

진딧물천적인 진디혹파리(*Aphidoletes aphidimyza*)의 생물학적 특성

정영석 · 최용석¹ · 오인석¹ · 한규홍¹ · 서미자 · 윤영남*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과, ¹충남농업기술원 식물환경과

Biological Characteristics of the Aphid-eating Gall-midge, *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) as a Biological Control Agents of Aphids

Young-Seok Jeoung, Yong-Seok Choe¹, In-Seok Oh¹, Kyu-Hong Han¹,
Mi-Ja Seo and Young-Nam Youn*

Department of Applied Biology, College of Agriculture & Life Sciences,
Chungnam National University, Daejeon 305-764, Republic of Korea

¹Department of Plant Environment, Chungnam ARES, Yesan, 340-861, Republic of Korea

ABSTRACT : The aphid-eating gall-midge, *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani), as predator of aphids was wildy used as one of the biological control agents for control of several kinds of aphids. Their some kinds of biological characteristics were examined. The developmental periods of *A. aphidimyza* from egg to adult with the green peach aphid as prey were 40 and 12 days at 15°C and 30°C, respectively. Supplying the cotton aphid as prey, their developmental periods were shorter than with the green peach aphid. In case of the preservation of pupa in the cold condition, emergence rates were over 90% for 1 and 2 weeks at 5°C and 10°C, respectively. Adult females of *A. aphidimyza* began mating and laying eggs at 2-3 days after emergence, and they laid about 200 eggs for 10 days of average life span. Most of adults were emerged from pupa at 6 to 8 pm during a day, and they mainly acted in the early night.

KEY WORDS : Aphid-eating gall-midge, *Aphidoletes aphidimyza*, Biological control, Developmental periods, Oviposition, Emergence rates, Predacious abilities, Cold reservation

초 록 : 진딧물의 포식자인 진디혹파리(*Aphidoletes aphidimyza*)의 온도와 먹이에 따른 발육기간, 산란력, 부화율, 우화율, 포식능력, 번데기의 저온저장, 살충제에 대한 감수성 등의 생물학적 특성을 조사하였다. 복숭아혹진딧물을 먹이로 공급하였을 경우, 알에서 성충까지의 평균 발육기간은 15°C에서 40일, 30°C에서 12일이 소요되었다. 또한 목화진딧물을 먹이로 공급하는 경우에는 이보다 짧아 각각 37일과 11일이 소요되었다. 번데기를 저장하는 경우에는 5°C에서는 1주일, 10°C에서는 2주일 동안 보관하여도 90% 이상의 우화율을 나타내었으나, 그 이상 저장하는 경우에는 우화율이 점차 떨어지는 경향을 나타내었다. 성충은 우화 2-3일 후에 교미를 하고 알을 낳기 시작하여 평균 10일동안 약 200여개의 알을 낳는다. 대부분의 성충은 오후 6시에서 8시 사이에 우화하고 주로 야간에 활동하였다.

검색어 : 진디혹파리, 생물적방제, 발육기간, 우화율, 포식력, 저온저장

*Corresponding author. E-mail: youngnam@cnu.ac.kr

종합적 해충관리(Integrated Pest Management, IPM)의 개념이 도입되고 친환경농업정책이 대두되면서 안전한 농산물 생산을 위한 생물적 방제의 관심은 증대되고 있다. 작물을 재배하는데 있어서 진딧물은 심각한 해충중의 하나이며 전 세계적으로 약 4,000종이 알려져 있다. 대부분 온대지역에 분포하며 지구상에 존재하는 고등식물의 4가지 중 1종류에 진딧물이 발생할 정도로 다양한 식물에서 생활한다. 진딧물은 작물의 양분을 빨아먹으며 질병도 매개하여 작물의 생육에 피해를 주는 농업에 있어 매우 중요한 해충이다.

진딧물의 천적으로는 기생성 천적과 포식성 천적으로 나눌 수가 있는데, 기생성 천적으로는 진디벌류, 쯤벌류 등이 있으며 포식성 천적으로는 무당벌레류, 흑파리류, 꽃등에류 등이 있다.

진디흑파리(*Aphidoletes aphidimyza* (Rondani))는 파리목(Diptera) 흑파리과(Cecidomyiidae) 흑파리아과(Cecidomyiinae)에 속하며 진딧물의 효과적인 생물적 방제인자 중의 하나이다. Rondani (1847)가 복숭아 등에서 진딧물을 포식하는 흑파리(*Cecidomyia aphidimyza* = *Aphidoletes aphidimyza*)를 보고한 이후, 진딧물 포식성 흑파리과에는 지금까지 5종이 효과적인 것으로 보고되어 있는데, *Aphidoletes aphidimyza*, *A. urticae*, *A. abietis*, *A. thompsoni*, *Monobremia subterranea*이다. Yukawa *et al.* (1998)은 일본에서 진디흑파리가 80여종의 진딧물 기주범위를 갖는다고 보고하였다. 1973년부터 진디흑파리는 온실작물의 진딧물 개체군의 생물적 방제에 이용되어 왔다(Asyakin, 1973; Havelka, 1978; Markkula *et al.*, 1979; Kulp *et al.*, 1989). 진디흑파리의 이용기록으로는 Raworth (1984)가 양배추가루진딧물(*Brevicoryne brassicae*), Morse와 Croft (1987)은 *Aphis pomi*, Gilkeson (1990)은 온실에서 피망과 토마토에 발생하는 복숭아흑진딧물(*Myzus persicae*), Chamber (1990)는 영국지역의 목화에 발생하는 목화진딧물(*Aphis gossypii*), 캐나다의 노바스코디아 지방에선 사과에 발생하는 *A. pomi* 등이 있다(Stewart and Walde, 1997). 또한 Harizanova와 Ekbom (1997)은 목화진딧물(*Aphis gossypii*)을 방제하기 위해 *Aphidius colomani*와 진디흑파리를 동시에 이용한 기록이 있다.

진디흑파리는 진딧물 천적으로서 각광을 받고 있으며 또한 점차 그 이용도 확대되고 있다. 이에 본 논문은 효과적인 진딧물 천적으로서 진디흑파리의 실용화를 위한 생물적 자료를 얻기 위하여, 진디흑파리의 온도 및 기주별 발육, 성충의 산란경향, 포식력, 살충체에

대한 감수성 등을 조사하였다.

재료 및 방법

실험에 이용한 진디흑파리는 1999년 농업과학기술원 농업해충과에서 분양 받아 복숭아흑진딧물과 목화진딧물이 기생하고 있는 고추와 오이를 아크릴 케이지(50×50×50 cm)안에 넣고, 온도 25±1°C, 상대습도 60-70%, 광주기 16:8 (L:D)조건에서 사육하면서 발육, 산란, 포식 등을 조사하였다.

암수성충을 접종한 케이지 안으로 각각의 실험 목적에 맞게 복숭아흑진딧물이 있는 고추나 목화진딧물이 접종되어 있는 오이를 저녁에 넣어 하루동안 알을 받았다. 알에서 부화된 유충이 관찰된 식물은 케이지에 넣어 진딧물을 공급하면서 번데기를 수확하였다. 이와 같이 사육하여 실험에 사용하였다.

온도에 따른 기주별 발육기간

Plastic petri-dish (직경 9 cm, 높이 3 cm)에 증류수를 적신 여과지와 탈지면을 깔고, 복숭아흑진딧물과 목화진딧물 성충 30마리씩을 각각 접종한 고추 잎과 오이 잎을 넣은 후에, 진디흑파리의 알을 브러쉬로 상처가 나지 않도록 조심스럽게 분리하여 접종하였다. 이를 15, 20, 25, 30°C의 항온항습기(75±5% RH, 16L:8D)에 넣고 사육하면서, 매일 부화, 탈피, 우화를 해부현미경 아래에서 관찰하였다. 유충기간동안에는 진딧물을 매일 공급하여 주었다.

번데기의 저장

진딧물의 발생에 따른 진디흑파리의 원활한 공급을 위한 목적으로, 번데기의 저온 저장능력을 시험하기 위하여 저장온도는 5°C와 10°C, 저장기간은 4주이었고, 반복당 30개체씩 3반복으로 조사하였다. 번데기는 복숭아흑진딧물을 먹이로 사육한 유충이 번데기가 된 후 2일이 경과된 것을 실험에 이용하였다. Plastic petri-dish에 증류수를 적신 여과지를 깔고 그 위에 30개의 번데기를 놓았다.

성충의 수명 및 산란

실내 사육실 16L:8D의 광주기와 25±1°C 온도조건에서 아크릴 케이지(15×20×20 cm)안의 밑 부분에

흙을 깔고 물을 뿌려 적신 다음, 상자안으로 갓 우화한 암수성충을 1:1 비율로 10쌍을 넣어 사육하였으며, 200마리의 복숭아혹진딧물이 있는 어린 고추 묘를 매일 한번씩 갈아 넣어주면서 암수별 성충수명과 총산란수를 조사하였고, 동시에 부화율, 우화율, 성비도 조사하였다.

성충의 우화

습도조건이 번데기 우화율에 미치는 영향을 조사하기 위해, 콤팩트샤레에 1) 필터페이퍼+물, 2) 모래+물, 3) 모래, 4) 아무 것도 없는 상태 등 4가지 조건에 번데기를 넣고 우화율을 조사하였다. 또한 1일의 시간대별 우화율을 조사하기 위해 위의 실험에서 가장 우화율이 좋고 편리한 조건으로 나타난, 콤팩트 샤레에 필터페이퍼를 깔고 물을 적신 다음에 번데기를 놓고 매 시간마다 우화율을 조사하였다.

포식행동

알에서 부화한 진딧목파리 유충의 단위시간당 이동거리를 조사하기 위해, 진딧물이 없는 오이 잎과 고추 잎에 브러쉬를 이용해 올려놓고 매 10, 20초 동안의 탐색거리를 현미경하에서 측정하여 이동한 거리를 초당 cm로 나타내었다. 또한 진딧목파리 각 영기별로 진딧물 성충 한 마리를 성공적으로 포획해서 완전한 포식이 이루어질 때까지의 시간을 매 30분 간격으로 현미경하에서 측정하였다.

진딧목파리의 영기별 포식량 조사는 기주별 발육기간 조사와 같은 방법으로 진딧물을 준비하고 24시간 굶긴 진딧목파리 유충을 영기별로 한 마리씩 접종하여, 24시간 후에 남아있는 진딧물 수를 조사하여 포식량을 조사하였다. 또한 유충 발육 동안 복숭아혹진딧

물과 목화진딧물에 대한 포식량 조사는 부화한 1령충을 접종시키고, 온도별(15, 20, 25, 30°C)로 조사하였다.

진딧목파리 유충의 기능반응은 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 10, 25, 50마리를 브러쉬로 이용해 접종시킨 다음 바로 부화한 진딧목파리 1령충 1, 5, 10마리를 3반복으로 접종하여 24시간 간격으로 살아있는 진딧물의 수를 조사하면서 수행하였다. 또한 200마리의 복숭아혹진딧물이 접종되어 있는 무를 아크릴 케이스(15×20×20 cm)안에 넣고 진딧목파리 성충을 암수 1:1비율로 1, 2, 4, 8, 10쌍을 진딧물에 접종하여 사육실(25°C)내에서 24시간 간격으로 진딧물과 진딧목파리의 증가율을 조사하였다.

결 과

온도에 따른 기주별 발육기간

복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 먹이로 제공한 진딧목파리의 발육기간을 15, 20, 25, 30°C에서 조사한 결과, Table 1과 같이 두 종류의 진딧물을 먹이로 제공하는 경우에는 진딧목파리의 발육기간에 있어서는 5%의 통계적 유의수준하에서 차이가 없었다($t = -0.278$; $p = 0.781$). 온도를 달리 하였을 경우에는 온도별로 발육기간에 차이를 보이고 있었다. 평균 알 기간은 15°C에서 가장 길었고 온도가 높아짐에 따라 알 기간이 짧아졌으며, 유충 및 번데기기간도 온도가 높아짐에 따라 짧아지는 경향을 나타내었다. 알에서 번데기 우화까지의 평균 발육기간은 15°C에서 복숭아혹진딧물을 먹이로 제공하였을 경우 36.9일, 목화진딧물을 먹이로 제공하였을 경우 39.7일이지만, 온도가 높아짐에 따라 기간이 짧아져 30°C에서는 각각 11.5일과 11.2일이다. 한편, 알의 발육을 현미경하에서 관찰하여 보면, 알

Table 1. Development periods of *A. aphidimyza* fed the green peach aphid and the cotton aphid in the incubator at different temperature

		Developmental periods			Total period
		Egg	Larva	Pupa	
With the green peach aphid	15°C	8.4±3.32	11.2±1.07	17.3±2.04	36.9±3.50a
	20°C	3.2±0.18	4.8±0.26	13.8±1.79	21.7±1.93b
	25°C	1.8±0.12	3.2±0.11	7.9±0.43	13.0±0.35c
	30°C	1.6±0.05	2.4±0.10	7.5±0.55	11.5±0.60d
With the cotton aphid	15°C	8.4±3.30	13.0±2.30	18.3±2.04	39.7±4.32a
	20°C	3.4±0.18	4.7±0.24	13.6±1.44	21.6±1.27b
	25°C	1.8±0.07	3.2±0.08	7.9±0.47	12.9±0.46c
	30°C	1.6±0.04	2.3±0.22	7.3±0.23	11.2±0.36d

Numbers are means ± SD of days (n = 10). Letters indicate significant differences in each aphid at P=0.05 with Tukey HSD.

Table 2. Emergence rate after storage of *A. aphidimyza* pupa in 5°C and 10°C

Temperatures	Storage periods (weeks)	Emergence within 2days	Emergence within 1 month	Total emergence
5°C	1	83.3±5.77a	15.6±5.09b	98.9±1.92a
	2	52.2±10.18bc	34.4±5.09a	86.7±8.82ab
	3	71.1±10.72ab	0.0±0.00c	71.1±10.72bc
	4	45.6±5.09c	8.9±5.09bc	54.4±5.09c
10°C	1	95.6±1.92a	2.2±1.92bc	97.8±1.92a
	2	70.0±0.00b	22.2±8.39a	92.2±8.39a
	3	75.6±15.03ab	1.1±1.92c	76.7±16.67a
	4	36.7±3.33c	14.1±5.09ab	51.1±1.92b
Control (25°C)	—	98.8±1.92	0.0±0.00	98.8±1.92

Numbers are means±SD (3 replicates, n=30). Letters within columns indicate significant differences at storage periods in different temperatures at P=0.05 with Tukey HSD.

색깔이 점차적으로 투명해지면서 탈피움직임이 보이고 나서 유충이 알에서 알껍질을 깨고 나오는데 수분 정도가 소요되고, 부화 후 알의 투명한 탈피각이 남았다. 유충 령기별로 발육기간은 3령>2령>1령 순으로 길고 먹이에 따라 몸 색깔의 차이를 관찰할 수가 있는데, 복숭아혹진딧물을 포식한 유충은 진한 빨간색을 나타내고 목화진딧물을 포식한 유충은 옅은 오렌지색을 띤다. 번데기의 발육은 점차 발육이 진행되면서 밝은 오렌지색에서 어두운 갈색으로 바뀌고, 번데기에서 성충의 우화는 머리부분을 뚫고 나와 몸을 좌우로 움직이면서 조금씩 나와서 완전히 나오는데는 2-3분 정도가 소요되었고, 1-2분 동안의 날개의 경화 후 완전한 성충의 모습을 갖추었다.

번데기의 저장

번데기의 저장기간은 Table 2에서와 같이 5°C에서는 1주 저장할 경우 90% 이상 우화하였으나, 저장기간이 길어질수록 우화율이 떨어졌으며, 10°C의 경우에는 2주차까지도 안정적인 우화율(92.2%)을 나타내었다. 또한 저장후 번데기를 상온(25°C)에 놓고 우화율을 조사하였는데, 2일 안에 바로 우화하는 비율은 5°C (F = 12.970, P = 0.002)와 10°C (F = 29.790, P = 0.000)에서 저장기간에 따라서 차이를 나타내고 있었다. 2주 동안 저장한 집단에서는 5°C와 10°C의 경우 모두 바로 우화하지 않고 상당기간 시일이 지난후에 우화하는 개체들이 많이 있었다. 한편 번데기를 5°C와 10°C에서 꺼낸 후 바로 우화하는 우화율(t = -0.770; p = 0.449)과 휴면율(t = 0.960; p = 0.348)은 온도에 따라서 유의성 있는 차이는 없었다. 또한 온도에 따른 전체 부화율 역시 유의적인 수준차이가 없었다(t = -0.209; p = 0.837).

Table 3. Pre-oviposition period, fecundity, and longevity of *A. aphidimyza* in 25°C under 16L:8D

Pre-oviposition period (days) ^a	Oviposition period (days)	Longevity (days)		Total number of eggs laid/♀
		Male	Female	
1.6±0.52	8.0±3.38	7.3±2.12	9.8±2.96	205.5±69.86

^aMean±SD with 10 pairs.

Ten pairs of *A. aphidimyza* were observed, and 200 green peach aphids were served as a food everyday on red pepper leaf in cage (15×20×20 cm).

Table 4. Mean hatchability, emergence and sex ratio of *A. aphidimyza* in laboratory (25°C, 16L:8D)

Hatchability	Emergence	Sex ratio
89.0%	96.7%	0.64

성충의 수명 및 산란

복숭아혹진딧물을 먹이로 제공하여 성충의 산란전 기간, 산란기간, 성충수명 및 산란수, 일일 평균 산란수를 조사한 결과(Table 3), 산란은 주로 밤에 이루어지며 산란전기간은 1.6일로 우화 후 1-2일 지나면 산란하였고, 우화 후 3일에 가장 많은 알을 낳았으며 우화 후 4-5일 동안은 20여개의 알을 지속적으로 낳는 것을 관찰할 수 있었으며(Fig. 1), 총 산란기간은 평균 8.0일 정도이다. 성충의 평균수명은 수컷이 7.3일, 암컷이 9.8일이었고, 총 산란수는 평균 205.5개였다. 알은 1개 혹은 수십 개의 알더미로 산란하였으며, 주로 앞 뒷면에 산란을 하였다. 25°C에서 부화율과 우화율 그리고 성비를 조사한 결과, 부화율과 우화율은 각각 89.0%와 96.7%였다(Table 4). 또한, 진딧혹파리는 monogenic종으로 암컷은 수컷 혹은 암컷만 산란하기 때문에 암수 성충 20마리씩 비율로 계속적으로 사육하여 생산된 성충으로 성비를 조사한 결과, 성비는 0.64로 암컷의 비율이 수컷보다 높았다.

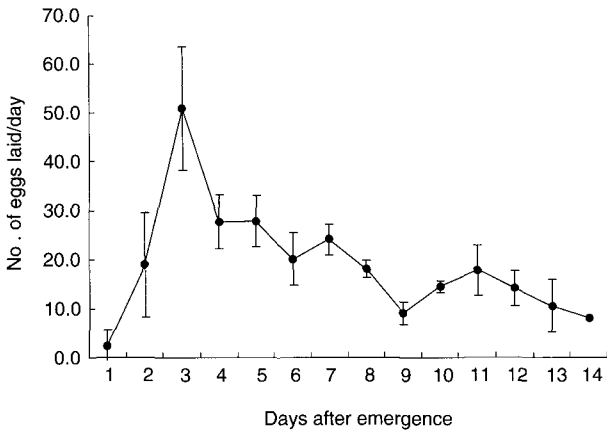


Fig. 1. Daily oviposition by *A. aphidimyza* female adult at 25°C, 70±5% RH, and 16L:8D. Vertical bars indicate SD (n=8)

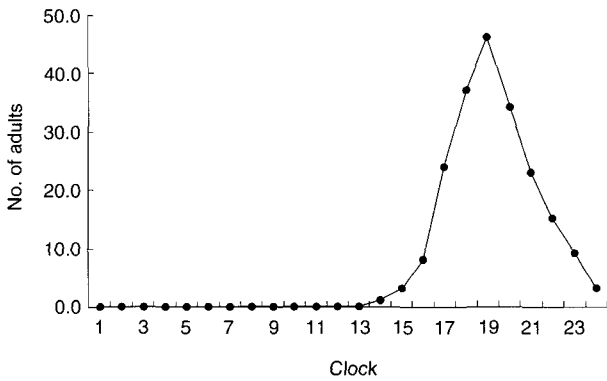


Fig. 2. No. of adult emergence of *A. aphidimyza* by clock in laboratory (25°C).

성충의 우화

실험실(16L:8D, 25°C)에서 하루 시간대별로 번데기에서 우화한 성충수를 Fig. 2에, 습도가 번데기의 우화율에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 하루 시간대별로 15시경부터 우화하기 시작하였고, 18시부터 20시 사이에 가장 많이 우화하여, 해질녘에 왕성하게 활동하는 것을 추정할 수 있다. 또한 필터페이퍼에 물을 적신 것과 흙에 물을 적신 상태에서의 번데기 우화율은 거의 100%에 가까워 별 차이가 없었지만, 건조한 모래와 사레에서는 우화율이 확연하게 떨어지는 것으로 보아 수분과 습도가 우화율에 큰 영향을 미치는 것을 알 수가 있었다. 우화한 성충을 진딧물이 기생하고 있는 기주가 있는 케이지로 옮겨서 성충의 활동을 관찰한 결과, 낮보다는 주로 밤에 활동하고 잎 뒷면의 감로를 섭식하며, 낮에는 케이

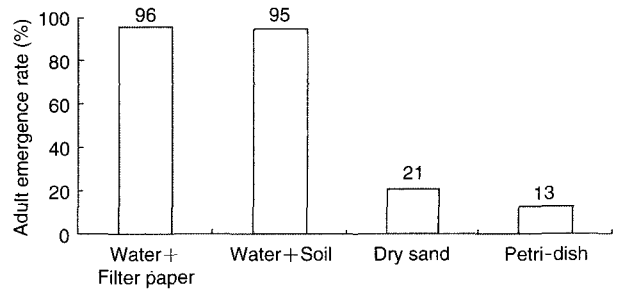


Fig. 3. Adult emergence rate of *A. aphidimyza* under with and without water (25°C).

Table 5. Average working distance (mm) of *A. aphidimyza* on the surface of pepper and cucumber leaves

	On the cucumber leaf surface		On the pepper leaf surface	
	10 sec	20 sec	10 sec	20 sec
1st larva	0.5±0.10a	0.8±0.13a	0.6±0.11a	0.9±0.22a
2nd larva	2.5±0.38b	4.2±1.47b	2.6±0.45b	5.3±0.55b
3th larva	3.2±0.66c	5.1±1.43b	4.9±1.12c	8.2±2.47c

Numbers are means±SD (n=10). Letters within columns indicate significant differences at working distances at P=0.05 with Tukey HSD.

지내의 어두운 밑 부분이나 포트의 옆부분에 매달려 휴식을 취하는 모습을 보였다. 교미는 수컷이 암컷 주위를 비행하면서 생식기를 암컷의 생식기에 삽입하기도 하고, 앞 뒷면에 매달려서 서로 마주보면서 교미하기도 하였다. 교미 행동에 있어서 어떠한 페로몬의 역할이나 기작에 대해서는 앞으로 연구해야 할 것이다.

포식행동

진딧목과리 유충의 이동거리를 10초와 20초 동안 진딧물이 없는 오이 잎과 고추 잎에서 측정한 결과 (Table 5), 오이 잎보다는 고추 잎에서의 이동속도가 다소 빠른 것을 볼 수 있는데, 이것은 고추 잎이 오이 잎보다 털이 적기 때문으로 생각된다. 그러나 오이 잎과 고추 잎에서의 10초간(F=5.921, P=0.124)이나 20초간(F=4.300, P=0.057) 모두 통계적으로 유의성 있는 차이는 보이지 않았다. 그렇지만, 영기가 증가할수록 이동 속도가 빨라지고, 유충의 이동은 직선이 아닌 굴곡이 심하게 움직였다. 진딧목과리 암컷 성충은 진딧물이 있는 곳에만 알을 낳는 성향이 있기 때문에, 부화한 1령충은 약간의 이동으로 진딧물의 포식이 용이하고, 2, 3령충의 경우에도 근처 모든 진딧물을 포식한 후에 진딧물을 찾아 이동하며, 진딧물을 공격할 때

Table 6. The time required (hrs) of piercing and sucking *Myzus persicae* and *Aphis gossypii* by *A. aphidimyza* at different stages on red pepper and cucumber leaves

	<i>Myzus persicae</i>	<i>Aphis gossypii</i>
1st larva	26.6 ± 0.18a	22.3 ± 0.05a
2nd larva	4.4 ± 0.14b	3.3 ± 0.04b
3th larva	2.5 ± 0.10c	1.7 ± 0.06c

Numbers are means ± SD (n = 5). Letters within columns indicate significant differences at working distances at P=0.05 with Tukey HSD.

Table 7. The feeding number of aphids at different larval stages of *A. aphidimyza* with green peach aphids and cotton aphids in the incubator conditions (25°C, 16L : 8D)

	<i>Myzus persicae</i>	<i>Aphis gossypii</i>
1st larva	1.0 ± 0.00a	1.2 ± 0.44a
2nd larva	5.6 ± 1.81b	8.9 ± 1.17b
3rd larva	9.6 ± 2.69c	11.4 ± 2.30c

Numbers are means ± SD (3 duplicates, n=3). Letters within columns indicate significant differences at working distances at P=0.05 with Tukey HSD.

에는 진딧물 다리 관절을 물어뜯거나 배 밑 부분을 물어뜯어 진딧물 체액을 흡즙하는 것을 관찰할 수 있다.

또한, 진딧물과리 영기별 유충이 진딧물 성충 한 마리를 포획해서 완전한 포식이 끝날 때까지 소요되는 시간(Table 6)을 보면, 목화진딧물이 복숭아혹진딧물 포식 소요시간보다 조금 짧은 경향을 보였다. 먹는 진딧물의 종류에 따라 1령충(F = 5.632, t = 51.044, P = 0.000), 2령충(F = 8.741, t = 17.416, P = 0.000), 3령충(F = 5.634, t = 15.440, P = 0.000)이 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 먹는 포식시간이 차이를 보이고 있으며, 이는 진딧물의 크기에 따라 변하는 것으로 생각된다. 1령충의 경우 복숭아혹진딧물 1마리를 모두 먹는데 26.6시간으로 하루가 넘게 걸렸고, 2, 3령의 경우는 2-4시간 정도의 시간이 소요되었다.

진딧물과리 영기별 유충의 복숭아혹진딧물과 목화진딧물의 일일포식량을 보면, 영기가 증가함에 따라 포식하는 진딧물의 수가 증가하는 것을 볼 수 있다 (Table 7). 그러나 1령충(F = 17.920, t = -1.512, P = 0.169)과 3령충(F = 0.375, t = -1.599, P = 0.130)의 경우에는 두 종류의 진딧물 포식량에 있어 별 차이가 없는 반면에 2령충(F = 1.667, t = -4.643, P = 0.000)은 뚜렷하게 목화진딧물을 많이 섭식하였다. 또한 온도별 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 포식량은 Table 8에서와 같이, 온도가 높아질수록 진딧물 포식량도 약간씩

Table 8. Number of *M. persicae* and *A. gossypii* fed by a larva of *A. aphidimyza* at different temperature in incubator conditions

Temp. (°C)	<i>M. persicae</i>	<i>A. gossypii</i>
15°C	21.8 ± 3.05a	22.6 ± 3.41a
20°C	24.3 ± 2.79a	33.0 ± 5.50b
25°C	24.9 ± 3.18a	36.6 ± 7.72bc
30°C	32.9 ± 7.26b	41.3 ± 6.78c

Numbers are means ± SD (n = 10). Letters within columns indicate significant differences at working distances at P=0.05 with Tukey HSD.

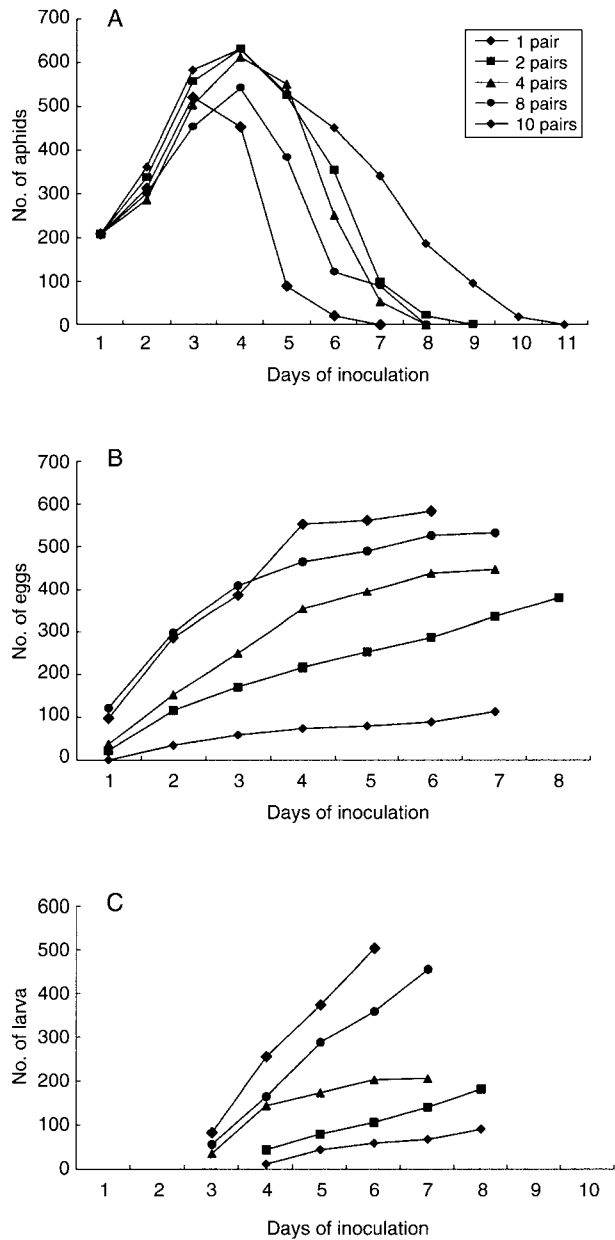


Fig. 4. Change of the aphid population (A), number of eggs (B) and larva (C) of *A. aphidimyza* by releasing 1 to 10 pairs of *A. aphidimyza* adults after inoculation to 210 the green peach aphids on the radish in the cage.

증가함을 볼 수 있으나, 복숭아혹진딧물의 섭식량의 경우에는 15, 20, 25°C에서는 뚜렷한 차이가 없으며, 30°C에서만 포식량이 월등히 많아졌다. 한편 15°C에서는 유충기간동안 두 종류의 진딧물을 먹는 양이 비슷하였지만($F=0.423$, $t=-0.554$, $p=0.587$), 시험한 다른 온도에서는 뚜렷한 차이를 보이고 있다(20°C: $F=16.353$, $t=-4.462$, $p=0.001$; 25°C: $F=10.791$, $t=-4.432$, $p=0.001$; 30°C: $F=0.829$, $t=-2.673$, $p=0.016$).

진딧혹파리 성충을 암수를 같은 비율로 쌍을 달리 하여 케이지에 방사한 후 진딧물의 밀도와 진딧혹파리의 알과 유충의 수를 조사한 결과 Fig. 4에서 볼 수 있다. 진딧물의 개체수는 10쌍을 접종한 구를 제외하고 초기 4일까지는 증가하다가 5일째부터 감소하였고 (Fig. 4A), 진딧혹파리의 알과 유충의 수는 진딧혹파리의 산란에 의해서 일정기간까지 점차 증가하였다. 따라서 진딧혹파리를 많이 투입할수록 진딧물의 방제시기가 빨라짐을 알 수 있었다.

고 찰

진딧혹파리의 발육기간을 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 먹이로 하여 조사한 결과, 알, 번데기, 성충기간에서 별다른 차이는 없었지만 유충기간에서의 약간의 차이는 유충이 진딧물 크기에 따른 포식의 차이로 나타나는 결과라 생각되어진다. 그리고 온도가 높을수록 발육기간이 짧아지는 것을 확인할 수가 있었다. Azab et al. (1969)은 *Aphis punicae*를 먹이로 하여 27.8°C에서의 유충기간은 5.8일로 보고하였으며, Uygun (1971)은 복숭아혹진딧물을 먹이로 하여 21°C에서 알 기간은 2.5일, 유충기간은 15.2, 27°C에서는 각각 6.7, 3.8, 3.0일이라고 보고하였고, Havelka (1980)은 *Aphis favae*와 *Megoura viciae*를 먹이로 하여 15, 20, 25°C에서 알 기간은 각각 4.9, 2.5, 1.6일, 유충기간은 각각 10.3, 6.8, 5.1일로 보고하였으며, Morse (1981)은 복숭아혹진딧물을 먹이로 하여 13.8, 17.7, 24.1, 29.1°C에서 알기간은 각각 9.9, 3.2, 2.0, 1.3일, 유충기간은 16.2, 25.2, 29.5, 32.8°C에서 각각 8.1, 3.8, 2.8, 2.7일로 보고하였다. 본 연구결과와 비교하여 알과 유충기간이 약간 짧은 것으로 나타났다. 이러한 차이는 같은 종일지라도 먹이조건과 서식환경이 다르기 때문인 것으로 생각된다.

성충의 수명과 산란수를 조사한 결과에서 암컷이 수컷의 수명보다 길었고 산란수는 평균 205.5개를 나타내어, Harris (1973)는 암컷은 수컷보다 수명이 길고 암컷은 최대 14일까지 생존하지만 자연상태에서는 이보다 짧으며 어두워진 후에 산란을 하고 알은 약 100개를 산란하며 최소 한 개에서 최대 40개까지 무리를 지어 진딧물 무리군 근처에 산란한다고 보고하였다. 이전 연구에서 산란수에 대한 연구는 암컷 한 마리당 Uygun (1971)이 70개, Harris (1973)가 100개라고 보고한 바 있으며, Morse (1981)은 완두수염진딧물을 먹이로 했을 때 산란수는 23.3°C에서 163.41개, 16.4°C에서는 150.5개, Gilkeson and Hill (1987)은 2년 동안의 산란 실험에서 수분으로 인한 성충사망의 오류를 재 수정하여 248.6개를 산란한다고 보고하였으며, 부화율은 92%와 수컷의 수명은 10일로 보고하였다. Gilkeson and Hill (1987)의 결과(248.6개)보다 본 조사 결과는 산란수가 205.5개로 적었지만, 다른 보고보다는 많았다. 이와같은 결과는 실험조건과 먹이종류에 의해서 차이가 나타난 것으로 생각된다. 또한 Morse (1981)은 진딧물이 없는 식물과 진딧물이 있는 식물이 함께 있을 때 암컷성충의 탐색력과 산란수는 진딧물이 있는 식물에서 보다 감소한다고 보고하였고, Ruzicka and Havelka (1998)는 암컷성충이 산란할 때 진딧혹파리 유충은 산란을 방해하는 페로몬을 분비한다고 보고하였다.

진딧혹파리 유충의 포식력에 대한 조사 결과에서 진딧물 한 마리를 포획 흡즙하는 시간은 령기가 진행될수록 짧아짐을 볼 수가 있었고, 복숭아혹진딧물보다는 목화진딧물을 흡즙하는 시간이 짧음을 알 수가 있었다. 또한 온도가 높아질수록 포식수도 증가함을 볼 수가 있었고, 진딧물 밀도별 포식력 조사에서 밀도가 높아질수록 진딧혹파리 유충의 포식력 또한 증가함을 보였다.

Uygun (1971)은 유충발육의 복숭아혹진딧물 최소 요구량은 7마리라고 하였으며, Nijveldt (1966)은 유충당 큰 진딧물은 5.2마리, 작은 진딧물은 14.7마리라고 하였고, George (1957)는 *Brevicoryne brassicae*를 가지고 한 실험에서 유충당 40-60마리를, Roberti (1946)은 목화진딧물 60-80마리를 죽일 수 있다고 하였다.

Harris (1973)는 진딧혹파리 유충에 의해 죽은 진딧물들은 구기를 식물조직으로부터 떼어내기 전에 유충에 의해 주입된 독에 의해 마비가 됨으로써 오그라들어 죽게 되며 식물에서 죽은 체로 남아 있게 된다고

보고하였다. 각각의 발육단계에서 유충이 죽이는 진딧물의 수에는 변수가 상당히 많은데 Dunn (1949)은 유충이 죽이고자 하는 욕구가 발달하여 과잉으로 죽이는 하나의 흥미로운 경우를 관찰하였고, Harris (1973)는 명백히 죽이는 진딧물의 수는 환경에 따라 다양하고 이 포식자가 실제적으로 대사에 필요로 하는 것보다 더 많은 진딧물을 죽일 수도 있다는 것이다. Raworth (1984)는 진딧물을 흡즙하는데 걸리는 시간은 진딧물의 나이와 무게를 고려해야 한다고 보고하였다.

Literature Cited

- Asyakin, B.P. 1973. Use of *Aphidoletes aphidimyza* Rond. (Diptera: Cecidomyiidae) against aphids on greenhouse cucumber. *Zapiski Lskhi*. 212: 10~14.
- Azab, A.K., M.F.S. Tawfik and I.I. Ismail. 1966. Seasonal changes in the abundance of certain aphids and their predators in Giza. *Bull. Soc. Entomol. Egypte* 49: 11~24.
- Chambers, R.J. 1990. The use of *Aphidoletes aphidimyza* for aphid control under glass. *Bull.* 5: 51~54.
- Dunn, J.A. 1949. The parasites and predators of potato aphids. *Bull Entomol. Res.* 40: 97~122.
- George, K.S. 1957. Preliminary investigations on the biology and ecology of the parasites and predators of *Brevicoryne brassicae* (L.). *Bull Entomol. Res.* 48: 619~629.
- Gilkeson, L.A. 1990. Cold storage of the predatory midge *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 965~970.
- Gilkeson, L.A. and S.B. Hill. 1987. Release rates for control of green peach aphid (Homoptera: Aphidae) by the predatory midge *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) under winter greenhouse conditions. 1987. *J. Environ. Entomol.* 80: 147~150.
- Harizanova, V. and B. Ekbom. 1997. An evaluation of the parasitoid, *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) and the predator *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) for biological control of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on cucumber. *J. Entomol. Sci.* 32: 17~24.
- Harris, K.M. 1973. Aphidophagous Cecidomyiidae (Diptera): Taxonomy, biology and assessments of field populations. *Bull. Entomol. Res.* 63: 305~325.
- Havelka, J. 1978. Predaceous gall midge *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Diptera, Cecidomyiidae), bionomy, mass laboratory rearing and use in glasshouse crops. Ph. D. Thesis, All-Union Plant Protection Institute, Leningrad, 289 pp.
- Havelka, J. 1980. Effect of temperature on developmental rate of preimaginal stage of *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera, Cecidomyiidae). *Ent. Exp. & Appl.* 27 :83~90.
- Kulp, D., M. Fortmann, M. Hommes and H.P. Plate. 1989. The predatory gall midge *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera, Cecidomyiidae)-an important aphid predator-a reference book to systematics, distribution biology, rearing methods and application. *Mitteilungen Biologischen Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*. 126 pp.
- Markkula, M., K. Tiittanen, M. Hamalainen and A. Forsberg. 1979. The aphid midge *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera, Cecidomyiidae) and its use in biological control of aphids. *Ann. Ent. Fenn.* 45: 89~98.
- Morse, J.G. 1981. Biological studies on *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera, Cecidomyiidae) and its use in biological control of the apple aphid, *Aphis pomi* Degeer (Homoptera: Aphididae). 166 pp.
- Morse, J.G. and B.A. Croft. 1987. Biological control of *Aphis pomi* (Hom.: Aphididae) of *Aphidoletes aphidimyza* (Dip.: Cecidomyiidae); a predator-prey model. *Entomophaga* 32: 339~356.
- Nijveldt, W. 1966. The food necessity of *Phaenobremia aphidimyza* (Rond.) (Diptera: Cecidomyiidae). *Cecidol. Indica* 1: 185~187.
- Raworth, D.A. 1984. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) at Vancouver, British Columbia IV. Predation by *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *Can. Ent.* 116: 889~893.
- Roberti, D. 1946. La *Phaenobremia aphidimyza* (Rond.) (Diptera: Cecidomyiidae) predatrice di *Aphis (Doralis) frangulae* Koch. *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna* 15: 233~256.
- Rondani, D. 1847. Osservazioni sopra parecchie specie di esapodi Afidicidi e sui loro nemeci. *Nouvi Ann. Sci. Nat. Bologna* 8: 337~351.
- Ruzicka, Z. and J. Havelka. 1998. Effect of oviposition-detering pheromone and allomones on *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *Eur. J. Entomol.* 95: 211~216.
- Stewart, C.S. and S.J. Walde. 1997. The dynamics of *Aphis pomi* De Geer (Homoptera: Aphididae) and its predator, *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae), on apple in Nova Scotia. *Can. Ent.* 129: 627~636.
- Uygun, N. 1971. Der einfluss der nahrungsmenge auf fruchtbarkeit und lebensdauer von *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Diptera: Cecidomyiidae), on apple in Nova Scotia. *Can. Ent.* 129: 627~636.
- Yukawa, J., D. Yamaguchi, K. Mizota and O. Setokuchi. 1998. Distribution and host range of an aphidophagous species of Cecidomyiidae, *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera), in Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 33: 185~193.

(Received for publication 7 May 2003;
accepted 8 September 2003)