

갈고리뱀잠자리붙이의 생물적 특성에 미치는 온도의 영향

김정환* · 조점래 · 이미숙 · 강은진 · 변영웅¹ · 김황용 · 최만영²

농촌진흥청 국립농업과학원, ¹농촌진흥청 기획조정관실, ²농촌진흥청 국립식량과학원

Effect of Temperature on the Biological Attributes of the Brown Lacewing *Micromus angulatus* (Stephens) (Neuroptera: Hemerobiidae)

Jeong-Hwan Kim*, Jum-Rae Cho, Mi-Sook Lee, Eun-Jin Kang, Young-Woong Byeon¹, Hwang-Yong Kim and Man-Young Choi²

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

¹Director General for Planning and Coordination, RDA, Suwon 441-707, Korea

²National Institute of Crop Science, RDA, Iksan 571-080, Korea

ABSTRACT: This study was performed to investigate the biological characteristics of the brown lacewing *Micromus angulatus* (Stephens) at four different temperatures (15, 20, 25, and 30°C) and 70 ± 10% relative humidity under a photoperiodic regime of 16: 8(L:D) h. The developmental threshold and effective accumulative temperature from egg to pupa for *M. angulatus* were 9.6°C and 270.3 day-degrees, respectively. The developmental period of egg, larva, and pupa at 25°C was 4.4, 5.5, and 6.9 days, respectively. The longevity of an adult female *M. angulatus* was 34.9 days. The oviposition period for *M. angulatus* was 28.7 days, in which it laid a total number of 515.2 eggs during its life span. The maximum number of eggs laid by a female in a day was 54.8. Daily consumption by *M. angulatus* at 25°C was 18.9 1st instars, 47.2 2nd instars, 57.7 3rd instars, and 91.0 adults of the glasshouse potato aphid, *Aulacorthum solani*. Therefore, *M. angulatus* could be a promising biological control agent against aphids.

Key words: Natural enemy, *Micromus angulatus*, Development, Oviposition, Predation

조 록: 본 연구는 온도(15, 20, 25, 30°C), 습도(70 ± 10%), 광주기(16L:8D)에서 갈고리뱀잠자리붙이의 생물적 특성을 조사하기 위해 수행되었다. 알에서부터 번데기까지의 발육영점온도 및 유효적산온도는 각각 9.6°C 및 270.3일도였다. 25°C에서 갈고리뱀잠자리붙이의 알 기간은 4.4일, 유충은 5.5일, 번데기는 6.9일이었다. 암컷 성충의 수명은 34.9일, 산란 기간은 28.7일이었다, 총 산란수는 515.2개, 1일 최대 산란수는 54.8개였다. 25°C에서 갈고리뱀잠자리붙이에 의한 싸리수염진딧물의 1령, 2령, 3령 및 성충의 일일 포식량은 각각 18.9, 47.2, 57.7 및 91.0마리이었다. 따라서 갈고리뱀잠자리붙이는 진딧물의 포식성 천적으로 이용이 가능할 것으로 여겨진다.

검색어: 천적, 갈고리뱀잠자리붙이, 발육, 산란, 포식

진딧물은 전 세계적으로 약 4천여 종이 분포하는 것으로 알려져 있다(Blackman and Eastop, 1984). 농작물에 발생하는 진딧물은 식물의 양분을 빨아먹고 질병을 매개할 뿐만 아니라 번식력과 발육속도가 빨라 많은 피해를 주는 매우 중요한 해충이다. 진딧물의 방제는 주로 화학농약을 이용하여 왔으나, 농산물의 생산자와 소비자 모두 인체에 해롭다는 인식에는 공감하고 있

다. 2000년대부터 농약사용을 줄일 수 있는 해충방제 인자로 천적을 이용한 방제법이 본격화되었으며, 현재 진딧물의 생물적 방제용으로 판매되고 있는 천적은 8종정도이다(<http://www.dongbufarmceres.co.kr/>).

진딧물의 포식성 천적으로 알려진 갈고리뱀잠자리붙이(*Micromus angulatus*)는 풀잠자리목(Neuroptera) 뱀잠자리붙이과(Hemerobiidae)에 속하는데, 진딧물 뿐만 아니라 깍지벌레나 응애류 등도 포식하는 광식성이다(New, 1975; Samson and Blood, 1980; Navi et al., 2010; MacLeod and Stange, 2011). 본 종은 주로 열대와 온대지역에 분포하며(Navi et al., 2010), 우리

*Corresponding author: kim9@korea.kr

Received April 12 2013; Revised August 12 2013

Accepted August 27 2013

나라에는 산뱀잠자리붙이(*Hemerobius humulinus*), 애뱀잠자리붙이(*Micromus numerosus*), 큰날개뱀잠자리붙이(*Neuronema albstigma*), 갈고리뱀잠자리붙이(*Micromus angulatus*), 점박이뱀잠자리붙이(*Micromus variegatus*), 검정뱀잠자리붙이(*Symphorobius domesticus*), 점날개뱀잠자리붙이(*Symphorobius tessellatus*) 등 총 8종이 보고되어 있다(Anonymous, 1994; Kim et al., 2010; Kim and Cho, 2011).

진딧물을 기생하거나 포식하는 천적 종류는 수없이 많지만 이용지역의 환경 적응력, 해충 탐색 및 억제력, 높은 증식력 등을 고려하여 선발한다. 뱀잠자리붙이과의 천적들은 오래 전부터 여러 작물에서 이용되었는데, 미국 하와이의 사탕수수 및 옥수수 재배포장에 발생하는 진딧물 방제를 위해 호주에서 도입하여 이용하였고(Williams, 1927; Eilenberg et al., 2001), 러시아의 오이재배 온실에 발생하는 진딧물류(*Aphis frangulae*) 방제에 갈고리뱀잠자리붙이와 윤생결가지포자균(*Verticillium lecanii*)을 조합하여 효과를 증대시키기도 하였다(Potemkina and Kovalenko, 1990). 상업화를 위한 대량사육 기술로서 계란, 꿀, 효모 등을 이용한 인공사료를 개발하기도하였으며(Stelzl and Hassan, 1992), 인공사료에 대한 평가에서 갈고리뱀잠자리붙이의 생존율이 가장 높은 것으로 나타났다(Stelzl et al., 1992). 이와 같이 이용기술과 대량사육법 등을 개발하기 위한 생물적 정보로 갈고리뱀잠자리붙이는 아카시아진딧물(Sato and Takada, 2004), *Micromus timidus*는 목화진딧물(Navi et al., 2010), *Micromus tasmaniae*는 양배추가루진딧물, 토끼풀수염진딧물(Islam and Chapman, 2001; Yadav et al., 2008), *Micromus australis*는 사탕수수진딧물(Vidya et al., 2008; 2010)을 먹이로 제공하여 온도와 일장에 의한 발육과 산란 및 수명 등을 연구한 바 있다.

따라서 본 연구는 우리나라에 서식하는 갈고리뱀잠자리붙이의 싸리수염진딧물(*Aulacorthum solani*)을 기주로 하여 온도에 의한 발육과 산란, 진딧물에 대한 포식능력 등 생물적 특성을 조사하여 기초정보로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험곤충

실험에 사용한 층은 2009년 3월 14일 (주)세실에서 일본의 풀잠자리류 분류 전문가인 오사카대학의 Shigehiko Tsukaguchi 박사에게 분류동정 의뢰하여 갈고리뱀잠자리붙이로 동정 받았다. 실험층은 천적곤충 사육실(25.0 ± 2°C, 60 ± 20% RH, 16L:8D)에서 싸리수염진딧물을 먹이로 제공하여 누대 사육하였다.

알 기간 및 부화율

알기간과 부화율을 조사하기 위해 투명한 플라스틱 용기(직경 5 cm × 높이 1.5 cm)의 뚜껑에 구멍을 뚫어(직경 1.5 cm) 미세 망사를 붙인 곤충 사육용기(Cat. #310050, SPL Life Science Ltd.)를 이용하였다. 용기 내에 끓인 agar를 0.5 cm 높이로 붓고, 잠두(*Vicia faba*) 잎을 잘라 붙인 뒤 산란 1일 이내의 갈고리뱀잠자리붙이의 알을 잎 위에 올려놓았다. 알은 용기 당 100~150개씩 넣어 온도별로 각각 5개의 용기에 총 개체수는 513~699개가 사용되었다. 온도 15, 20, 25, 30°C, 습도 70 ± 10%, 및 광주기 16L:8D로 조절된 항온기에 각각 처리하였다. 매일 현미경으로 부화한 알 수를 확인하고 다음 조사 시 혼동을 피하기 위하여 부화한 유충과 알 껍질은 제거하였다.

유충 발육기간

상기 실험에 사용한 것과 동일한 투명한 플라스틱 용기 내에 부화 1일 이내의 유충 1마리와 먹이로 잠두에서 사육한 싸리수염진딧물이 50~100마리 정도 되도록 잠두 줄기를 잘라 넣고, 온도 15, 20, 25, 30°C, 습도 70 ± 10%, 및 광주기 16L:8D로 조절된 항온기에 각각 처리하였다. 처리 개체수는 각 온도별로 50마리 내외이며, 매일 현미경으로 유충의 탈피여부를 확인하고, 탈피각은 다음 조사 시 혼동을 피하기 위하여 제거하였다. 먹이의 교체는 매일 조사 후 처음 처리 때와 같은 방법으로 용기 내에 넣어 주었다.

발육영점온도 및 유효적산온도

발육영점온도는 사육온도별 평균 발육기간을 발육속도(1/발육기간)로 변환한 후 온도와 발육기간과의 직선회귀식을 구한 다음, 이 식으로부터 발육속도가 0이 되는 온도(X절편)를 계산하여 발육영점온도로 하였다. 유효적산온도는 온도와 발육율과의 직선회귀식 기울기의 역수를 취하여 구하였다.

성충 수명 및 산란수

실험에 사용한 용기는 원형의 투명플라스틱 용기(직경 10 cm × 높이 4 cm)로 뚜껑에 직경 4 cm의 통풍구를 뚫고 미세한 망사를 붙인 제품(Cat. #310102, SPL Life Science Ltd.)을 이용하였다. 용기 내에 성충으로 우화한 1일 이내의 암컷과 수컷 1쌍씩을 넣고, 산란을 유도하기 위한 탈지면(크기: 2 cm × 2 cm)과 함께 잠두에 붙은 싸리수염진딧물이 100~200마리 정도 되도록

록 잠두 줄기를 잘라 먹이로 넣어 주었다. 처리 온도, 습도, 광주기는 ‘알 기간 및 부화율’ 시험과 동일한 조건이었고, 처리 개체 수는 각 온도별로 25마리이었다. 2일 간격으로 실험곤충의 생존여부와 용기 내에 산란한 알을 모두 현미경으로 조사하였다. 산란한 알은 다음 조사 시 혼동을 피하기 위하여 제거하였으며, 먹이는 조사할 때마다 공급하였다.

진딧물 포식량

짜리수염진딧물 포식량 시험은 포트에서 재배한 흰콩의 줄기가 약 10 cm 정도 자랐을 때 뿌리를 뽑아 플라스틱 튜브(직경 2.5 cm × 높이 7 cm)에 상토와 함께 심고, 파라필름을 이용하여 튜브의 입구를 막아 흰콩의 줄기와 잎만 밖으로 나오도록 했다. 흰콩의 잎은 1개만 남기고 제거한 후 진딧물 성충 50마리를 접종하여 17시간 후 출산한 어린 약충만 남기고 성충을 제거하였으며, 하루가 지나면 진딧물은 2령이 된다. 그런 다음 ‘성충 수명 및 산란수’ 조사에 사용한 동일한 용기에 플라스틱 튜브의 흰콩에서 자라는 진딧물 2령 총을 용기 당 60~103마리가 되도록 넣고, 갈고리뱀잠자리붙이 유충(1, 2, 3령) 및 암컷성충을 용기 당 1마리씩 접종하였다.

목화진딧물 포식량 시험은 투명 플라스틱 용기(직경 9 cm × 높이 3 cm)에 뚜껑은 직경 2.5 cm의 통풍구에 미세한 망사가 붙어 있는 사육용기를 이용하였다. 실험 용기 내에 끓인 agar를 1 cm 높이로 붓고, 그 위에 오이 잎을 직경 7 cm 크기로 잘라 잎의 뒷면이 위로 향하도록 놓고, 목화진딧물 성충을 약 30~50마리씩 접종하였다. 접종 17시간 후 출산한 어린 약충만 남기고 성충을 제거한 다음 하루가 지나면 목화진딧물이 2령이 되는데, 용기 당 60~130마리만 남기고 제거한 후 목화진딧물과 갈고리뱀잠자리붙이 유충(1, 2, 3령) 및 암컷성충을 용기 당 1마리씩 접종하였다. 접종이 완료된 용기는 온도 25°C, 습도 70 ± 10%, 광주기 16L:8D로 조절된 향온기에 처리 하였고, 처리 24시간 후 현미경으로 포식된 진딧물 수를 조사하였다.

통계분석

통계분석은 JMP 8.0 (SAS Institute) 통계프로그램을 이용하였다. 알 기간, 부화율, 약충 발육, 산란수, 성충수명 등의 온도에 따른 처리간 차이를 알아보기 위해 일원배치분산분석 후 Tukey-Kramer 테스트를 실시하였다.

결과 및 고찰

알 기간 및 부화율

15~30°C에서 갈고리뱀잠자리붙이의 알 기간 및 부화율을 조사한 결과, 알 기간은 15°C에서 15.0일로 가장 길었고, 30°C에서 3.3일로 가장 짧았다. 알의 부화율은 25°C에서 83.0%로 가장 높았으며, 15°C에서 73.7%로 가장 낮았다. 온도가 높아질수록 알의 발육기간은 짧아졌으나, 알의 부화율은 온도에 따른 통계적인 차이가 없었다(Table 1). Sato and Takada(2004)는 갈고리뱀잠자리붙이의 알 기간이 15, 20, 25, 30°C에서 각각 13.3, 6.4, 4.0, 3.2일이라고 보고하였다. 이러한 결과는 15°C와 20°C에서 본 연구의 결과보다 각각 1.7일과 0.9일 짧았으나, 25°C와 30°C에서는 유사한 결과를 나타내었다. 15°C와 20°C에서 알 기간의 차이가 난 것은 실험에 사용된 향온기의 온도편차 및 알 발육 조사를 위해 향온기 밖으로 노출된 온도와 시간 등의 차이에 기인된 것으로 여겨진다.

유충 및 번데기 발육기간

갈고리뱀잠자리붙이의 온도별 발육기간은 유충과 번데기가 15°C에서 각각 15.4일과 22.7일로 가장 길었고, 30°C에서 각각 4.2일과 6.0일로 가장 짧아 온도가 상승할수록 발육이 빨라지는 것으로 나타났다. 유충의 영기별 발육기간은 1령이 가장 길었고, 2령과 3령은 거의 비슷하였으며, 번데기는 유충보다 온도에

Table 1. Egg period and hatchability of *Micromus angulatus* at four different temperatures

Temperature (°C)	Egg period (days)		Hatchability (%)	
	No. of individuals observed	mean ± SD	No. of individuals observed	mean ± SD
15	379	15.0 ± 1.5a ¹⁾	379	73.7 ± 8.0 ns
20	563	7.3 ± 0.7b	563	82.1 ± 3.9 ns
25	529	4.4 ± 0.5c	529	83.0 ± 3.2 ns
30	554	3.3 ± 0.4d	554	79.3 ± 5.6 ns

¹⁾Means with same letters within the same columns are not significantly different by Tukey's-Kramer test after one way ANOVA (p<0.05).

Table 2. Mean (\pm SD) developmental period (days) of *Micromus angulatus* at four different temperatures

Temp. (°C)	Developmental period (mean \pm SD, days) of larval instar				Pupa	Larva to Pupa
	1 st	2 nd	3 rd	Total		
15	5.7 \pm 0.8a ¹⁾ (n = 46) ²⁾	4.7 \pm 0.7a	5.0 \pm 0.7a	15.4 \pm 1.8a	22.7 \pm 0.7a (n = 36)	38.0 \pm 3.6a
20	3.1 \pm 0.3b (n = 54)	2.6 \pm 0.6b	2.6 \pm 0.7b	8.3 \pm 1.4b	11.0 \pm 0.4b (n = 44)	19.3 \pm 1.8b
25	2.0 \pm 0.2c (n = 47)	2.0 \pm 0.4c	1.5 \pm 0.7c	5.5 \pm 1.5c	6.9 \pm 0.4c (n = 44)	12.5 \pm 1.2c
30	2.0 \pm 0.1d (n = 53)	1.0 \pm 0.0c	1.2 \pm 0.4c	4.2 \pm 0.4d	6.0 \pm 0.5d (n = 44)	10.2 \pm 0.7d

¹⁾Means with the same letters within the same columns are not significantly different by Tukey's-Kramer test after one way ANOVA ($p < 0.05$).

²⁾Number of individuals tested.

Table 3. Survival and emergence rates of *Micromus angulatus* at four different temperatures

Temp. (°C)	No. of individuals observed	Survivorship (%) of larval instar				Pupal survivorship (%)	Emergence (%)
		1 st	2 nd	3 rd	Total		
15	50	92.0	91.3	97.6	82.0	87.8	72.0
20	57	94.7	96.3	96.2	87.7	88.0	77.2
25	49	95.9	93.9	97.8	91.8	97.8	89.8
30	56	94.6	100	96.2	96.2	86.3	78.6

따라 1.4~7.3일 길었다. 1령 유충부터 번데기까지는 15, 20, 25, 30°C 에서 각각 38.0, 19.3, 12.5, 10.2일이 소요되었다(Table 2).

Sato and Takada(2004)는 갈고리뱀잠자리붙이에게 아카시아진딧물을 먹이로 제공하여 15, 20, 25, 30°C 에서 유충 기간이 각각 20.5, 8.5, 5.7, 5.0일이고, 번데기 기간은 각각 23.2, 11.7, 6.6, 6.1일이라고 하였다. 또한 뱀잠자리붙이과에 속하는 *Micromus igorotus*에게 목화진딧물을 먹이로 제공한 실험실 조건에서 유충 기간이 5.5일, 번데기 기간이 9.6일이었으며(Vidaya et al., 2007), *Symphorobius pygmaeus*에게 굴가루작지벌레를 먹이로 제공한 25°C 에서 유충 기간이 11.8일, 번데기 기간이 12.6일이라고 하였다(Yayla and Satar, 2012). 본 실험충과 동일한 종인 Sato and Takada(2004) 보고와 각각의 온도별로 비교해 보면 유충은 15°C 를 제외한 나머지 온도에서 0.2~0.8일, 번데기는 0.1~0.7일 차이로 매우 유사한 것으로 나타났다. 또한 본 실험충과 다른 종인 *S. pygmaeus*와 25°C 비교에서 유충 기간은 6.3일, 번데기 기간은 5.7일의 차이가 있었는데, 이는 종 고유의 생리적 특성 때문이 아닌가 생각된다.

유충 및 번데기의 생존율

갈고리뱀잠자리붙이 유충의 생존율은 15°C 에서 82.0%로

가장 낮았고, 30°C 에서 96.2%로 가장 높았다. 하지만 번데기의 생존율은 30°C 에서 86.3%로 가장 낮았고, 25°C 에서 97.8%로 가장 높았다. 전체 발육기간(유충 + 번데기)의 생존율은 25°C 에서 89.8%로 가장 높았다(Table 3). Sato and Takada(2004)는 갈고리뱀잠자리붙이의 생존율이 유충은 30°C 에서 86.4%, 번데기는 20°C 에서 81.0%로 가장 높았으며, 전체 발육기간 생존율은 20°C 에서 65.4%로 가장 높았다고 하였다. 본 결과와 비교해 유충과 번데기 모두 생존율이 낮았으며, 전체 발육기간 생존율이 가장 높았던 25°C 와 비교에서도 24.4%의 차이가 났다. 이러한 원인은 제공한 먹이의 종류 또는 미세한 실험조건 차이에 기인된 것으로 여겨진다.

발육영점온도 및 유효적산온도

갈고리뱀잠자리붙이의 발육영점온도(DT)는 알, 유충, 번데기가 각각 11.0, 9.2, 9.2°C 였고, 알부터 번데기까지는 9.6°C 이다. 유효적산온도(ET)는 알, 유충, 번데기가 각각 62.5, 88.5, 122.0일도였고, 알부터 번데기까지는 270.3일도이다(Table 4). Sato and Takada(2004)는 갈고리뱀잠자리붙이의 발육기간 전체 발육영점온도는 9.0°C 였고, 유효적산온도는 297.0일도라고 하여 발육영점온도는 본 조사와 유사하였지만, 유효적산온도

Table 4. Developmental threshold (DT) and effective accumulative temperature (ET) of *Micromus angulatus*

Developmental stage	Regression equation	DT (°C)	ET (day-degree)
Egg	$Y = 0.0160X - 0.1762$ ($R^2 = 0.998$)	11.0	62.5
Larva	$Y = 0.0113X - 0.1039$ ($R^2 = 0.999$)	9.2	88.5
Pupa	$Y = 0.0082X - 0.0748$ ($R^2 = 0.974$)	9.2	122.0
Egg → Pupa	$Y = 0.0037X - 0.0357$ ($R^2 = 0.993$)	9.6	270.3

Table 5. Mean (\pm SD) oviposition and longevity of adult female *Micromus angulatus* reared on *Aulacorthum solani* at four different temperatures

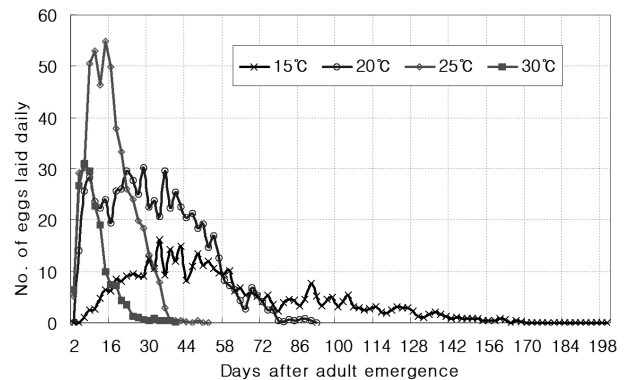
Temp. (°C)	No. of individuals observed	Preoviposition period (days)	Oviposition period (days)	No. of eggs laid	Female longevity (days)
15	21	$13.6 \pm 10.7a^{1)}$	$106.0 \pm 43.1a$	$434.0 \pm 250.3a$	$140.7 \pm 45.7a$
20	25	$3.7 \pm 2.1b$	$52.9 \pm 19.5b$	$666.0 \pm 418.3ab$	$62.4 \pm 17.7b$
25	24	$2.0 \pm 1.2b$	$28.7 \pm 9.0c$	$515.2 \pm 304.6b$	$34.9 \pm 7.4c$
30	22	$2.0 \pm 1.0b$	$18.3 \pm 7.7d$	$194.5 \pm 171.7c$	$26.6 \pm 9.5d$

¹⁾Means with the same letters within the same columns are not significantly different by Tukey's-Kramer test after one way ANOVA ($p < 0.05$).

는 26.7일도의 차이가 났는데, 이는 실험상의 미미한 발육기간 차이가 누적된 결과로 여겨진다. 또 다른 뱀잠자리과에 속하는 *M. tasmaniae*는 알부터 번데기까지 발육영점온도가 5.8°C 이고, 유효적산온도는 326일도로(Syrett and Penman, 1981), 갈고리뱀잠자리붙이에 비해 발육영점온도는 3.8°C 낮고, 유효적산온도는 55.7일도 높은 것으로 보아 종에 따라 발육영점 온도와 유효적산 온도가 각기 다른 것으로 생각된다.

성충 산란수 및 수명

온도조건에 따른 갈고리뱀잠자리붙이 성충의 산란수와 수명은 Table 5와 같다. 산란수는 15, 20, 25, 30°C에서 각각 434.0, 666.0, 515.2, 194.5개였고, 성충수명은 15, 20, 25, 30°C에서 각각 140.7, 62.4, 34.9, 26.6일이었다. 산란수는 20°C에서 가장 많았으며, 30°C에서 가장 적어 온도에 따른 차이가 심하였다. 산란기간과 성충의 수명은 온도가 낮아질수록 길어지고, 온도가 높아질수록 짧아졌다. Sato and Takada(2004)는 갈고리뱀잠자리붙이가 20°C에서 산란수 389.9개, 산란기간 35.9일, 성충수명 45.8일이라고 하였다. 본 조사 20°C와 비교해 산란수는 267.1개, 산란기간은 17일, 성충수명은 16.6일의 차이가 났다. 이러한 원인이 제공한 먹이가 다르기 때문으로 추정되는데, 먹이는 종류에 따라 영양적 구성성분과 기호성이 달라 곤충의 발육, 산란, 수명 등에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (Yusima et al., 1991). Navi et al.(2010), Vidya et al.(2010)은 *M. timidus*에게 목화진딧물과 납작진딧물 일종(*Ceratovacuma*

**Fig. 1.** Daily oviposition patterns of *Micromus angulatus* reared at four different temperatures.

lanigera)을 먹이로 제공하였는데, 산란수는 각각 794.5, 583.5개였으며, 산란기간은 각각 39.9, 28.8일이고, 암컷성충 수명은 각각 45.8, 34.4일이라고 하였다. 또 Vidya et al.(2007)은 *M. igorotus*에게 6종의 진딧물을 제공하여 산란력을 조사한 결과, 산란수가 최대 2.7배까지 차이가 났었다. 이와 같이 동일한 종임에도 불구하고 먹이의 종류에 따라 산란수와 수명 등이 달라지는 것을 알 수 있다.

갈고리뱀잠자리붙이 성충의 일별 산란수를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 산란기간이 가장 긴 온도는 15°C로 198일이었고, 가장 짧았던 온도는 30°C로 38일이었다. 일일 산란수가 가장 많은 온도를 순서대로 보면 25°C에서 14일차에 54.8개, 30°C에서 6일차에 31.0개, 20°C에서 28일차에 30.2개, 15°C에서 34일

Table 6. Daily aphid consumption by *Micromus angulatus* at 25°C

Developmental stage	Daily aphid consumption			
	<i>Aulacorthum solani</i>		<i>Aphis gossypii</i>	
	No. of individuals observed	mean±SD	No. of individuals observed	mean±SD
1 st	8	18.9 ± 13.4	10	20.6 ± 14.5
2 nd	10	47.2 ± 8.9	10	34.5 ± 9.3
3 rd	10	57.7 ± 25.1	10	57.0 ± 27.8
Adult	10	91.0 ± 6.4	9	99.9 ± 30.8

차에 16.1개 순으로 25°C가 가장 많이 산란하는 것으로 나타났다. 온도별로 전체 산란수의 50%를 산란하는 기간은 15, 20, 25, 30°C에서 각각 50.0, 30.0, 14.0, 8.0일이었다. 대체로 낮은 온도로 갈수록 일일 산란수는 적어지지만 산란기간은 길어지는 추세이다.

갈고리뱀잠자리붙이의 진딧물 포식량

갈고리뱀잠자리붙이의 유충과 성충의 싸리수염진딧물과 목화진딧물 2령에 대한 일일 포식량은 Table 6과 같다. 갈고리뱀잠자리붙이의 1, 2, 3령 유충 및 성충이 싸리수염진딧물을 각각 18.9, 47.2, 57.7, 91.0마리, 목화진딧물을 각각 20.6, 34.5, 57.0, 99.9마리를 포식하였다. 뱀잠자리붙이과인 *M. timidus*의 경우 목화진딧물을 포식하는 수는 1, 2, 3령 유충 및 성충이 각각 33.9, 77.7, 100.4, 13.7마리였고(Navi et al., 2010), *M. australis*는 사탕수수진딧물(*Melanaphis sacchari*)을 1, 2, 3령 유충과 성충이 각각 29.4, 50.2, 56.3, 14.0마리를 포식하였다(Vidya et al., 2008). 본 조사의 목화진딧물 포식량과 비교해 약충의 경우 *M. timidus*와 *M. australis*보다 적었으나, 성충의 경우는 *M. timidus*보다 86.2마리, *M. australis*보다 77.0마리를 더 많이 포식하는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 단순 비교는 제공되는 먹이의 크기나 종류에 따라 차이가 있을 수 있으며, 정확한 비교는 동일한 환경 조건에서 동일한 크기의 먹이 제공에 의해서 가능할 것으로 생각된다.

이상의 결과에서 갈고리뱀잠자리붙이는 30°C 이상의 높은 온도보다 15°C~25°C 사이의 온도에서 산란수가 많았으며, 발육영점온도는 9~11°C로 상당히 낮은 것으로 나타났다. Sato and Takada(2004)에 의하면 뱀잠자리붙이과에 속하는 *M. linearis*의 경우 10°C에서 559.9개를 산란한다고 하였고, Malais and Ravensberg (1992)는 뱀잠자리붙이과(Brown lacewings)의 천적은 약 8°C의 온실에서 활동이 가능하다고 한 것으로 보아 저온부에서 상당히 강한 특성을 지니고 있는 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 농촌진흥청 연구과제인 ‘토착천적의 탐색 및 이용 기술 개발’(과제번호: PJ006855)을 수행한 결과로 작성되었습니다. 실험에 사용한 *Micromus angulatus*의 동정결과 자료를 제공하여 주신(주)동부팜세레스의 신현진 박사께 감사를 드립니다.

Literature Cited

- Anonymous, 1994. Check list of insect from Korea (The Entomological society of Korea and Korean society of applied entomology). Kon-kuk university press, Seoul, Korea, pp. 744.
- Blackman, R.L., Eastop, V.F., 1984. Aphids on the world's crops: an identification and information guide. John Wiley & Sons. New York. pp. 446.
- Eilenberg, J., Hajer, A., Lomer, C., 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl* 46, 387-400.
- Islam, S.S., Chapman, R.B., 2001. Effect of temperature on predation by tasmanian lacewing larvae. *New Zealand plant protection* 54, 244-247.
- Kim, S., Cho, S.W., 2011. Taxonomic notes on the species of Hemeroibiidae (Neuroptera) of Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 50, 65-69.
- Kim, T.H., Oh, S.H., Kim, Y.H., Jeong, J.C., 2010. A new record of *Micromus angulatus* (Neuroptera: Hemeroibiidae) from Korea. *Korean J. Syst. Zool.* 26, 157-159.
- MacLeod, E.G., Stange, L.A., 2011. Brown lacewings (of Florida) (Insecta: Neuroptera: Hemeroibiidae). <http://edis.ifas.ufl.edu/in382>.
- Malais, M., Ravensberg, W.J., 1992. The biology of glasshouse pests and their natural enemies. *Koppert biological systems*, pp. 288.
- Navi, S.S., Lingappa, S., Patil, R.K., 2010. Biology and feeding potential of *Micromus timidus* Hagen on cotton aphid, *Aphis gossypii* (Glover). *Karnataka J. Agric. Sci.* 23, 652-654.
- New, T.R., 1975. The biology of Chrysopidae and Hemeroibiidae (Neuroptera), with reference to their usage as biocontrol agents: a

- review. Transactions of the Royal Entomological Society of London 127, 115-140.
- Potemkina, V.I., Kovalenko, T.K., 1990. The use of aphid predator *Micromus angulatus* in the integrated vegetable protection system. Nauchno-Tekhnicheskii Byulleten, VASKhNIL, Sibirskoe Otdelenie 2, 24-32.
- Samson, P.R., Blood, P.R.B., 1980. Voracity and searching ability of *Chrysopa Signata* (Neuroptera: Chrysopidae), *Micromus tasmaniae* (Neuroptera: Hemeroibiidae), and *Tropiconabis capsiformis* (Hemiptera: Nabidae). Australian J. Zool. 28, 575-580.
- Sato, T., Takada, H., 2004. Biological studies on three *Micromus* species in Japan (Neuroptera: Hemeroibiidae) to evaluate their potential as biological control agents against aphids: 1. Thermal effects on development and reproduction. Appl. Entomol. Zool. 39, 417-425.
- Stelzl, M., Hassan, S.A., 1992. Rearing of *Micromus angulatus* (Steph.) (Neuropteroidea, Hemeroibiidae), a new candidate beneficial insect for the biological control of insect pests in greenhouses. J. Appl. Entomol. 114, 32-37.
- Stelzl, M., Hassan, S.A., Gepp, J., 1992. Experiments in the rearing of hemeroibiids (Neuroptera, Planipennia) as natural enemies of greenhouse pests. Mitteilungen der deutschen gesellschaft für allgemeine und angewandte entomologie 8, 187-192.
- Syrett, P., Penman, D.R., 1981. Developmental threshold temperatures for the brown lacewing, *Micromus tasmaniae* (Neuroptera: Hemeroibiidae). New Zealand J. Zool. 8, 281-283.
- Vidya, M., Lingappa, S., Payil, R.K., Ramegowda, G.K., 2007. Host range potential of brown lacewing, *Micromus igorotus* Banks. J. Biol. Control 21, 167-171.
- Vidya, M., Lingappa, S., Payil, R.K., Ramegowda, G.K., 2008. Biology and feeding potential of *Micromus australis* Hagen on sorghum aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntne). J. Biol. Control 22, 467-470.
- Vidya, M., Lingappa, S., Payil, R.K., Ramegowda, G.K., 2010. Biology and feeding potential of *Micromus timidus* Hagen (Neuroptera: Hemeroibiidae) on sugarcane woolly aphid, *Ceratovacuna lanigera* Zehntner. Karnataka J. Agric. Sci. 23, 246-248.
- Williams, F.X. 1927. The brown Australian lacewing (*Micromus vinaceus*). Hawaiian planter's record 31, 246-249.
- Yadav, A., He, X.Z., Wang, Q., 2008. Effect of photoperiod on development and reproduction in tasmanian lacewing *Micromus tasmaniae* (Walker) (Neuroptera: Hemeroibiidae). New Zealand plant protection 61, 338-342.
- Yayla, M., Satar, S., 2012. Temperature influence on development of *Sympherobius pygmaeus* (Rambur) (Neuroptera: Hemeroibiidae) reared on *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae). Türk. Entomol. Derg. 36, 11-22.
- Yusima, S., Kamano, S.N., Tamaki, Y.o., 1991. Rearing methods of insects. Jpn. Plant Protec. Asso. pp. 392.