



나방류 유충 방제 천적인 긴등기생파리 실내 대량사육을 위한 생물학적 특성 연구

서미자* · 임호준 · 박흥현

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과

Biological Characteristics of a Larval Parasitoid, *Exorista japonica* (Townsend) (Diptera: Tachinidae) for Establishing of an Effective Indoor Mass Rearing

Meeja Seo*, Hojun Rim, Hong Hyun Park

Crop Protection Division, Dept. of Agro-food Safety and Crop Protection, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

(Received on May 23, 2022. Revised on June 8, 2022. Accepted on June 15, 2022)

Abstract For establishing the effective indoor mass rearing of *E. japonica* as a parasitoid against lepidopterous larvae, biological characteristics related to an oviposition strategy and fecundity of the tachinid females were investigated. On 2nd day of emergence, *E. japonica* females started laying macrotype eggs on the host larvae cuticle and its average fecundity was about 260 eggs per female for its entire life. However, the average daily fecundity was less than 10 eggs after 14 days of emergence so that over 14-day-old females seemed to be inappropriate to be used as individuals for indoor mass rearing. *E. japonica* could lay over 30 eggs per host larva. However, the number of pupae produced within a host was limited as 2.78 pupae per host on average despite the increase of the number of eggs per host. When 120 *Spodoptera litura* 4th larvae as hosts for *E. japonica* oviposition were supplied by every day (10 times) and every other day (6 times) for 2 weeks, the average number of pupae produced in a cage were 52.5 and 72.3, respectively. But there was no statistically significant difference in 95% confidential level. Parasitic rates also showed no correlation with host larvae density.

Key words Fecundity, Parasitism, *Exorista japonica*, *Spodoptera litura*, Indoor mass rearing

서 론

긴등기생파리(*Exorista japonica* Townsend)는 기생파리과(Tachinidae)에 속하며 밤나방과 유충에 높은 기생율을 보이는 유충기생성 천적으로, 주로 기주 유충 두부와 흉부 사이 표면에 육안으로 식별 가능한 크기의 알을 낳는 습성이 있다(Dindo and Nakamura, 2018). 산란 후 부화한 유충은 기주 유충의 큐티클 마디 안쪽으로 침투하여 주요 체벽호흡통로(primary integumental respiratory funnel)를 형성하고 용

화 될 때까지 발육을 진행하다가 전용 상태로 탈출공을 내어 기주유충으로부터 탈출한다(Nakamura, 1994). 전세계적으로 기생파리과에 속하는 40여종 이상이 미국흰불나방 유충과 번데기에 기생하는 것으로 알려져 있으며, 그 중 13종이 일본에서 발견되었다(Warren and Tadic, 1967; Shima, 1999). 긴등기생파리는 중국, 타이완, 인도, 네팔, 베트남, 일본에서 발견되고 있으며, 매미나방 생물적 방제인자로 북미에 도입되었지만(Crosskey, 1976), 방사 개체수 부족으로 방제에 성공하지 못했다(Hoy, 1976). 기생성 벌목(parasitic wasps)과 비교했을 때, 기생파리류 천적에 대한 연구가 미흡하고 사육기술과 관련된 연구는 많지 않다(Morales-Ramos et al., 2013). Takahashi and Sawaki (1969)의 연구결과에

*Corresponding author
E-mail: mijaseo0337@korea.kr

의하면, 야외에서 긴등기생파리의 담배겨세미나방 유충 기생율이 11.8~62.2%로 보고되어 있어 생물학적 방제제로서 개발할 만한 가치가 있다고 보고 있다(Park et al., 2016). 본 연구에 사용된 긴등기생파리는 광범위한 산란기주를 가지는 광식성 천적으로 실내에서 반합성사료로 인공사육이 가능한 담배겨세미나방 유충을 산란기주로 이용하여 실내 사육이 가능하다(Park et al., 2016; Watanabe, 2005). 이처럼 산란기주유충을 인공사육 할 수 있다는 것은 천적의 대량생산을 좀 더 용이하게 할 수 있는 장점이 된다(Morales-Ramos et al., 2013).

본 연구에서는 나방류 유충 방제를 위한 천적인 긴등기생파리의 효과적인 실내증식방법을 확립하기 위해 이들의 산란특성을 확인하였다. 암컷의 일평생 산란수는 정해져 있기 때문에 산란기주 유충 한 마리에 많은 수의 알을 낳도록 하는 것은 실내증식 측면에서 천적생산량을 떨어뜨리는 결과를 초래한다. 따라서 산란기주 유충당 확보할 수 있는 긴등기생파리 증식정도를 확인하기 위해 산란기주인 담배겨세미나방 유충 공급방법에 따른 긴등기생파리 확보량을 조사함으로써 효과적인 천적생산과 관련된 정보들을 확보하고자 한다.

재료 및 방법

시험곤충

긴등기생파리는 2015년 7월 전북 김제시 금산면 원평리(35.8°N, 126.8°E) 화분과 잡초에서 기생이 확인된 멸강나방 유충을 채집하여 확보하였다. 이 후 실내에서 우화한 성충을 국립농업과학원 작물보호과 곤충사육실(25 ± 1°C, 50~65% RH, 광주기 16L:8D)에서 아크릴케이지(25 × 15 × 15 cm)에 인공사료로 사육한 담배겨세미나방(*Spodoptera litura*) 4,5령 유충을 긴등기생파리 성충의 산란기주로 제공하고 물과 곤충사육용젤리를 먹이로 제공하여 누대사육 하였다. 기주 유충의 공급량 및 공급방법에 따른 산란력 조사를 위해 우화 후 2일차 긴등기생파리 성충 암수를 사용하였다.

긴등기생파리 발육기간, 수명 및 암컷의 일일 산란수 조사

우화 후 2일차 긴등기생파리 성충 암수 한 쌍을 아크릴케이지(25 × 15 × 15 cm)에 넣고 곤충사육용젤리와 물을 먹이로 공급하며 매일 산란을 위해 사육케이지안에 담배겨세미나방 4령유충 20마리씩을 인공사료와 함께 공급하였다(Fig. 1). 산란기주인 담배겨세미나방 유충은 매일 꺼내어 유충 한 마리당 기생파리의 산란수를 조사하였으며, 케이지에 있는 암컷이 죽을 때 까지 암컷당 총 산란수를 조사하였다. 긴등기생파리 성충에 의해 기생된 담배겨세미나방 유충은 직경 50 mm, 높이 15 mm인 insect breeding dish (#310050, SPL Life Sciences, Pocheon, Korea)에 인공사료를 공급하며 개체사육 하였다. 개체사육 중인 기주유충으로부터 긴등기생파리의 기주체내에서의 발육기간, 기주로부터 탈출 후 번데기가 형성되기까지 소요기간, 우화 후 일일 산란수 및 수명을 조사하였다.

산란기주 유충당 긴등기생파리 산란수와 번데기 생산량과의 관계

우화 후 2~5일된 긴등기생파리 암수 두 쌍을 아크릴케이지(25 × 15 × 15 cm)에 넣고 산란기주인 담배겨세미나방 4, 5령 유충을 다섯 마리씩 매일 공급하며 유충표면에 산란하도록 노출시켰다. 이 때 담배겨세미나방 유충당 산란수는 한 개에서 수십 개 까지 다양한데, 이러한 산란기주인 유충당 긴등기생파리 산란수와 기주유충에서 확보 가능한 긴등기생파리 번데기수와의 상관관계를 조사하고자 하였다.

긴등기생파리 암수 성충에 노출된 담배겨세미나방 유충을 매일 재포획하여 표면에 산란한 알의 수를 조사하고 insect breeding dish에서 긴등기생파리 번데기가 나올 때까지 개체사육 하였다. 기생된 담배겨세미나방 유충 한 마리당 산란한 알의 수 및 확보한 긴등기생파리 번데기 수를 조사하였다.

산란기주 공급 방법에 따른 긴등기생파리 실내 증식력

한 면에 메쉬가 있는 아크릴케이지(25 × 20 × 16 cm)에 우화 후 2일 된 암컷 세 마리와 수컷 두 마리를 방사한 후, 인공사료로 사육한 담배겨세미나방 4, 5령 유충을 긴등기생파



Fig. 1. Indoor rearing of *E. japonica* with *Spodoptera litura* 4th and 5th instar larvae as hosts. (A) Insect rearing jelly and 20 ml glass vial containing cotton soaked with water supplied as a *E. japonica*'s food, (B) insect acryl cages, (C) *S. litura* larvae parasitized by *E. japonica* were individually reared in dia. 35 mm-petri dish with an artificial diet until tachinid pupae escaped from the larva.

리의 산란기주로 케이지당 매일 10마리씩 또는 20마리씩 격일로 14일간 총 120마리를 제공하였다. 산란기주유충을 공급한 횟수는 매일 공급한 경우 14일간 총 10회, 격일로 공급한 경우는 총 6회로 토요일과 일요일은 산란기주를 공급하지 않았다. 케이지내에는 긴등기생파리 성충의 먹이로 곤충사육용젤리와 물주머니를 제공하였다(Fig. 1). 케이지당 산란기주인 담배겨세미나방 유충이 매일 제공된 경우와 격일로 제공된 경우의 케이지당 긴등기생파리 번데기 수 및 우화 후 성충의 성비를 조사하여 비교하였다.

기주유충 접종밀도에 따른 긴등기생파리 기생율

곤충사육실(온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 50~65%)에 대형망사케이지($1.8 \times 1.8 \times 2.0 \text{ m}$)를 설치하고 케이지 내에 파종 후 20일 된 콩 유묘 포트 4개를 놓았다. 긴등기생파리의 먹이로 곤충사육용젤리와 물을 케이지 중앙에 놓았다. 케이지 별로 안에 설치한 콩 유묘 포트에 담배겨세미나방 4령 유충을 각각 5, 10, 20, 40마리를 접종 한 뒤 1시간 후 우화 후 2~5일된 긴등기생파리 성충 암수 한 쌍을 망사케이지 내에 방사하였다. 방사 48시간 후 콩 유묘에 접종했던 담배겨세미나방 유충을 모두 재포획하여 현미경하에서 기생여부 및 산란 수를 조사하였다.

통계분석

기주당 산란한 긴등기생파리 알 개수와 기주 한 마리에서 생산된 긴등기생파리 번데기 수 간의 차이는 평균값을 일원배치분산분석 후 사후검정방법으로 Tukey HSD (Honest significant difference) test를 5% 유의수준에서 비교하였다. 산란기주 공급방법에 따른 긴등기생파리 실내 증식력 조사를 위한 천적생산 수 및 성비 비교는 독립표본 t-검정을 통해 분석했다. 기주접종밀도와 긴등기생파리 기생율과의 상

관관계는 스피어만 상관분석을 수행하였으며 모든 통계분석은 IBM SPSS statistics 25를 이용하였다.

결과 및 고찰

긴등기생파리 발육기간, 수명 및 암컷의 일일 산란수 조사

25°C 사육조건에서 긴등기생파리는 기주인 담배겨세미나방 4령 유충 표면에 산란한 후 기주유충을 탈출하기 전 전용단계까지 평균 13.3일이 걸렸으며 기주로부터 탈출한 번데기는 우화하기까지 평균 6.1일, 성충으로 우화 후 평균 25.4일까지 생존했다(Fig. 2). Park et al. (2016)은 $22\sim 31^\circ\text{C}$ 까지 처리온도에 따른 알부터 용화까지의 긴등기생파리 발육기간은 통계적으로 유의미한 차이는 확인되지 않았다고 보고하고 있다. 이렇게 비교적 넓은 범위의 온도조건에서 발육기간의 차이가 확인되지 않은 이유는 긴등기생파리의 발육이 기주곤충의 유충 또는 번데기 속에서 진행되기 때문



Fig. 2. Developmental periods of *E. japonica* ($25 \pm 1^\circ\text{C}$).

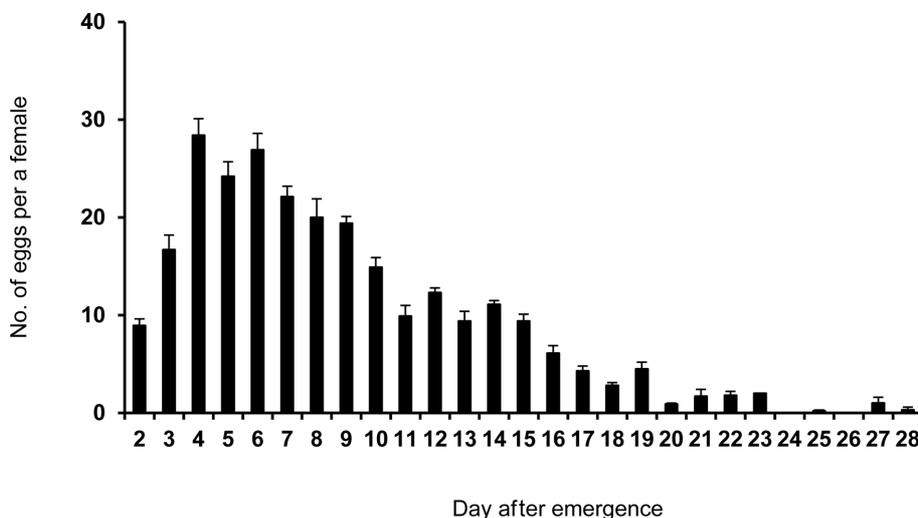


Fig. 3. Daily fecundity per *E. japonica* female after emergence.

에 외부 온도에 직접적인 영향을 받지 않은 것으로 추정하고 있다(Park et al., 2016). 긴등기생파리는 22~25°C 조건에서 알부터 성충까지 발육 성공율이 높았으며(Park et al., 2016), 따라서 본 연구에서는 선행 연구결과에서 확인된 25°C 조건에서의 발육을 통해 실내에서 대량으로 증식할 수 있는 기주유충 공급조건을 제시하고자 하였다.

긴등기생파리 암컷 성충의 평균수명은 25.4일로 수컷의 평균 수명보다 약 5일 정도 긴 것으로 보고되어 있다. 긴등기생파리 암컷은 담배겨세미나방 4령과 5령 유충 표면에 우화 후 2일차부터 수명을 다할 때까지 평균 256개를 알을 낳는 것으로 알려져 있다(Seo et al., 2021). 생존기간동안 긴등기생파리 암컷의 일일 산란수를 조사한 결과 우화 후 14일 이후부터는 일일평균산란수가 10개 미만으로 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3).

Nakamura (1994)는 일부 기생파리류의 실내 증식 제한 요인을 낮은 교미율로 보았는데, 교미하지 않은 암컷이 산란한 무정란은 개체수의 감소를 초래하기 때문이다. 긴등기생파리의 경우, 암컷 2마리에 수컷 2~5마리를 케이지 내에 방사했을 때 95%정도의 교미성공율이 확인된 바 있다(Nakamura, 1994). 본 연구에서는 이러한 연구결과를 바탕으로 사육케이지내에 암컷 한 마리당 수컷의 방사비율을 1~2.5 마리로 하며, 우화 후 15일이 경과한 암컷은 사용하지 않는 것을 효과적인 대량증식방법으로 제시하고자 한다.

산란기주 유충당 긴등기생파리 산란수와 번데기 생산량의 관계

긴등기생파리 암컷은 우화 2일후부터 교미 후 산란이 가능하며, 기주인 담배겨세미나방 4, 5령유충 표면에 한 개에서 30개 이상의 알을 낳았는데, 아무리 많은 수를 산란한다 하더라도 기주 유충 한 마리에서 나오는 긴등기생파리 번데기 수는 평균 2.78개 였다(Fig. 4 and Table 1). Turnock and Bilodeau (1992)는 기주유충의 큐티클에 많은 수를 산란하

는 기생파리 일부 종에서 확인되는 이러한 과기생 현상은 암컷이 기주의 기생여부를 구분할 수 없기 때문인 것으로 언급하기도 했다. 암컷의 평생 평균 산란수는 정해져 있기 때문에, 산란기주 유충 한 마리에 많은 수의 알을 낳도록 하는 것은 실내 대량증식 측면에서는 생산량을 떨어뜨리는 결과를 초래한다. 따라서 산란기주유충당 확보할 수 있는 긴등기생파리 번데기수를 조사함으로써 노동력을 절감하며 천적을 대량 생산할 수 있는 기주공급방법을 찾는 것이 중요하다. 실험과정에서 기주유충인 담배겨세미나방 유충 한마리에서 긴등기생파리 번데기 10개가 나오는 경우도 있었으나, 일반적으로 유충당 평균 2개에서 3개 정도의 긴등기생파리 번데기 확보가 가능했다. 이러한 이유로 산란기주를 자주 교체해 줌으로써 적은 수의 산란기주에 집중적으로 산란하는 것을 막는 것이 긴등기생파리의 실내 대량증식을 위한 효과적인 기주공급 방법이라 판단되었다. 하지만, 천적의 실내대량증식에 있어 산란기주의 교체주기는 노동력과 연관되기 때문에 최대한 노력을 절감하면서도 보다 많은 긴등기

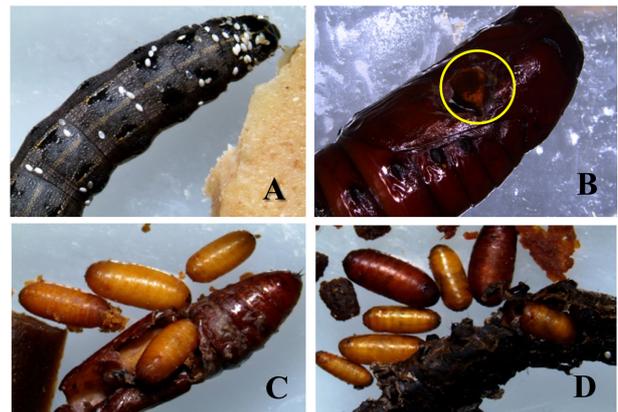


Fig. 4. Eggs and pupae of *E. japonica* (A) Eggs on the body cuticle of the 5th instar larva of *S. litura*, (B) escape pore (yellow circle) on tachinid pupa, (C) and (D) several pupae produced from a host pupa and larva.

Table 1. Relationship between the number of eggs and pupae produced on a host

No. eggs/host larva	No. host larvae investigated	Parasitism (%) ^{a)}	Ave. no. pupae per a host ^{b)}
1	40	65.0	0.65 ± 0.1a
2	26	80.8	1.04 ± 0.1ab
3	19	84.2	1.89 ± 0.3abc
4	14	64.3	1.21 ± 0.3ab
5	19	63.2	1.21 ± 0.3ab
6-10	32	43.8	0.97 ± 0.3a
11-20	60	63.3	1.65 ± 0.3abc
21-30	32	68.9	2.28 ± 0.4bc
>31	18	88.9	2.78 ± 0.4c

^{a)}Parasitism (%) = (No. larvae that produced *E. japonica* pupae/ No. parasitized larvae) × 100

^{b)}Means with different letters within a row indicate significant difference at $P < 0.05$ level(one-way ANOVA, post hoc tests by Tukey HSD in SPSS statistics 25.0)

생파리 번데기를 확보하는 산란기주 공급 및 교체방법이 증식메뉴얼에서 반드시 필요하다.

산란기주 공급 방법에 따른 긴등기생파리 실내 증식력

기주유충의 공급간격에 따라 확보 가능한 긴등기생파리 번데기 수를 조사한 결과, 기주를 매일 또는 격일로 2주간 총 120마리 담배겨세미나방 4령유충을 제공했을 때 각각 평균 52.8개와 72.3개의 번데기를 얻을 수 있었다. 통계적으로 유의미한 차이는 확인되지 않았지만, 격일로 기주유충을 제공하더라도 매일 제공하는 것보다 확보가능한 번데기 수가 많은 것으로 나타났다($t = 1.783, P = 0.371$). 성비 및 기생율에 있어서도 기주의 공급간격에 따른 차이는 확인되지 않았다(성비: $t = -0.899, P = 0.410$; 기생율: $t = 0.982, P = 0.213$) (Table 2).

산란기주 공급에 있어 고려해야 할 또 다른 사항은 기주 유충당 산란한 알 수가 많을수록 번데기 무게와 용화율은 감소하며, 수컷의 비율이 상대적으로 높아지는 경향을 보인다는 것이다(Nakamura, 1994; Ziser et al., 1977; Grenier, 1981). 산란빈도는 암컷 성충의 수명에 부정적인 영향을 주는데, Nakamura (1994)의 연구결과에 따르면 산란기주 유충을 4~5일 마다 공급하는 것보다 매일 공급하였을 때 기생파리 암컷의 평균수명이 짧아졌다고 보고하고 있다.

기주유충 접종밀도에 따른 긴등기생파리 기생율

긴등기생파리에 의해 기생된 담배겨세미나방 유충 수는 접종밀도에 비례하여 나타났는데, 망케이지 내에 40마리 기

주유충을 접종했을 때 평균 14.3마리에서 긴등기생파리 알이 확인되었다($P = 0.002$). 하지만, 기생율은 산란기주인 담배겨세미나방 유충 접종 수와 상관관계가 없는 것으로 나타났다($P = 0.680$)(Table 3). 긴등기생파리 암컷 한 마리의 단위시간당 산란수가 제한적인 것을 고려할 때, 추후 유충방제를 위한 적정 방사밀도와 관련한 조건 설정시 동일한 해충밀도에 대해 긴등기생파리의 방사밀도를 달리하여 조사해야 할 것으로 판단된다.

기생성 천적의 초기 연구는 생물학적, 생리학적, 행동학적 특성에 관한 기본적인 정보들을 얻기 위해 자연상태에서 확인된 생리학적으로 유리한 기주 및 사육조건하에서 시작되었지만(Biliotti, 1956), 이후엔 실내에서 기생파리를 대량으로 손쉽게 사육할 수 있는 대체기주곤충이 이용되기도 했다(Grenier et al., 2009). 매미나방 기생성 천적인 *Compsilura consinnata*나 *Blepharipa pratensis*와 같은 일부 기생파리의 경우에도 자연기주에 사육하는 것이 실내 사육시스템에 있어 적합한 것으로 보고 되었다(Odell and Godsin, 1979; Bourchier, 1991). 하지만 기주곤충이 자연적 혹은 인공적 기주이든지 간에, 기생성 천적의 산란특성을 고려하여 기주 곤충의 공급방법을 모색하는 것이 기생봉의 생존과 기생능력을 높임으로 실내대량사육시스템을 구축하는데 필요할 것으로 판단된다. 긴등기생파리는 국내 토착천적으로서 노지에서의 나방류 해충 방제를 위한 천적으로 실내에서의 대량 사육 가능성을 검토하고 효과적인 개체확보 방안을 수립하기 위해 본 연구가 수행되었다. 실내 대량사육 과정에서 확인된 긴등기생파리의 산란특성 관련 정보는 실내대량사육시

Table 2. Effect of the number of eggs per host on efficient production of *E. japonica* in indoor rearing

	Supply interval of host larvae		P
	Daily	Once every other day	
Total N. of host larva supplied	120	120	
Parasitism (%)	75.0 ± 6.5	83.3 ± 4.4	0.213 ^{NS}
Total N. of <i>E. japonica</i> pupae	52.8 ± 1.4	74.3 ± 12.0	0.371 ^{NS}
Sex ratio (% females)	0.47 ± 0.03	0.43 ± 0.03	0.410 ^{NS}

NS means no significant difference in mean comparison between two supply intervals at $P < 0.05$ level

Table 3. Relationship between parasitization and host density(indoor condition)

Host density (No. host larvae/cage)	No. host larvae parasitized	Parasitization (%)	Total eggs
5	2.0 ± 0.4a	40.0 ± 11.6a	10.0 ± 5.0a
10	2.4 ± 0.7a	30.0 ± 5.8a	9.3 ± 3.3a
20	3.5 ± 1.2a	28.3 ± 4.4a	5.3 ± 3.0a
40	14.3 ± 4.2b	35.8 ± 6.0a	25.3 ± 7.3a
F _{3,8}	17.892	0.520	3.140
Correlation coefficient	0.691	-0.137	0.453
P ^{a)}	0.002*	0.680 ^{ns}	0.087 ^{ns}

^{a)} means with different letters within rows indicate significant differences at $P = 0.05$ (one-way ANOVA, post hoc test by Tukey HSD)
* $P < 0.05$; ^{ns} $P > 0.05$

시스템의 구축에 있어 중요한 자료가 될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 기관고유사업(긴등 기생파리 및 쌍꼬리진디벌 등 기생성 천적의 현장 실용화 연구, 과제번호: PJ015819) 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

Author Information and Contributions

Meeja Seo, Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-6819-0379>, Conceptualization, Methodology, Writing original draft preparation, Project administration.

Hojun Rim, Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-8170-336X>, Investigation, Writing-review.

Hong Hyun Park, Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-1213-0665>, Writing-review.

이해상충관계

저자 모두는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

Literature Cited

- Biliotti E, 1956. Biologie de *Phryxe caudata* Rondani (Dipt. Larvaevoridae) parasite de la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). Rev. Pathol. Vég. Entomol. Agric. France 35:50-65.
- Bouchier RS, 1991. Growth and development of *Compsilura concinnata* (Meigan) (Diptera: Tachinidae) parasitizing gypsy moth larvae feeding on tannin diets. Can. Entomol. 123(5):1047-1055.
- Criosskey RW, 1976. A taxonomic conspectus of the Tachinidae (Diptera) of the Oriental region. Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.). Entomol. Suppl. No. 26.
- Dindo ML, Nakamura S, 2018. Oviposition strategies of Tachinid parasitoids: two *Exorista* species as case studies. Int. J. Ins. Sci. 10:1-6.
- Grenier S, 1981. Effects of superparasitism on the larval development time and weight of the parasitoid *Lixophaga diatraeae* (Diptera: Tachinidae) reared on *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). Entomol. Exp. Appl. 29(1):69-75.
- Grenier S, 2009. *In vitro* rearing of entomophagous insects-past and future trends: a minireview. Bull. Insectol. 62(1):1-6.
- Hoy MA, 1976. Establishment of gypsy moth parasitoids in North America: an evaluation of possible reasons for establishment or non-establishment. pp. 215-232. F. Anderson, JF and Kaya, HK (Eds.). In Perspective in Forest Entomology. Academic Press, New York.
- Morales-Ramos J, Rojas MG, Shapiro D, 2013. Production of Dipteran parasitoids, pp.101-143. Dindo, ML and Grenier, S (Ed). Mass production of beneficial organisms. Academic Press. New York.
- Nakamura S, 1994. Parasitization and life history parameters of *Exorista japonica* (Diptera: Tachinidae) using the common armyworm, *Pseudoletia separate* (Lepidoptera: Noctuidae) as a host. Appl. Entomol. Zool. 29(2):133-140.
- Odell TM, Godwin PA, 1979. Laboratory techniques for rearing *Blepharipa pratensis*, a tachinid parasite of gypsy moth. Ann. Entomol. Soc. Am. 72(5):632-635.
- Park CG, Seo BY, Choi BR, 2016. The temperature-dependent development of the parasitoid fly, *Exorista japonica* (Townsend) (Diptera: Tachinidae). Kor. J. App. Entomol. 55(4):445-452.
- Shima H, 1999. Host-parasite catalog of Japanese Tachinidae (Diptera). NAKUNAGI, Suppl. 1:1-108.
- Seo M, Seo BY, Lee GS, Cho JR, 2021. Effect of cold storage on the viability of *Exorista japonica*(Townsend) (Diptera: Tachinidae) pupae of an important parasitoid of noctuid larvae. Crop Prot. 141:105425.
- Takahashi A, 1969. The parasitic state of *Exorista japonica* on the common cutworm, *Spodoptera litura* larvae. Proc. Kansai PI, Prot. Soc. 11:82-83.
- Turnock WJ, Bilodeau RJ, 1992. Life history and coldhardiness of *Athrycia cinerea* (Dipt.: Tachinidae) in western Canada. Entomophaga 37:353-362.
- Warren LO, Tadic M, 1967. The fall webworm, *Hyphantria cunea*, its distribution and natural enemies: a world list (Lepidoptera: Arctiidae). J. Kans. Entomol. Soc. 40(2):194-202.
- Watanabe M, 2005. Parasitism and over-wintering status of tachinids (Diptera) on larvae of the fall webworm, *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae), in the Kanto region of Japan. Appl. Entomol. Zool. 40(2):293-301.
- Yocum GD, Zdarek J, Joplin KH, Lee Jr. RE, Smith DC, et al., 1994. Alteration of the eclosion rhythm and eclosion behavior in the flesh fly, *Sarcophaga crassipalpis*, by low and high temperature stress. J. Insect Physiol. 40:13-21.
- Ziser SW, Wojrowicz JA, Nettles, Jr. WC, 1977. The effect of the number of maggots per host on length of development, puparial weight and adult emergence of *Eucelatoria* sp. Ann. Entomol. Soc. Am. 70(5):733-736.

나방류 유충 방제 천적인 긴등기생파리 실내 대량사육을 위한 생물학적 특성 연구

서미자* · 임호준 · 박흥현

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과

요 약 나방류 유충의 기생성 천적인 긴등기생파리의 효과적인 실내증식기술 확립을 위해 긴등기생파리 암컷의 산란특성과 기주공급방법에 따른 천적생산과 관련된 정보를 확보하고자 하였다. 긴등기생파리 암컷은 우화 2일후부터 산란하기 시작하여 평균 256개의 알을 산란하였는데, 우화 14일 이후부터는 일일평균산란수가 10개 미만으로 현저히 감소하였다. 따라서 우화 후 14일 이상 경과한 암컷 성충은 실내증식을 위한 산란용 성충으로 이용하기엔 부적절할 것으로 판단된다. 긴등기생파리 성충은 기주인 담배거세미나방 유충 표면에 한 개에서 최대 30개 이상의 알을 낳는데, 기주 유충 한 마리당 긴등기생파리 번데기 수는 평균 2.78개로 제한적이었다. 매일(10회) 또는 격일(6회)로 2주간 산란기주인 담배거세미나방 유충 총 120마리 제공했을 때, 각각 평균 52.5개와 72.3개의 번데기를 얻을 수 있었지만 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 차이는 확인되지 않았다. 긴등기생파리 기생율 또한 기주유충 접종밀도와 상관관계가 없는 것으로 확인되었다.

색인어 산란력, 기생율, 긴등기생파리, 담배거세미나방, 실내대량사육