Korean Journal of Environmental Biology

Original article

https://doi.org/10.11626/KJEB.2020.38.4.586

Korean J. Environ. Biol.
38(4) : 586-593 (2020)
ISSN 1226-9999 (print)
ISSN 2287-7851 (online)

갈색날개매미충 알 기생봉인 날개매미충알벌(*Phanuromyia ricaniae*)의 생물 특성

전성욱, 김광호*,†, 이관석, 서보윤, 김지은, 강위수, 조점래*,†

농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과

Biological characteristics of *Phanuromyia ricaniae* (Hemiptera: Platygastroidea), an egg parasitoid of *Ricania sublimata* (Hemiptera: Ricaniidae)

Sung-Wook Jeon, Kwang-Ho Kim*,†, Gwan-Seok Lee, Bo Yoon Seo, Ji Eun Kim, Wee Soo Kang and Jum Rae Cho*,†

Crop Protection Division, National Instituite of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

***Corresponding author**
Kwang-Ho Kim
Tel. 063-238-3288
E-mail. ecomanager@korea.kr

Jum Rae Cho
Tel. 063-238-3285
E-mail. jrcho82@korea.kr

†These authors contributed equally to this work as co-corresponding authors.

Received: 23 October 2020
Revised: 19 November 2020
Revision accepted: 24 November 2020

Abstract: This study was conducted to investigate the biological characteristics of *Phanuromyia ricaniae* (Hemiptera: Platygastroidea), an egg parasitoid of *Ricania* sp. (Hemiptera: Ricaniidae) as a biological control agent to control *Ricania sublimata*. The developmental period of *P. ricaniae* was 3.8 days for eggs, 11.1 days for larvae, and 16.3 days for pupae at 25°C, and 3.4 days for eggs, 7.8 days for larvae, and 15.3 days for pupae at 30°C. Except for the larval stage, the developmental periods were not significantly different, but the egg-to-pupa period at 30°C was significantly shorter than that at 25°C. *P. ricaniae* emerged at the photophase in 24 hours, but not at the scotophase. A higher emergence rate (34.5%) was seen from 10:00 to 12:00 after the lights were turned. The female-to-male ratio of *P. ricaniae* was 3 : 1. The longevity of *P. ricaniae* adults was 49.0 days for females and 44.0 days for males at 20°C, 27.6 days for females and 28.4 days for males at 25°C, and 18 days for females and 14.0 days for males at 30°C. Its longevity at a low temperature (20°C) was longer than that at higher temperatures (25 and 30°C). Adult females laid eggs during all days except from 00:00–02:00 (scotophase time). The ovipositional distribution rate was 26.1% from 20:00 to 22:00, which was the peak, and the next peak was 15.7% at 10:00 to 12:00. *P. ricaniae* showed arrhenotokous parthenogenesis in which unfertilized eggs develop into males. Therefore, the results suggest that *P. ricaniae* may be a biological control agent for *R. sublimata*.

Keywords: *Phanuromyia ricaniae*, Oviposition, Emergence, Parthenogenesis

©2020. Korean Society of Environmental Biology.

서 론

최근 전 세계적인 기후변화는 농생태계를 포함한 자연생태계의 균형을 파괴하고 해충의 밀도를 급격히 변동시키고 있다. 이러한 기후변화는 국내에 외래해충의 유입 및 돌발해충의 발생을 증가시키는 원인의 하나가 되고 있으며(Meehl *et al.* 2007), 특히 갈색날개매미충(*Ricania shantungensis*)은 최근 중국으로부터 국내로 유입되어 우리나라의 농작물에 피해를 끼치는 해충 중 하나이다(Lee *et al.* 2018). 갈색날개매미충은 큰날개매충과(Ricaniidae)의 해충으로 최초 중국 저장성과 산둥성에서 발생이 보고되었으며, 기주식물로는 때죽나무, 밤나무, 아카시, 산수유, 사과, 복숭아, 블루베리 및 감 등을 포함한 약 62과 138종 이상의 식물을 가해하는 것으로 알려져 있다(Chou and Lu 1977; Xu *et al.* 2006; Shen *et al.* 2007; Kim *et al.* 2015). 우리나라에서는 갈색날개매미충이 2010년 충남 공주지역과 예산지역의 사과 과수원과 블루베리 포장에서 최초로 발생이 보고되었고, 현재 전국적으로 확산되어 자생식물 및 재배작물에 피해를 주고 있다(Choi *et al.* 2011; Choi *et al.* 2012). 갈색날개매미충에 의한 피해 특징으로는 약충과 성충이 기주식물을 흡즙하고, 이들이 감로를 배설하여 식물체 표면에 그을음병을 유발시킨다(Kang *et al.* 2013; Lee *et al.* 2018). 특히, 짝짓기를 한 성충 암컷은 가을철 기주식물 1년생 가지를 절개하고 줄기를 따라 무더기 난괴 형태로 산란을 하며, 이듬해 부화한 난괴 자리는 물리성이 약해져 강한 바람이나 과실의 성장에 따른 무게 증가를 감당하지 못하고 부러져 유실수 재배 농가에서는 그 피해가 심각하다(Choi *et al.* 2011; Choi *et al.* 2012; Kang *et al.* 2013). 우리나라에서 갈색날개매미충에 대한 방제는 주로 화학 농약에 의존하고 있으나, 갈색날개매미충의 발생 범위가 넓고 기주식물이 다양하여 재배 작물에 발생한 개체를 모두 방제하여도 인근 산림지에서 서식하던 개체들이 지속적으로 재배지에 유입되어 약제 방제의 한계가 있다. 그리고 이들을 방제하기 위해 살포된 약제는 토양 내 잔류 및 방제 대상 해충의 약제 저항성 발달 등의 2차적 피해로 이어지고 있다(Choi *et al.* 2011). 국내외 연구자들은 이러한 화학농약의 부작용을 줄이고자 다양한 방제 방법을 모색하고 있다. 이러한 방법으로 식물추출물을 활용한 갈색날개매미충의 기피효과 및 살충활성 평가(Cho *et al.* 2012; Ryu 2015; Lee *et al.* 2018), 발생생태 연구 및 친환경자재의 선발(Choi *et al.* 2012), 방제에 관한 연구(Jo 2014) 등을 검토하였으나, 이러한 방법들은 단기적 밀도 감소에는 효과적이나 지속적으로 활용하기에는 미흡하였다(Choi *et al.* 2017).

따라서 갈색날개매미충에 대한 광역적이고 지속적인 밀도 억제를 위해서는 생물적 방제 인자의 도입 등 효율적인 방제방법 개발이 시급한 실정이다. 과거 우리나라에서는 사과면충좀벌 및 루비붉은깡충좀벌을 외국으로부터 도입하여 생물적 방제에 성공한 사례가 있다(Kim *et al.* 1979; Jeon *et al.* 2003). 본 연구에서는 갈색날개매미충을 생물적으로 방제하기 위한 기초자료 확보를 위해 전라남도 구례지역에서 발견한 알 기생천적인 날개매미충알벌(*Phanuromyia ricaniae*)의 생물적 특성을 알아보고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 곤충 사육

시험에 사용한 날개매미충알벌은 2018년 8~9월 전라남도 구례지역 산수유 재배단지에서 날개매미충알벌에 기생당한 갈색날개매매충 난괴를 수거하여 항온기(25±1°C, 60±5% RH, 16L : 8D)에 넣어 두고 성충으로 우화한 후, 날개매미충알벌에 기생 당하지 않은 깨끗한 갈색날개매미충의 난괴를 공급하여 누대 사육하면서 시험에 사용하였다. 또한, 날개매미충알벌의 성충 먹이로는 증류수에 희석한 별도의 꿀물(10%)을 2~3일 간격으로 제공하였다.

2. 각 태별 발육기간 조사

각 태별 발육은 2개 온도(20, 25±1°C), 상대습도 60±5%, 광주기 16L : 8D의 조건에서 조사하였다. 발육은 petri-dish (Ø5 cm×7 mm)에 1.5 cm 높이로 솜을 올려놓고 그 위에 filter paper (Adavatec No. 3, Japan) 1매를 깔고, 12시간 이내로 산란받은 난괴를 올려놓는다. 조사 기간 중 발육중인 난괴의 건조를 방지하고자 micro pipette를 이용하여 7일 간격으로 2~3회 증류수를 petri-dish 하단의 솜에 공급하였다. 발육 조사는 24시간 간격으로 실체현미경(Leica S8AP0, Jepan) 하에서 수술용 칼과 핀셋을 사용하여 난괴를 해부하여 각 태를 확인하여 발육기간을 산출하였다.

3. 일일 우화 리듬 및 성비 조사

날개매미충알벌의 일일 우화 시간 및 성충의 성비는조사는 항온기(25±1°C, 60±5% RH, 16L : 8D)에서 조사하

였다. 일일 우화 리듬은 날개매미충알벌에 기생된 갈색날개매미충 난괴에서 24시간 동안 2시간 간격으로 우화한 개체수를 육안을 이용하여 조사하였고, 중복조사를 피하기 위해 조사한 개체는 흡충기를 이용하여 제거하였다. 우화한 성충의 성비는 성충 암컷의 경우 복부 끝마디에 산란관이 발달하여 있고, 더듬이 끝 4마디가 수컷과 달리 곤봉형이며 다른 마디에 비해 두껍고 짙은 갈색의 특징을 이용하여 성비를 구분하였다.

4. 성충 수명 및 산란수 조사

날개매미충알벌 성충의 수명은 3개 온도(20, 25, 및 30±1°C), 상대습도 60±5%, 광주기 16L : 8D의 조건에서 조사하였다. petri-dish (Ø15×55 mm)에 우화한 성충 암수를 한 쌍씩 넣어 두고, 증류수에 희석한 10% 꿀물을 먹이원으로 공급하며, 사망할 때까지의 기간을 조사하여 성충 수명으로 산출하였다. 성충 암컷의 산란수 조사는 짝짓기한 성충 암컷을 따로 분리한 후 24시간 간격으로 매일 새로운 갈색날개미충 난괴를 공급하여 산란을 받았고, 산란을 받은 난괴는 10일 지난 후 실체현미경(Leica S8AP0, Jepan) 하에서 수술용 칼과 핀셋으로 해부하여 산란수를 산출하였다.

5. 일일 산란 리듬 및 단위생식 조사

날개매미충알벌 암컷 성충의 일일 산란 리듬은 항온기(25±1°C, 60±5% RH, 16L : 8D)에서 조사하였다. 조사는 짝짓기한 암컷의 산란이 왕성한 시기에 하루 중 매 2시간 간격으로 나뉘어 갈색날개매미충 난괴가 들어있는 1년생 가지를 제공하여 산란을 유도하고, 일정기간이 지난 후 위 산란수를 확인하는 방법으로 산란수를 조사하였다. 단위생식 여부를 조사하기 위해 성충으로 우화한 직후 짝짓기하지 않은 날개매미충 암컷과 함께 갈색날개매미충 난괴를 10일 동안 매일 새로이 공급하고 수거하여 각각 페트리디쉬(Ø15×55 mm)에 넣어 두고 우화한 성충의 성비를 확인하였다.

6. 통계분석

각 처리의 평균간 차이는 SAS (SAS Institute, 2016) 프로그램을 사용하였다. 두 평균간 비교는 T-test를 이용한 처리간 평균의 차이를 구하였고, 3개 이상의 처리 평균간 차이는 One-way anova 분석 후, 평균간 차이를 보이면 Tukey's HSD를 이용하여 사후검정을 실시하였다(α=0.05).

결과 및 고찰

1. 각 태별 발육 기간

날개매미충알벌의 온도별 발육 기간은 Table 1과 같다. 각 태별 발육기간은 25°C에서 알은 3.8일, 유충 11.1일, 및 번데기 16.3일, 30°C에서는 알 3.4일, 유충 7.8일 및 번데기 15.3일로 전반적으로 발육기간은 25°C보다 30°C에서 짧아지는 경향을 보였으나, 유충 기간을 제외하고 온도에 따라 유의미한 발육 기간의 차이를 보이지 않았다. 알~번데기까지 발육기간은 25°C에 비해 30°C에서 발육기간이 짧아 온도에 따라 유의미한 차이를 보였다(Two temperature t-test (egg: t=0.88, df=37, p=0.3823, larval: t=4.47, df=40, p=0.0001, pupa: t=1.36, df=31, p=0.1842, total: t=3.28, df=27, p=0.003)) (Table 1). 본 연구에서 날개매미충알벌의 발육기간은 30°C를 기준으로 약 26.6일 정도의 발육 기간이 필요하였다. Choi *et al.* (2016)가 제시한 갈색날개매미충 알의 발육일수는 24°C와 30°C에서 모두 19.4일로 본 실험에서 구한 날개매미충알벌의 발육일수에 비해 약 7.2일이 짧았으며, Kang *et al.* (2013)의 조사에서는 갈색날개매미충의 발육일수가 29.61°C에서 25.14°C로 날개매미충

Table 1. Developmental period (days, mean±SD) of the eggs, larvae, and pupae of *Phanuromyia ricaniae* at two different constant temperatures

Temp. (°C)	Developmental period (days, mean±SD)			Total
	Egg	Larva	Pupa	
25	3.8±1.1 (11)	11.1±2.8 (12)	16.3±1.9 15)	31.2±6.30 (11)
30	3.4±1.4 (28)^{ns}	7.8±1.9 (30)**	15.3±2.3 (18)^{ns}	26.5±6.01 (18)**

( ): Number of individuals observed.
- Two temperature t-test (^{ns}, not significant; **, highly significantly different).

 ©2020. Korean Society of Environmental Biology.

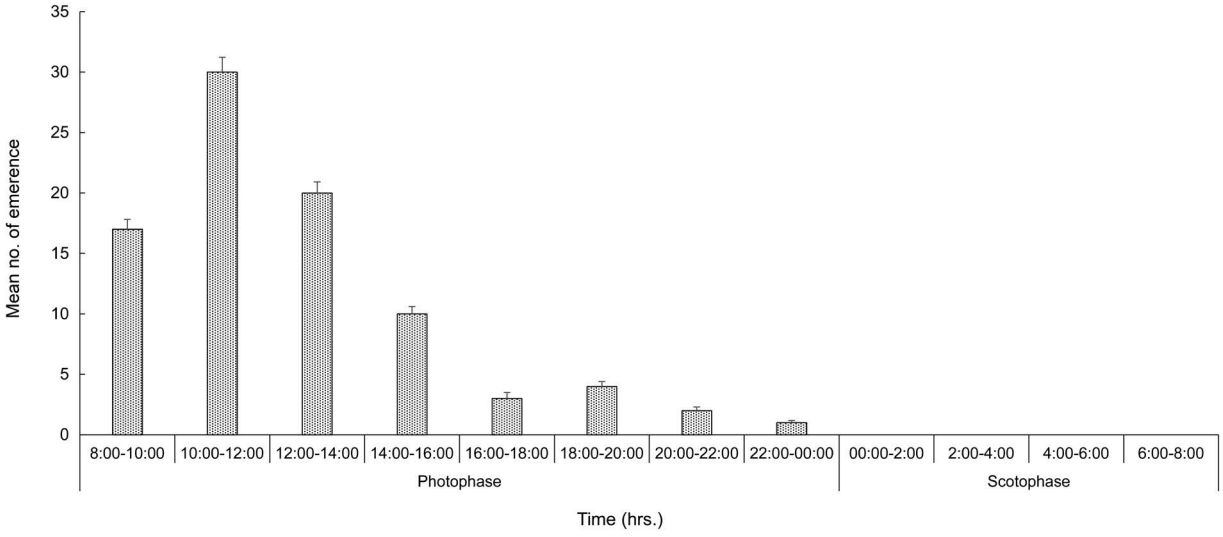

Fig. 1. Circadian rhythm of adult emergence of *Phanuromyia ricaniae* at a 16L : 8D photoperiod (N = 87).

알벌의 발육과 비슷한 발육일수를 제시하였다. 따라서 이러한 발육일수 차이는 우월동체의 채집 시기 및 환경에 따른 차이로 생각되며 월동 초기 채집된 개체의 경우엔 발육일수가 상당히 길어질 것으로 생각된다. 그러므로 정확한 발육일수를 구하기 위해서는 기주곤충 및 대상곤충에 대한 실내 개체군 수립이 선행되어야 한다.

2. 일일 우화 리듬 및 성비

날개매미충알벌의 하루 중 우화 패턴은 16L : 8D 광 조건에서 08:00~00:00 사이에 모든 개체가 우화하였고, 불이 켜지기 시작한 후 8시간 이내에 88% 이상의 개체가 모두 성충으로 우화하였다. 우화율이 가장 높은 시간대는 불이 켜지고 2시간 후인 10~12시 사이였고(34.5%), 암 기간에서 우화하지 않는 것으로 조사되었다(Fig. 1). 쌀알좀벌(*Trichogramma evanescens*)과 *T. ostriniae*에서는 불이 켜지기 시작한 후 4시간 이내에 50% 이상이 우화를 하였고(Jung *et al.* 2005), 송충알벌(*T. dendrolimi*)의 경우 불 켜지기 시작한 이후 4~6시 사이에 가장 많은 개체가 우화한 것으로 보고되었다(Park *et al.* 1999). 따라서 기생벌류의 활동은 주로 빛이 비추는 낮 시간대를 선호하고 광량의 길이는 난 기생봉류의 활력에 큰 영향을 미친다고 한 것처럼(Flanders 1929), 난 기생봉류 대부분은 오전 시간대에 우화하는 경향을 보여 주는 것으로 판단된다. 특히 산란과 섭식 등이 대부분 광량이 길어지는 오전에 이루어지므로 오전 시간대의 우화는 먹이활동, 짝짓기, 및 산란 등에 유리하다(Vogr and Necholes 1991). 쌀알좀벌의 경우엔 빛의 밝기 정도 및 온도의 차이가 우화에 큰 영향을 주고(Zaslavski *et al.* 1995) 빛과 온도의 자극만으로도 우화에 영향을 끼치는 경우도 있다(Karpovba and Reznik 2002). 한편으로 기생봉류의 생태 특성에 있어 광 이외에도 온도 등의 환경조건이 우화에 큰 영향을 주는 경우도 있다(Karpovba and Reznik 2002).

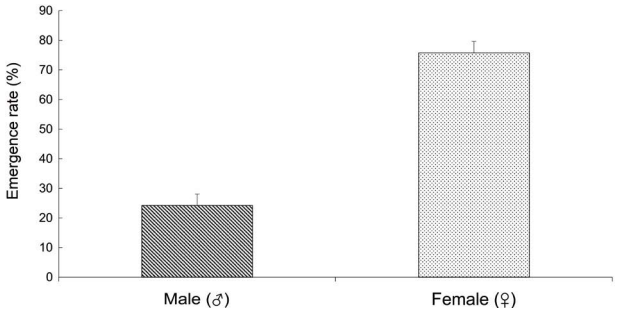

Fig. 2. Sex ratio (%) of *Phanuromyia ricaniae* (N = 20).

날개매미충알벌 성충의 성비는 Fig. 2와 같다. 성충으로 우화한 개체들은 암컷이 75.8%, 수컷이 24.2%로 암컷과 수컷의 우화 비율은 약 3 : 1로 암컷의 성비가 높았다(Fig. 2). 조명나방의 알 기생봉인 쌀좀알벌과 *T. ostriniae*에서도 성충의 우화 개체 중 약 80%가 암컷이었고(Jung *et al.* 2005), 도둑나방을 이용한 쌀좀알벌(Schöller and Hassan 2001)

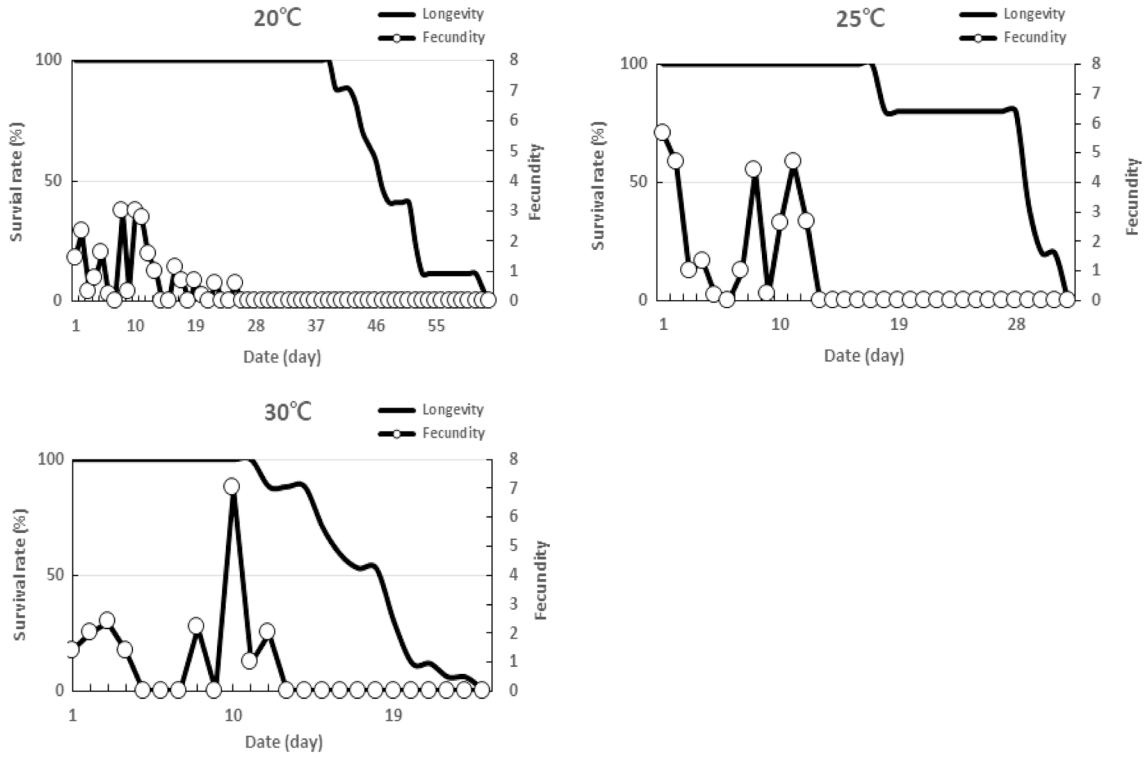

Fig. 3. Age-specific survivorship and fecundity of *Phanuromyia ricaniae* at three different constant temperatures.

및 *Ostrinia nubilalis* 난에 대한 *T. ostriniae*의 결과에서도 암컷의 우화율이 현저히 높았다(Hoffmann *et al.* 2001). 하지만 도둑나방을 이용한 쌀좀알벌 및 *O. nubilalis* 알에 대한 *T. ostriniae*에서 우화한 암컷의 비율이 50%인 보고도 있으며(Ram *et al.* 1995), 암수 성비는 주어진 기주에 따라 변화가 심한 것으로 알려져(Heimpel and Lundgren 2000), 보다 다양한 기주 조건에서의 연구도 필요할 것으로 본다.

3. 성충수명 및 산란수

성충 수명은 20°C에서 암컷과 수컷이 각각 49.0일과 44.0일, 25°C에서는 27.6일, 28.4일, 30°C에서는 18.0일, 14.0일로 조사 온도 중 암컷과 수컷 모두 20°C에서 수명이 가장 길었고 온도가 증가할수록 수명은 짧아지는 경향을 보였다(Table 2). 전체 조사온도 중 수컷과 암컷의 수명은 암컷이 수컷에 비해 길었으나, 25°C에서는 수컷이 암컷에 비해 수명이 길었다. 암컷의 산란은 25°C에서 가장 많은 20.4개의 산란수를 보였으나, 온도에 따른 통계적인 차이를 보이지 않았다. 암컷은 교미 후 1일째부터 산란을 시작하였으며, 20°C에서 19.2일로 가장 긴 산란 기간을 보였고, 온도가 증가할수록 산란 기간은 짧아지는 경향을 보였다(longevity of male: $F_{2,25}=44.77$, $p=0.0001$, female: $F_{2,36}=151.66$, $p=0.0001$, fecundity: $F_{2,17}=2.39$, $p=0.1219$) (Table 2, Fig. 3).

Table 2. Adult longevity and fecundity of *Phnuromyia ricaniae* at three different constant temperatures

Temp. (°C)	Longevity (days, mean ± SD)		Fecundity (days, mean ± SD)
	Male	Female	
20	44.0 ± 2.9 (7) a*	49.0 ± 1.6 (17) a	20.4 ± 2.6 (9) ab
25	28.4 ± 2.6 (15) b	27.6 ± 2.5 (5) b	23.2 ± 2.1 (6) a
30	14.0 ± 0.5 (7) c	18.0 ± 0.8 (17) c	14.4 ± 2.9 (5) b

( ): Number of individuals observed.
*: Means followed by the same letter within a column are not significantly differernt (p=0.05, Tukey's studentized range test)

4. 일일 산란 리듬 및 단위생식

날개매미충알벌 암컷에 대한 하루 중 시간대별 산란 리

 ©2020. Korean Society of Environmental Biology.

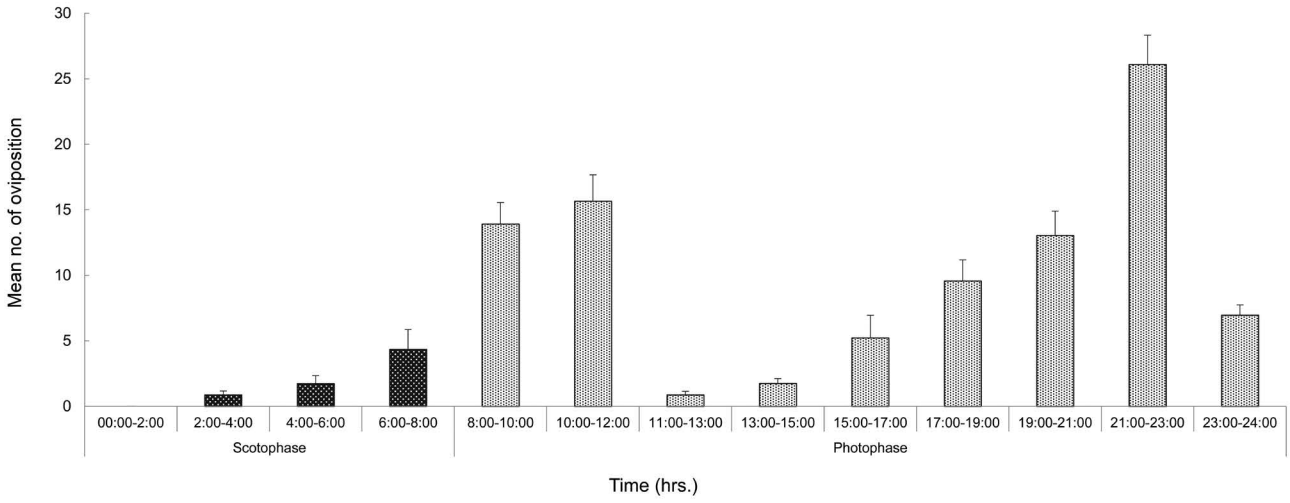

Fig. 4. Circadian rhythm of adult oviposition of *Phanuromyia ricaniae* at a 16L : 8D photoperiod (N = 13).

Table 3. Gender ratio of offspring emerged from unfertilized eggs of *Phanurumyia ricaniae*

Temp. (°C)	N	Gender (%)	
		Female	Male
25	20	0	100

N: Number of individuals observed

듬은 자정에서 새벽 2시를 제외하고는 모든 시간대에 걸쳐 산란하였다. 대부분의 산란은 불이 켜져 있는 낮 기간에 시간대에 이루어졌다. 산란수가 가장 많은 시간대는 오후 9시부터 11시 사이로 26.1%를 차지하였고, 그 다음으로 오전 10시에서 정오 사이로 15.7%로 조사되었다(Fig. 4).

날개매미충알벌 성충의 단위생식 여부는 Table 3과 같다. 짝짓기를 하지 않은 날개매미충알벌 성충 암컷이 산란한 알에서 나온 자손은 모두 수컷을 생산하는 단위생식을 하였다. 이러한 생식은 쌀좀알벌이나 *T. ostriniae* 등의 알벌류에서 수컷을 생산하는 단위생식(Jung *et al.* 2005)과 유사한 경향을 보였다.

이상 본 연구에서 갈색날개매미충의 난을 산란기주로 하는 날개매미충알벌의 생물적 특성을 알아보았다. 실제 포장에서도 산수유 외에 갈색날개매미충 기주식물인 회나무, 감나무, 느티나무 등 16종 이상의 식물에 산란된 난괴에서 날개매미충알벌의 기생포식이 조사되어 날개매미충알벌의 대량사육을 활용한 갈색날개매미충의 방제가 가능할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 갈색날개매미충을 생물적 방제인자로 활용하기 위해 알 기생 천적인 날개매미충알벌의 발육 특성을 조사하였다. 날개매미충알벌의 온도별 발육기간은 25°C에서 알은 3.8일, 유충 11.1일 및 번데기 16.3일, 30°C에서는 알 3.4일, 유충 7.8일 및 번데기 15.3일이었다. 유충 기간을 제외하고 온도에 따라 유의미한 발육 기간의 차이를 보이지 않았다. 다만 알~번데기까지 전 발육기간은 25°C에 비해 30°C에서 발육기간이 짧아 온도에 따라 유의미한 차이를 보였다. 하루 중 날개매미충알벌의 우화는 불이 켜져 있는 명 기간에 모든 개체가 성충으로 우화하였다. 우화율이 가장 높은 시간대는 10:00~12:00 사이였고(34.5%), 그 다음으로 12:00~14:00 사이였다(22.99%). 암 기간(00:00~08:00)에서는 성충으로 우화하는 개체는 관찰되지 않았다. 날개매미충알벌 성충의 성비는 암컷이 75.8%, 수컷이 24.2%로 암수 비율은 약 3 : 1이었다. 성충의 수명은 20°C에서 암컷과 수컷이 각각 49.0일, 44.0일, 25°C에서 27.6일, 28.4일 및 30°C에서 18.0일, 14.0일로 조사한 온도 중 암수 모두 온도가 낮은 20°C에서 수명이 길었고, 온도가 높을수록 수명은 짧아지는 경향을 보였다. 암컷 성충은 00:00~02:00 사이를 제외하고 모든 시간대에 걸쳐 산란하였고, 산란수가 가장 많은 시간대는 20:00~22:00 사이로 26.1%를 차지하였고, 그 다음으로는 10:00~12:00 사이에 15.7%로 조사되었다. 날개매미충알벌은 수컷을 생산하는 단위생식을 하는 것으로 조사되었다. 따라서 이상의 결과

로 날개매미충알벌은 갈색날개매미충을 방제하는 중요한 생물적 방제 인자로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ013362)으로 지원되었습니다.

REFRENCES

Cho SH, MW Park, SH Kim, HR Kwon, MJ Sue, YM Yu and YN Yun. 2012. Attraction and avoid effect of *Pochazia* sp. using *Lilium* sp. and *Clerodendrum trichotomum*. p. 109. In: Proceedings of The 2012 Fall Conference of the Korean Society of Applied Entomology. Boryeong, Korea.

Choi DS, DI Kim, SJ Ko, BR Kang, KS Lee, JD Park and KJ Choi. 2012. Occurrence ecology of *Ricania* sp. (Hemiptera: Ricaniidae) and selection of environmental friendly agricultural materials for control. Korean J. Appl. Entomol. 50:141–148.

Choi DS, SJ Ko, KC Ma, HJ Kim, JH Lee and DI Kim 2016. Effect of temperature on hatchability of overwintering eggs and nymphal development of *Pochazia shantungensis* (Hemiptera: Ricaniidae). Korean J. Appl. Entomol. 55:453–457.

Choi YS, HY Seo, SH Jo, IS Whang, YS Lee and DK Park. 2017. Host preference of *Ricania* spp. (Hemiptera: Ricaniidae) at different developmental stages. Korean J. Appl. Entomol. 56:319–329.

Choi YS, IS Hwang, TJ Kang, JR Lim and KR Choe. 2011. Oviposition characteristics of *Ricania* sp. (Homoptera: Ricaniidae), a new fruit pest. Korean J. Appl. Entomol. 50:367–372.

Chou I and C Lu. 1977. On the Chinese Ricaniidae with descriptions of eight new species. Acta Entomol. Sin. 20:314–322.

Flanders SE. 1929. The mass production of *Trichogramma minutum* Riley and observation on the natural and artificial parasitism of the codling moth egg. pp. 110–130. In: Proceedings of the 4th International Congress Entomology. Ithaca, NY.

Heimpel G and JG Lundgren. 2000. Sex ratios of commercially reared biological control agents. Biol. Control 19:77–93.

Hoffmann MP, PR Ode, DL Walker, J Gardner, S van Nouhuys and AM Shelton. 2001. performance of *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on factitious host, including the target host, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). Biol. Control 21:1–10.

Jeon HY, DS Kim, KH Choi and SW Lee. 2003. Monitoring the occurrence of invaded diseases, pests, and weeds. p. 6. In: Annual Research Report for 2003. National Horticultural Research Institute. Suwon, Korea.

Jo SJ. 2014. Study on the control and ecology of *Pochazia shantungensis*. J. Tree Health 19:35–44.

Jung JK, JH Park, DJ Im and SH Choi. 2005. Comparison of developmental characteristics between *Trichogramma evanescens* and *T. ostrinae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in eggs of the Asian corn borer, *Ostrina furnacalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Korean J. Appl. Entomol. 44:43–50.

Kang TJ, SJ Kim, DH Kim, CY Yang, SJ Ahn, SC Lee and HH Kim. 2013. Hatchability and temperature-dependent development of overwintered eggs of *Ricania* sp. (Hemiptera: Ricaniidae). Korean J. Appl. Entomol. 52:431–436.

Karpova SG and SY Reznik 2002. Interaction of exogenous factors (light and temperature) in their influence on the daily pattern of adult eclosion in *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Eur. J. Entomol. 99:427–436.

Kim DE, HJ Lee, MJ Kim and DH Lee. 2015. Predicting the potential habitat, host plants, and geographical distribution of *Pochazia shantungensis* (Hemiptera: Ricaniidae) in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 54:179–189.

Kim HS, DY Moon, JS Park, SC Lee and YD Jang. 1979. Studies on integrated control of citrus pests (2) Control of ruby states (*Ceroplastes rubens*) on citrus by introduction of a parasitic natural enemy, *Anicetus beneficus* (Hymenoptera: Encyrtidae). J. Appl. Entomol. 18:107–110.

Lee SG, SW Jeon, IH Jeong, SG Park, SB Lee, HS Lee and BY Park. 2018. Insecticidal activity of *Valeriana fauriei* oils extracted by three different methods against *Ricania shantungensis*. J. Appl. Biol. Chem. 61:47–50.

Meehl G, T Tocker, W Collins, P Friedlingstein, A Gaye, S Solomin, D Qin, M Manning, Z Chen and M Marquis. 2007. Climate change, 2007: the physical Science basis. In: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.

Park YK, HP Lee, MW Han and JO Lee. 1999. Effect of photoperiod on oviposition and emergence of egg parasitoid, *Trichogramma dendrolimi* Mastumura (Hymenoptera, Trichogrammatidae). Korean J. Appl. Entomol. 38:93–99.

Ram P, WB Tshernyshev, VM Afonina and SM Greenberg. 1995. Studies on strains of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) collected from different hosts in Northern Maldova. J. Appl. Entomol. 119:79–82.

Ryu TH. 2015. Essential oils with repellent effect against *Pochazia shatungensis* (Hemiptera: Ricaniidae). MS thesis. Chungnam National University. Daejeon, Korea.

 ©2020. Korean Society of Environmental Biology.

SAS Institute. 2016. SAS Enterprise version 7.1. SAS Institute, Cary, NC.

Schöller M and SA Hassan. 2001. Comparative biology and life tables of *Trichogramma evanescens* and *T. cacoeciae* with *Ephestia elutella* as host at four constant temperatures. Entomol. Exp. Appl. 98:35–40.

Shen Q, JY Wang, JD Liu, YF Chen, XH Fan and YQ Zhu. 2007. Bionomios and control of *Ricania shantungensis*. Chin. Bull. Entomol. 44:116–119.

Vogt EA and JR Nechols. 1991. Diel activity pattern of the squash bug egg parasitoid, *Gryon pennsylvanicum* (Hemenoptera : Scelionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 84:303–308.

Xu CQ, AP Liang and GM Jiang. 2006. The genus *Euricania melichar* (Hemiptera: Ricaniidae) from China. Raffl. Bull. Zool. 54:1–10.

Zaslavski VA, KB Zinovjeva, SY Reznik and TY Umarova. 1995. Effect of photoperiod and thermoperiod on the eclosion rhythm of *Trichogramma evanescens*. Entomol. Exp. Appl. 74:99–104.