

아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)의 외부기생봉 굴파리좀벌(*Diglyphus isaea*)의 생태적 특성 및 저장 조건 구명

김정환* · 변영웅 · 김용현 · 김황용

농촌진흥청 농업과학기술원 농업해충과

Ecological Characteristics and Storage Condition of *Diglyphus isaea* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae), an Ectoparasite of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae)

Jeong-Hwan Kim*, Young-Woong Byoun, Yong-Heon Kim and Hwang-Yong Kim

Applied Entomology Division, National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT : Experiments have been performed to investigate biological characteristics of *Diglyphus isaea* (Walker), an ectoparasite of *Liriomyza trifolii* (Burgess). At 25°C, development time of *D. isaea* was estimated as 1.3 days for eggs, 4.5 days for larvae and 6.3 days for pupae. Adult longevity was 25.1 days, and a female adult could lay 305.3 eggs throughout its lifetime. Number of *L. trifolii* parasitized or killed by the wasp was 962.2 individuals/adult. Most of all parasitized or killed larvae were identified as third instar. With 20% honeyed water as food source, half of the adults could survive 180 days at 5°C, 150 days at 10°C, and 90 days at 15°C. After storing at 10°C with absolute honey for 30 days, 70 days and 140 days, a female adult in room temperature laid eggs 190.8 individuals, 104.0 individuals and 89.4 individuals, respectively.

KEY WORDS : Natural enemy, *Diglyphus isaea*, *Liriomyza trifolii*, Cold storage

초 록 : 아메리카잎굴파리 외부기생봉인 굴파리좀벌의 온도별 알, 유충, 번데기 발육기간과 성충의 산란수, 기주체액 흡즙수, 성충수명, 저온 저장력 등을 조사하였다. 굴파리좀벌의 알기간, 유충기간, 번데기 기간은 25°C에서 각각 1.3일, 4.5일, 6.3일이었다. 성충의 산란수, 기주체액 흡즙수, 성충수명은 25°C에서 각각 305.3마리, 657.0마리, 25.1일이었다. 아메리카잎굴파리 유충 영기별 굴파리좀벌의 산란선호성과 흡즙선호성을 조사한 결과 각각 90.2%와 82.8%가 3령 유충에 집중되었다. 굴파리좀벌의 저온저장에 따른 50% 생존기간은 꿀물 20%희석 용액을 제공할 경우 5°C, 10°C, 15°C에서 각각 180일, 150일, 90일이었다. 굴파리좀벌 저온저장 후 산란수는 저장기간 30일, 70일, 140일에서 각각 190.8개, 104.0개, 89.4개였다.

검색어 : 천적, 굴파리좀벌, 아메리카잎굴파리, 저온저장

*Corresponding author. E-mail: jhk53@rda.go.kr

굴파리좀벌(*Diglyphus isaea* (Walker))은 벌목(Hymenoptera) 좀벌과(Eulophidae)에 속하는 잎굴파리의 외부 기생벌(ectoparasite)로(Anonymous, 1994; Konishi 1998), 유럽, 북아메리카, 일본, 한국 등에서 발생하지만 세계적으로 분포는 그다지 넓지 않다. 굴파리좀벌 성충의 체색은 검정색이고, 뒷다리에 황색의 띠가 있으며, 체장은 0.9 mm-1.6 mm 정도이다(Konishi, 1998). 암컷 성충은 산란 전에 잎굴파리의 유충을 마비시키고 유충의 몸 바깥쪽에 기본적으로 1개만 산란 한다(Malais and Ravensberg, 1992). 잎굴파리 모든 영기의 유충에 산란하지 않고 자손에게 충분한 양분을 공급하기 위하여 가능한 큰 기주인 2령 후기부터 3령 유충에 대부분 산란을 한다(Sugiki, 1999; Kim *et al.*, 2005). 산란된 알의 크기는 길이가 약 0.29 mm, 폭이 0.08 mm 정도로 육안으로 구분하기가 매우 어렵다(Ibrahim and Madge, 1978). 굴파리좀벌의 유충은 잎굴파리 유충의 사체를 먹고 성장하는데, 3령기의 과정을 거친다. 1령 유충은 무색투명하고, 2령 유충은 황색 또는 반투명 갈색이며, 3령 유충은 청녹색 또는 갈색으로 변한 뒤 번데기가 된다. 번데기는 처음에 녹색이지만 점차 검정색이 된다. 성충은 산란에 의한 기생뿐만 아니라 산란에 필요한 영양섭취를 위해 산란관으로 잎굴파리 유충의 몸에 작은 구멍을 만들어 그 체액을 흡즙(host feeding) 한다(Malais and Ravensberg, 1992). 굴파리좀벌 암컷 한 마리가 일생동안 산란과 체액흡즙을 통해 아메리카잎굴파리 유충 1,234마리를 치사 시킨다(Nicoli and Paolo, 1993). 이와 같이 잎굴파리 치사능력이 우수한 국내 토착종인 굴파리좀벌에 대한 온도발육, 산란 및 기주체액 흡즙력, 저온 내성 등의 생물학적 특성을 조사한 결과를 굴파리좀벌의 대량사육 및 생물적방제를 위한 천적으로 이용하는 데 기초자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험곤충

실험에 사용한 굴파리좀벌은 2002년 5월 전북 익산군 왕궁면의 완두콩 재배지에서 완두굴파리 유충에 기생된 번데기를 채집하여 실내에서 우화시켜 아메리카잎굴파리 유충을 기주로 누대사육 한 개체이다.

온도별 발육기간

실험에 사용한 기주작물은 오이(백봉백다다기, 농우바

이오)이며, 파종 2주 후 작물의 크기는 약 15-20 cm 정도로 잎은 제 1본엽만 남기고 나머지 잎은 모두 제거하였다. 굴파리좀벌의 기주인 아메리카잎굴파리 유충을 얻기 위하여 잎굴파리 성충 사육상(130×60×70 cm, 투명 아크릴)에 기주작물인 오이를 넣어 1일 동안 산란을 받았다. 산란 받은 기주식물은 아메리카잎굴파리 유충 발육상(30×30×30 cm, 투명 아크릴)에 넣어, 25°C로 조절된 항온기에서 3령 유충까지 발육시키고, 3령 유충을 굴파리좀벌 산란상(30×30×30 cm, 투명 아크릴)에 넣어 1일 동안 산란을 받았다. 굴파리좀벌에 의해 기생된 아메리카잎굴파리 유충을 현미경 하에서 기생된 유충 주변에 매직펜(네임펜)으로 개체별 표시를 하였다. 처리온도는 15±1°C, 20±1°C, 25±1°C, 30±1°C에 습도는 65±5%로 조절된 각각의 항온기에 표시된 잎굴파리 유충을 30개체씩 처리한 후 매일 오전 10시부터 항온기에서 꺼내어 알 기간, 유충 기간, 번데기 기간을 현미경으로 조사하였다.

발육영점온도와 유효적산온도

발육영점온도는 사육온도별 평균발육기간을 역수로 변환하여 발육속도(1/발육기간)로 바꾼 후 온도와 발육과의 직선회귀식을 구하고, 구한 식으로부터 발육속도가 0이 되는 온도(×절편)를 계산하여 발육영점온도로 하였다. 유효적산온도는 직선회귀식의 기울기 값을 역수로 취하여 구하였다.

온도별 산란수, 기주체액 흡즙수 및 성충수명

실험에 사용한 기주작물은 온도별 발육기간과 동일한 크기의 오이를 사용하였다. 실험용 케이지(직경 14 × 높이 20 cm, 투명 아크릴 원통형)는 한쪽 편에는 공기유통을 위해 0.1 mm 정도 되는 미세한 망사를 붙였고, 반대편에는 직경 14 cm 되는 스티로폼 가운데에 직경 3 cm 구멍을 뚫고, 케이지에 붙였다. 케이지에 산란식물을 넣는 방법은 스티로폼에 뚫린 구멍으로 아메리카잎굴파리 3령 유충이 서식하는 오이의 잎을 집어넣고, 케이지 내에 있는 굴파리좀벌이 밖으로 나오지 못하게 하기 위하여 탈지면으로 구멍을 막았다. 실험 케이지의 전체적인 모습은 오이 잎 부분은 케이지 내에 있고, 하부 줄기와 포트(뿌리) 부분은 케이지 밖에 있는 형태이다

산란수, 기주체액 흡즙수, 성충수명 조사는 아메리카잎굴파리 산란상에 기주식물을 넣어 1일 동안 산란을 받고 꺼내어 25°C 항온기에서 부화 및 유충을 발육시켜 기주식물 1주당 3령 유충이 약 50-60마리 정도 서식하고 있는

것을 실험기주로 이용하였다. 실험용 케이지에 우화 1일차의 굴파리좀벌 암컷 성충 1마리와 수컷 2마리를 넣고, 동시에 앞굴파리 3령 유충이 서식하는 기주식물 2주(앞굴파리 유충 약 100-120마리)를 넣었다. 1일 동안 굴파리좀벌에 노출된 기주식물은 매일 꺼내어 현미경하에서 마취되어 움직이지 않는 앞굴파리 유충수를 조사한 후, 굴파리좀벌 유충 발육케이지(20×20×20 cm, 투명 아크릴)에 넣었다. 굴파리좀벌 발육 케이지는 15±1°C, 20±1°C, 25±1°C, 30±1°C에 습도는 65±5%로 조절된 각각의 항온기에 넣고, 약 1주일 정도 경과되어 굴파리좀벌 유충이 번데기가 되면, 기주식물의 잎을 절단하여 콤팩트사레(직경 9 × 높이 3 cm)에 1잎씩 넣어, 성충으로 우화시켰다. 우화한 성충은 알콜(70%)에 담아 현미경으로 총 마릿수를 조사하였다. 산란수와 기주체액 흡즙수는 실험용기에서 매일 교체하여 꺼낸 기주식물에 굴파리좀벌의 공격으로 마취되어 움직이지 않는 앞굴파리 유충 총 수는 치사수로, 성충으로 우화한 굴파리좀벌의 수는 산란수로, 치사수에서 산란수를 제외한 나머지 수를 기주체액 흡즙수로 하였다. 굴파리좀벌 암컷 성충의 수명은 실험 케이지에 접촉한 성충을 매일 기주식물을 교체 하면서 생존 유무를 조사하였다.

기주곤충 영기별 산란 및 기주체액 흡즙수

실험에 사용한 기주곤충은 아메리카앞굴파리 유충이며, 기주식물과 아메리카앞굴파리 알의 채란방법은 “온도별 발육기간”과 같은 방법으로 실시하였다. 앞굴파리 유충 발육상에서 산란 후 약 2일 경과한 1령, 3일 경과한 2령, 5일 경과한 3령을 각각 꺼내어 기주식물에 20-30개체가 서식하는 앞굴파리 유충을 실험 케이지(20×20×20 cm, 투명 아크릴)에 넣고, 우화 후 5일된 굴파리좀벌 성충 1쌍을 접종하였다. 접종 1일 후 굴파리좀벌의 공격을 받아 마취되어 움직임이 없는 앞굴파리 유충수를 조사하고, 별도의 유충 발육 케이지에 넣어 보관하였다. 보관 10일 후 꺼내어 번데기가 형성된 개체수를 산란수로 하였다. 처리 반복수는 3반복으로 실시하였다.

저온저장 기간별 생존율과 저장 후 생식능력

저온저장 기간별 생존율 실험에 사용한 용기는 플라스틱 투명 원형 튜브를 이용하였다. 처리조건은 먹이를 제공하지 않은 것, 꿀물 20% 희석 용액 제공, 꿀물 100% 용액 제공 3조건으로 구분하였으며, 우화 1일차 되는 굴파리좀벌 성충을 각각의 처리 조건별로 실험 용기 당 10마리씩 3반복(총 30마리)으로 실시하였다. 저장온도는 5°C, 10°C, 15°C의 압조건 항온기에 각각 보관한 후 약 10일 간격으로 꺼내어 생존충수를 조사하였다. 꿀물 제공 방법은 탈지면에 꿀물을 적서 용기내의 뚜껑에 붙였으며, 보관 과정에 곰팡이 등에 오염될 경우는 새로운 꿀물로 교체하여 주었다.

저온 저장 후 생식능력 조사를 위해 사용한 실험 용기는 “온도별 산란수, 기주체액 흡즙수, 성충수명” 시험에서 사용한 동일한 것을 이용하였다. 실험충의 저장 온도는 10°C에 꿀물 100% 용액을 제공하여 보관 중인 성충을 30일, 50일, 70일, 90일, 110일, 140일 및 170일에 각각 꺼내어, “온도별 산란수, 기주 흡즙수, 성충수명” 시험과 동일한 방법으로 처리하여 조사하였다.

자료분석

굴파리좀벌의 온도별 알 기간, 유충 기간, 번데기 기간, 산란수, 성충수명, 저온 저장 후 산란수 등은 SAS V. 9.1 Utilities (Enterprise guide 3.0)를 이용하여 Duncan's Multiple Range Test를 통한 유의차를 분석하였다.

결과 및 고찰

온도별 발육기간

굴파리좀벌의 알, 유충, 번데기의 온도별 발육기간은 Table 1과 같다. 처리온도 15°C, 20°C, 25°C 및 30°C에서

Table 1. Development days (means±SD) of eggs, larvae and pupae of *D. isaea* at 15, 20, 25 and 30°C under 65±5% RH and 16 h (light) : 8 h (dark)

Temp. (°C)	n	Egg period	Larval period	Pupal period			Egg to Pupa
				Green pupa	Black pupa	Total	
15	22	3.6±0.5a	9.4±0.5a	8.0±1.1a	5.5±0.8a	13.6±1.4a	26.6
20	24	2.2±0.6b	6.1±0.7b	5.7±0.6b	2.8±0.7b	8.5±0.7b	16.7
25	22	1.3±0.5c	4.5±0.9c	4.6±0.8c	1.8±0.8c	6.3±0.7c	12.1
30	30	1.0±0.0d	3.0±0.6d	3.5±0.6d	1.7±0.5d	5.2±0.5d	9.2

Means in a column followed by the same letter are not significantly different by DMRT (p=0.05)

알 기간은 각각 3.6일, 2.2일, 1.3일 및 1.0일이고, 유충 기간은 각각 9.4일, 6.1일, 4.5일 및 3.0일이었으며, 번데기는 초기에 녹색을 띠고 후기에는 검정색으로 변하는데 그 기간은 각각 13.6일, 8.5일, 6.3일 및 5.2일로 나타났다. 모든 태에서 15°C에서 가장 길었고, 30°C에서 가장 짧은 것으로 나타났으며, 25°C와 30°C 차이보다 15°C와 20°C의 발육기간 차이가 긴 것으로 보이나, 각 온도간의 통계적 유의성은 인정되었다. 대부분의 곤충은 낮은 온도에서는 발육이 느리게 진행되기 때문에 온도 간 발육기간 차이가 크지만, 높은 온도에서는 발육의 진행이 빠르기 때문에 온도 간 발육기간 차이가 작은 것이 일반적인 현상이다. Minkenberg (1989)는 굴파리좀벌이 아메리카잎굴파리를 기주로 이용할 때 알부터 번데기까지의 기간이 15°C, 20°C 및 30°C에서 각각 26.0일, 16.6일 및 10.5일로 본 조사와 비교해 볼 때 15°C와 20°C에서는 거의 유사한 결과였으나, 25°C에서는 약 1.6일의 짧은 것으로 나타났다. Ibrahim and Madge (1978)는 20°C에서 굴파리좀벌 알 기간이 1.6일, 유충 기간 5.0일(1령 0.9일, 2령 0.6일, 3령 3.5일), 번데기 기간 8일이라고 하여 본 조사에 비하여 번데기 기간은 유사하였으나, 알 기간은 0.7일, 유충 기간은 1.1일의 차이가 났다. 이러한 차이는 매일 조사시간 동안 노출되는 온도나 항온기 내의 온도 편차와 지속기간 등 실험과정에서 미미한 차이들이 발육이 느린 낮은 온도보다 빠르게 진행되는 높은 온도에서 더 민감하게 작용했기 때문으로 생각된다.

발육영점온도와 유효적산온도

굴파리좀벌의 온도발육기간 조사에 의한 알, 유충, 번데기의 발육영점온도(DT)와 유효적산온도(ET)를 구한 값은 Table 2와 같다. 알, 유충, 번데기의 발육영점온도는 각각 9.9°C, 8.6°C, 5.5°C이고, 유효적산온도는 20.2일도, 67.2일도, 125.1일도이다. Minkenberg (1989)는 굴파리좀벌의 발육영점온도가 알-유충이 9.6°C, 번데기 7.7°C, 알-번데기까지 8.7°C라고 하였는데, 본 조사에 비하여 알-유충기간은 약 0.3°C 차이로 거의 유사하였으나, 번데기는 2.2°C의 차이가 발생하였다. 이러한 차이의 원인은 본 조사는 15°C에서 30°C까지 조사 결과이지만, Minkenberg (1989)는 15°C에서 25°C까지의 조사결과를 산출한 것이기 때문으로 보인다. 결과적으로 발육영점온도가 가장 낮은 번데기 태가 저온에 강하고, 발육영점온도가 가장 높은 알이 저온에 약하다고 볼 수 있다. 유효적산온도는 알기간이 가장 짧고 번데기 기간이 가장 긴 것으로 나타났다.

온도별 산란수, 기주체액 흡즙수, 성충수명

굴파리좀벌 성충의 온도별 산란수, 기주체액 흡즙수, 수명은 Table 3과 같다. 굴파리좀벌은 종족번식을 위해 잎굴파리 유충의 몸에 산란을 하거나, 영양섭취를 위해 유충의 체액을 흡즙하는 2가지 형태로 잎굴파리 유충을 죽이는 특성을 가지고 있다(Sugiki, 1999). 실험온도 20°C, 25°C, 30°C 및 35°C에서 산란수는 각각 243.2개, 305.3개, 82.5개 및 1.0개, 기주체액 흡즙수는 각각 468.9마리,

Table 2. Development threshold (DT) and effective temperature (ET) at different stages of *D. isaea*

Stage	Regression model	R ²	DT (°C)	ET (day-degee)
Egg	Y=0.04941x - 0.48788	0.993	9.87	20.2
Larva	Y=0.01480x - 0.12670	0.969	8.56	67.2
Pupa	Y=0.00801x - 0.04394	0.996	5.48	125.1
Egg to Pupa	Y=0.04750x - 0.03456	0.999	7.19	211.6

Table 3. Number of *L. trifolii* larvae parasitized or killed by *D. isaea* and longevity of female *D. isaea* at different temperature. (days, means±SD) under 65±5%RH and 16 h (light) : 8 h (dark)

Temp. (°C)	No. of <i>L. trifolii</i> larvae parasitized by <i>D. isaea</i> (A)	No. of larvae killed by host feeding (B)	Mortality of <i>L. trifolii</i> (A+B)	Longevity of female <i>D. isaea</i>
20	243.2±43.2a	468.9±51.4a	712.1±85.8a	33.9±3.3a
25	305.3±5.0a	657.0±127.1a	962.2±33.0a	25.1±3.5a
30	82.5±23.0b	181.5±38.0b	264.0±60.8b	12.3±2.1b
35	1.0±0.4b	66.8±17.4b	67.8±17.7b	4.4±0.7b

Means in a column followed by the same letter are not significantly different by DMRT (p=0.05)

657.0마리, 181.5마리 및 66.8마리, 성충 수명은 각각 33.9일, 25.1일, 12.3일 및 4.4일로 조사되었다. 25°C에서 가장 많은 산란과 기주체액 흡즙을 하는 것으로 보아 25°C 내외가 굴파리좀벌의 산란과 기주체액 흡즙활동에 가장 적합한 온도로 생각된다. 각 온도간의 통계적 유의성은 20°C와 25°C가 같고, 30°C와 35°C가 같은 것으로 나타났으나, 실제 35°C에서는 산란을 하여도 발육이 거의 이뤄지지 못하며, 기주 흡즙수도 25°C의 1/10에 불과하고, 암컷성충의 수명도 4.4일로 매우 짧은 것으로 미루어, 하절기 고온기에는 굴파리좀벌의 잎굴파리 제어능력이 현저히 낮아질 것으로 생각된다. Nicoli and Paolo (1993)는 26°C에서 굴파리좀벌 성충의 수명은 31.9일, 산란기간은 22.9일, 산란수는 350.1개, 기주체액 흡즙수는 884.6마리, 산란과 체액흡즙에 의한 치사수는 1,234.7마리라고 한 반면, Minkenberg (1989)는 굴파리좀벌이 25°C에서 성충수명은 10일, 산란수는 209개, 기주체액 흡즙수는 73마리라고 하여 보고자 간에 많은 차이를 보였다. 이러한 차이는 실험 방법, 실험충의 누대사육에 따른 활력, 종의 계통, 실험환경 등 여러 가지 요인들이 작용하였을 것으로 추정된다.

굴파리좀벌 성충의 온도에 따른 일별 산란수와 기주체액 흡즙수는 Fig. 1과 같다. 굴파리좀벌의 산란은 20°C,

25°C 및 30°C에서는 대체로 우화 3일경부터 본격적인 산란을 시작하는데, 20°C, 25°C는 30-40일경, 30°C에서는 25일경에 대부분 산란이 마무리된다. 그러나 35°C에서는 산란에 의한 발육이 되지 못하는 것으로 나타났다. 기주체액 흡즙 행동은 산란 행동과 거의 유사한 형태의 패턴을 보이는데, 총 치사수(산란수 + 기주체액 흡즙수)에서 총 기주체액 흡즙 비율을 산출하면 20°C, 25°C, 30°C 및 35°C에서 각각 0.66, 0.68, 0.69 및 0.99로 모든 온도에서 산란수보다 기주체액 흡즙수가 많은 것으로 나타났다. Nicoli and Paolo (1993)는 굴파리좀벌의 기주체액 흡즙 비율이 26°C에서 0.72라고 하여 본 조사와 거의 유사한 경향인 반면, Minkenberg (1989)는 25°C에서 0.26으로 오히려 기주체액 흡즙 비율이 낮다고 하여 보고자간의 큰 차이를 보였다. 이러한 원인이 실험방법에 의한 것인지에 대해서는 추가적인 검토가 필요할 것으로 생각된다.

기주곤충 영기별 산란 및 기주체액 흡즙수

굴파리좀벌 성충이 아메리카잎굴파리 유충 영기에 따른 산란 및 기주체액 흡즙수를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 아메리카잎굴파리 유충 1령, 2령 및 3령에 대한

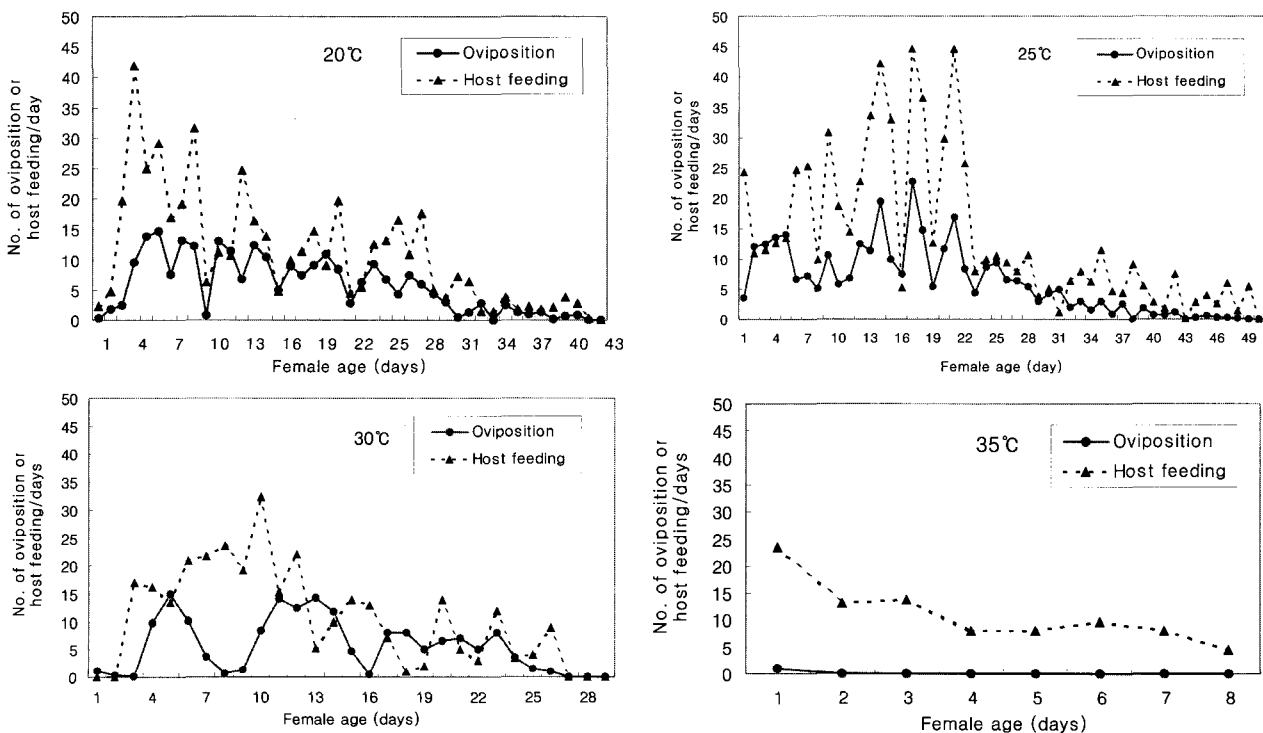


Fig. 1. Daily number of larvae killed by parasitism (Solid line) and host feeding activity (broken line) of *Diglyphus isaea* at 20°C, 25°C, 30°C and 35°C

굴파리좀벌의 산란 선호율은 각각 0%, 9.8% 및 90.2%였고, 기주체액 흡즙 선호율은 각각 2.9%, 14.7% 및 82.8%로 산란과 기주체액 흡즙이 3령 유충에 집중되는 것을 볼 수 있다. Sugiki (1999)는 굴파리좀벌의 기주체액 흡즙은 주로 아메리카잎굴파리 1령과 2령을 선호하고, 3령에는 산란을 선호하는데, 그 이유는 산란한 기생충 유충이 발육시 먹이가 작으면 영양상태가 충분하지 않기 때문에 가능한 한 큰 기주를 선택한다고 하였다. Bordat *et al.* (1995)는 굴파리좀벌과 유사한 외부기생충인 *Hemiptarsenus varicornis*도 아메리카잎굴파리 3령 유충에 주로 산란을 하는 원인은 성충 기생충에 마취된 기주 유충은 발육이 중지되므로 작은 기주에 산란을 하면 기생충 유충의 발육에 불리하기 때문이라고 하였다. 이와 같이 아메리카잎굴파리의 기생충들은 큰 기주에 주로 산란을 하여 기생충 유충이 성장하는데 영양적으로 장애가 없도록 하는 것으로 보인다.

저온저장 기간별 생존율과 저장 후 생식능력

굴파리좀벌의 저온저장 기간별 생존율은 Fig. 2와 같다. 굴파리좀벌 암컷에 먹이제공 없이 10일 동안 저장할 경우 생존율은 5°C, 10°C 및 15°C에서 각각 45.2%, 30.0% 및 0%로 매우 낮게 나타났다. 그러나 꿀물 20%를 희석한 용액을 제공할 경우 50% 생존기간이 5°C, 10°C 및 15°C에서 각각 180일, 150일 및 90일이고, 꿀물 100% 용액을 제공할 경우는 각각 140일, 140일 및 100일로 나타났다. 굴파리좀벌 성충을 저온 저장할 경우 꿀물을 먹이로 제공해야 장기간 보관이 가능한 것으로 나타났다. 5°C에 저장할 경우 꿀물 20% 희석용액 제공에서 50% 생존기간이 180일로 가장 길었고, 10°C와 15°C에 저장할 경우 꿀물 20%와 꿀물 100% 희석용액 제공에서 50% 생존기간 차이는 각각 10일 정도로 거의 유사한 것으로 나타났다.

Table 4. Proportion of larval stage of *L. trifolii* killed by parasitism or host feeding activity of *D. isaea*

Cause of death	Larval stage of <i>L. trifolii</i>		
	1st instar	2nd instar	3rd instar
Parasitism (%)	0	9.8	90.2
Host feeding (%)	2.9	14.7	82.8

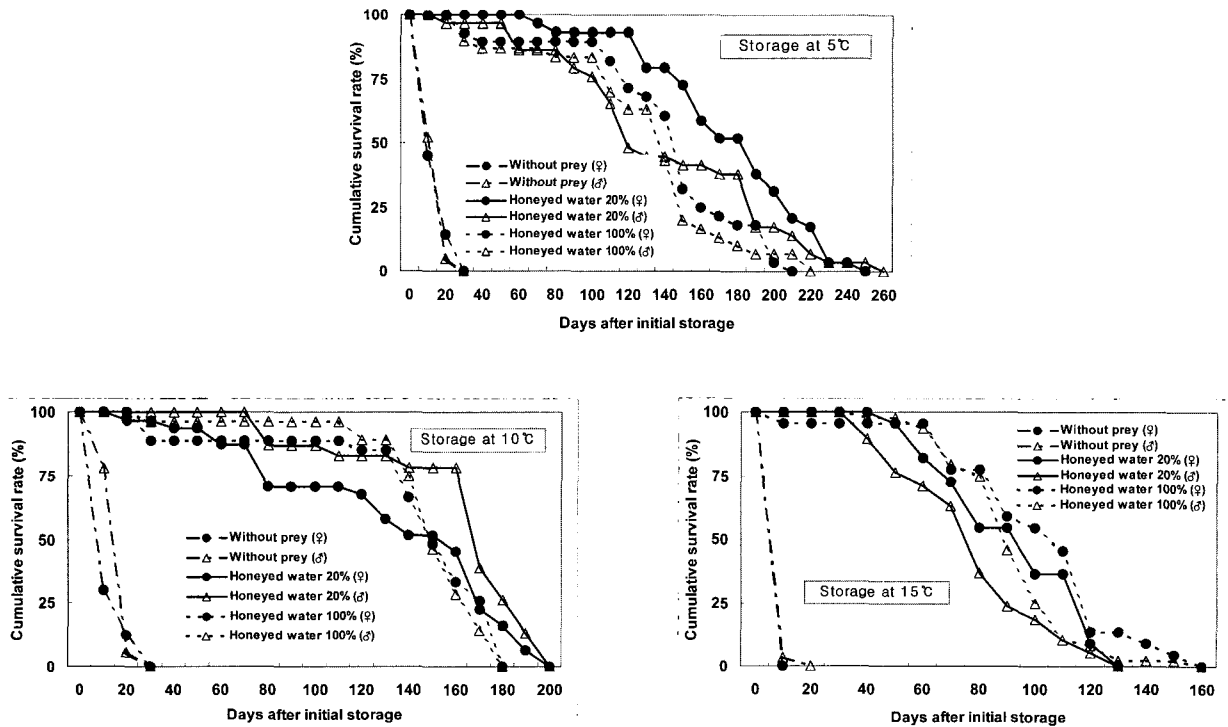


Fig. 2. Survival rate of adult *Diglyphus isaea* provided with or without food source after storage at 5°C, 10°C and 15°C

Table 5. Number of eggs laid by a female *D. isaea* in different stored days at 25°C under 65±5%RH and 16h (light): 8h (dark)

Stored days	Female longevity (days)	No. of egg laid/day	Total no. of egg laid	%
No storage	25.1±3.5a	11.6±0.7a	305.3±50.1a	100
30	18.0±0.8a	10.2±1.6ab	190.8±40.1ab	62.5
50	18.8±5.3a	3.9±1.1c	110.8±51.4b	36.3
70	15.5±3.3a	5.4±2.1c	104.0±60.1b	34.1
90	14.9±3.9a	6.9±1.4bc	136.4±43.1b	44.7
140	20.9±4.1a	3.6±0.7c	89.4±23.8b	29.3
170	15.1±0.4a	3.0±1.1c	72.1±29.9b	23.6

Means in a column followed by the same letter are not significantly different by DMRT ($p=0.05$)

굴파리좀벌 수컷과 암컷의 저장기간 차이는 5°C에서는 다소 차이가 있었으나, 10°C와 15°C에서는 크게 차이가 나지 않았다.

그러나 굴파리좀벌의 저온 생존기간이 아무리 길어도 저장 후에 굴파리좀벌의 활력이 저하되어 천적으로서의 역할을 다하지 못하면 그 저장기간은 쓸모가 없게 된다. 따라서 저장 기간에 따른 굴파리좀벌 성충의 수명과 산란력을 조사한 결과는 Table 5와 같다.

저장기간에 따른 굴파리좀벌 성충의 수명은 30일, 50일, 70일, 90일, 140일 및 170일 저장에서 각각 18.0일, 18.8일, 15.5일, 14.9일, 20.9일 및 15.1일로 저장 기간이 오랫동안 경과되어도 성충 수명은 급격히 짧아지지 않은 것으로 나타났다. 저장 하지 않은 경우 성충수명이 25.1일인데 비해 170일 저장에서 15.1일로 약 10일정도가 짧아지는 것으로 나타났으나, 통계적 유의성은 같은 것으로 보아 굴파리좀벌은 다른 천적에 비하여 저온에 아주 강한 내성을 가지고 있는 것으로 생각된다.

저장기간에 따른 굴파리좀벌의 산란수는 30일, 50일, 70일, 90일, 140일 및 170일 저장에서 각각 190.8, 110.8, 104.0, 136.4, 89.4 및 72.1개로 저장기간이 길어짐에 따라 산란수는 급격히 감소하였다. 저장하지 않은 개체의 산란수를 100%로 보았을 때, 저장기간 30일, 70일 및 170일에 각각 62.5%, 34.1% 및 23.6% 수준으로 낮아진다. 따라서 생산된 천적은 가능한 한 30일 이내에 사용하여야 산란력을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

Literature Cited

- Anonymous. 1994. Check list of insect from Korea. 744pp. Kon-kuk University Press, Seoul, Korea.
- Bordat, E.V. Coly and Olivera. 1995. Morphometric, biological and behavioral differences between *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Opius dissitus* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *J. Appl. Ent.* 119: 423-427.
- Ibrahim, A.G. and D.S. Madge. 1978. Parasitization of chrysanthemum leaf-miner *Phytomyza syngenesiae* (Hardy) (Dip., Agromyzidae), by *Diglyphus isaea* (Walker) (Hym., Eulophidae). *Entomologist's monthly magazine* 114: 71-81.
- Kim, J.H., Y.W. Byoun, Y.H. Kim and G.W. Lee. 2005. Biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) using *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae). *Agricultural biology research NIAST.* 232-256.
- Konishi, K. 1998. An illustrated key to hymenopterous parasitoids of *Liriomyza trifolii* in Japan. *National institute of agro-environmental sciences*, No 22: 27-76.
- Malais, M. and W.J. Ravensberg. 1992. The biology of glasshouse pest and their natural enemies. *Koppert biological systems*. The Netherlands. 109pp.
- Minkenbergh, O.P.J.M. 1989. Temperature effects on the life history of the eulophid wasp *Diglyphus isaea*, an ectoparasitoid of leafminers (*Liriomyza* spp.), on tomatoes. *Ann. appl. biol.* 115: 381-397.
- Nicoli, G. and Paolo P. 1993. Parasitization and predation of *Diglyphus isaea*. *Proceedings of the 7th workshop of the global IOBC working group "Quality control of mass reared arthropods"*. Rimini (1): 13-16.
- Sugiki, K. 1999. *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids. *Tomen pesticide guide*: 93-A. Japan.

(Received for publication October 25 2006;
accepted February 9 2007)