7 \pm 1.75 b	40.7 \pm 1.45 a	40.0 \pm 1.87a
Pupa weight	0.37 \pm 0.024 a	0.34 \pm 0.057a	0.34 \pm 0.059 a	0.32 \pm 0.053 a	0.27 \pm 0.059 a	0.27 \pm 0.049a
Sex ration	41.2 a	58.8 a	59.6 a	40.4 a	41.0 a	59.0 a
Only <i>S. frugiperda</i> artificial diet						
Developmental time	44.7 \pm 3.10 a	45.0 \pm 3.91 a	44.0 \pm 3.73 a	42.5 \pm 4.85 a	44.0 \pm 2.89 a	41.5 \pm 3.00 b
Pupa weight	0.36 \pm 0.061 a	0.32 \pm 0.060 a	0.32 \pm 0.065 a	0.28 \pm 0.068 b	0.27 \pm 0.053 a	0.25 \pm 0.051 a
Sex ration	61.1 a	38.9 a	57.9 a	42.1 a	45.8 a	54.2 a

¹Individual, group+individual, and group indicate individual rearing, five individuals at the early developmental stage, and then individual rearing after first diet exchange, and five individuals per insect rearing cup, respectively.

²Means of both sexes within a row and column followed by the same letter are not significantly different ($P > 0.05$; All pairwise *t*-test or chi-square test).

적으로 판매되는 검거세미밤나방 인공사료가 열대거세미나방의 인공사료에 비해 유충의 빠른 성장을 유도하고 산란에도 큰 차이를 보이지 않았음을 확인할 수 있었다. 개체의 빠른 성장은 곤충의 대량 사육의 장기적 관점에서 산란율보다도 더 중요할 수도 있다(Son et al., 2012; Baek et al., 2014). 결론적으로 개별 사육을 위한 먹이원으로도 열대거세미나방 인공사료보다는 검거세미밤나방 인공사료가 적합하다고 판단된다. 이번 연구 결과는 뒷흰가는줄무늬밤나방의 사육 방법을 개선하는 것 뿐만 아니라, 뒷흰가는줄무늬밤나방의 생태에 대한 기본적인 정보를 제공하고 있다. 또한, 잠재적 비래해충으로 알려진 뒷흰가는줄무늬밤나방의 생태 및 피해 연구를 위한 효과적인 사육 방법을 구축하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호: RS-2022-RD009996)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

저자 직책 및 역할

백성훈: 한국농수산대학교, 박사후연구원; 실험계획, 실험수행, 자료분석 및 논문 작성

김은영: 국립식량과학원, 농업연구사; 논문 검토 및 수정
정진교: 국립식량과학원, 농업연구사; 논문 검토 및 수정
박창규: 한국농수산대학교, 부교수; 실험계획 및 논문 작성

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였습니다.

Literature Cited

- Ahn, S.B., Kononenko, V.S., Park, K.T., 1994. New records of Noctuidae (Lepidoptera) from the Korean Peninsula (I). Trifinae. Ins. Koreana 11, 26-47.
- Baek, S., Son, Y., Park, Y.-L., 2014. Temperature-dependent development and survival of *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae): implications for mass rearing and biological control. J. Pest Sci. 87, 331-340.
- El-Sherif, S.I., 1972. On the biology of *Leucania loreyi* Dup. (Lepidoptera, Noctuidae). J. Appl. Entomol. 71, 104-111.
- Hirai, K., 1975. The influence of rearing temperature and density on the development of two *Leucania* species, *L. loreyi* Dup. and *L. separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). Appl. Ent. Zool. 10, 234-237.
- Jung, J.K., Kim, E.Y., Kim, I.H., Ahn, J.J., Lee, G.-S., Seo, B.Y., 2020a. Meridic diets for rearing of *Spodoptera frugiperda* Larvae. Korean J. Appl. Entomol. 59, 243-250.

-
- Jung, J.K., Kim, E.Y., Kim, I.H., Seo, B.Y., 2020b. Species identification of noctuid potential pests of soybean and maize, and estimation of their annual adult emergence in Suwon, Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 59, 93-107.
- Kim, E.Y., Kim, I.H., Jung, J.K., 2022. Developmental and reproductive characteristics of *Mythimna loreyi* (Noctuidae) reared on artificial diets. *Korean J. Appl. Entomol.* 61, 423-434.
- Lee, Y.S., Lee, H.-A., Kim, G.-H., Baek, S., 2023. Effects of host plants on the development and reproduction of *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) on horticulture crop. *Heliyon.* 9, e17836.
- Lockwood, J.L., Hoopes, M.A., Marchetti, M.P., 2007. *Invasion Ecology*. Blackwell Publishing. Malden, MA, USA.
- Son, Y., Nadel, H., Baek, S., Johnson, M.W., Morgan, D.J.W., 2012. Estimation of developmental parameters for adult emergence of *Gonatocerus morgani*, a novel egg parasitoid of the glassy-winged sharpshooter, and development of a degree-day model. *Biol. Control.* 60, 233-240.