

아메리카잎굴파리 외부기생봉 *Hemiptarsenus zilahisebessi*의 산란특성

Ovipositional Characteristics of *Hemiptarsenus zilahisebessi* (Hymenoptera: Eulophidae), Ectoparasitoid of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae)

문형철* · 최정식 · 황창연¹

Moon Hyung Cheol*, Choi Jeong Sik and Hwang Chang Yeon¹

Abstract – Longevities of *Hemiptarsenus zilahisebessi*, ectoparasitoid of *Liriomyza trifolii* (Burgess) larva, were 23.0, 16.9, and 12.7 days at 20, 25, and 30°C, respectively. The adults copulated and laid eggs as soon as they emerged at 20°C and 30°C. The total number of eggs laid and the daily oviposition rate were 82.3/3.6, 90.3/6.0, and 95.5/7.8 at the three different constant temperatures. The sex ratios were 0.37, 0.43, and 0.43 at 20, 25, and 30°C, respectively. Female oviposited 1.4 eggs near parasitized host larva and the average distance between eggs of *H. zilahisebessi* and host larva were 0.92 mm. The intrinsic increase rates (r_m) of *H. zilahisebessi* were 0.12, 0.19 and 0.27, and net reproduction were 31.0, 40.2, and 40.8 at 20, 25, and 30°C, respectively. Female of *H. zilahisebessi* oviposited mainly on the 3rd larva and sex ratio was 0.42, whereas the ratio was declined to 0.1 on the 1st larva.

Key Words – *Hemiptarsenus zilahisebessi*, *Liriomyza trifolii*, Oviposition

초 록 – 아메리카잎굴파리 외부기생봉인 *Hemiptarsenus zilahisebessi*의 수명은 20, 25, 30°C에서 각각 23.0일, 16.9일과 12.7일 이었으며 특히, 25°C와 30°C에서는 교미후 바로 산란이 이루어졌다. 암컷의 산란수와 일평균산란수는 20, 25, 30°C에서 각각 82.3개/3.6개, 90.3개/6.0개, 95.5개/7.8개로 온도가 높아질수록 많아지는 경향이였다. *H. zilahisebessi*의 내적자연증가율과 순증식율은 20, 25, 30°C에서 각각 0.1160/31.0, 0.1852/40.2, 0.2659/40.8이었다. 암컷은 주로 3령유충에 산란하였으며 기주령기에 따른 성비는 1령에서 0.1, 3령에서 0.42로 기주유충이 클수록 암컷의 많아졌다.

검색어 – *Hemiptarsenus zilahisebessi*, 아메리카잎굴파리, 산란

아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii* (Burgess))는 파리목 굴파리과(Agromyzidae)에 속하는 광기주성 해충으로 미국 플로리다가 원산지로 알려져 있으며, 1970년 이후 세계 각지로 확산되어 토마토, 거베라

등 많은 작물에서 피해를 주고 있다(Saito *et al.*, 1995). 국내에는 1994년 전남 광주 거베라 포장에서 발생이 최초로 확인된 이후 발생지역이 확산되고 있으며 토마토, 오이, 국화 등 시설재배 작물을 중심

*Corresponding author. E-mail: hch0808@hanmail.net

전북농업기술원 식물환경연구과(Department of Plant Environment, Jeonbuk ARES, Iksan, 570-140, Republic of Korea)

¹ 전북대학교 농업과학기술연구소(Institute Agricultural Science and Technology, Chonbuk National University, Chonju, Republic of Korea)

으로 피해가 증가되고 있다(Han *et al.*, 1996; Park, 1996). 이 해충은 초기에는 잠재해충으로 존재하였으나 약제사용이 증가됨에 따라 내성이 유발되고 천적이 감소됨에 따라 밀도가 증가 되었다(Schuster and Wharton, 1993; Schuster, 1994). 또한 발육기간이 짧고 기주범위가 넓으며 생식력이 커서 약제 방제가 어려운 해충이다(Bethke *et al.*, 1987). 따라서 각국은 생물방제를 위한 천적자원의 탐색에 많은 연구를 하고 있다. 미국에서는 *Diglyphus isaea* (Walker) 등 4과 19종(Johnson and Hara, 1987), 일본에서는 *Dacnusa nipponica* Takada 등 4과 29종(Konishi, 1998), 대만에서는 *Hemiptarsenus varicornis* (Girault) 등 3과 7종이 알려져 있으며(Lin and Wang, 1992) 유럽에서는 *D. isaea*와 *Dacnusa sibirica* Telenga 두 종이 상품화되어 판매되고 있고(Saito *et al.*, 1996), 일본과 대만에서는 *H. varicornis*가 생물방제에 유용한 종으로 알려져 이 종에 대한 연구를 진행하고 있다(Lin and Wang, 1992; Saito, 1997).

*Hemiptarsenus zilahisebessi*는 유충이 아메리카잎굴파리의 유충표면에 부착하여 흡즙하며 성충은 산란관으로 기주 유충을 찢어 나오는 즙액을 흡즙하는 특성을 보이고 있다.

본 실험은 아메리카잎굴파리의 기생봉을 조사하던 중 전북 부안 거베라 포장에서 우점종으로 조사된 *H. zilahisebessi*의 산란특성을 조사하여 생물방제를 위한 기초자료로 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험에 이용한 *H. zilahisebessi*는 1998년 2월 전북 부안 거베라 포장에서 채집한 아메리카잎굴파리 유충대에서 우화한 기생봉으로, 사육실(25±1°C, 14L:10D)에서 아메리카잎굴파리 3령 유충을 먹이로 제공하여 누대사육하였다. 본 실험에서 기생봉의 먹이로 이용된 아메리카잎굴파리는 토마토를 기주로 증식되었다. 기생봉은 일본 농업환경기술연구소 Kazuhiko Konishi박사와 농업과학기술원 이관석 연구사에게 의뢰하여 동정하였다.

산란기간 및 산란수

*H. zilahisebessi*의 수명 및 산란수를 조사하기 위하여 토마토 한잎에 아메리카잎굴파리 3령유충이 5마리 이하가 되도록 나머지는 핀으로 찢어 제거한 후 유충 20마리를 페트리디쉬(Φ9 cm)에 넣고, 우화 24시간 이전인 *H. zilahisebessi* 암컷 1마리와 수컷 2마리를 넣은후, 20, 25, 30°C 항온기(14L:10D)에 24

시간 동안 산란시켰다. 매일 오전 8시에서 9시 사이에 먹이충을 교대하여 주면서 암컷이 사망할 때까지 조사하였다. 수컷이 사망한 후에는 추가로 접종하지 않았고 다른 영양원은 제공하지 않았으며 암컷 6마리씩 3반복으로 수행하였다. 산란수는 직접 조사하기 어려워 우화되는 기생봉수로 계산하였다. 그리고 얻어진 결과를 토대로 Abou-Setta 등(1986)의 Basic computer program을 이용하여 Life table parameter를 산출하였다. 또한 아메리카잎굴파리 유충 한 마리 주변에 산란되어진 *H. zilahisebessi*의 난수와 이때의 기주 유충과 기생봉 알간의 거리를 해부현미경하에서 조사하였다.

산란선호성

산란선호성은 아메리카잎굴파리 1령, 2령, 3령 유충을 각각 5마리씩 한 페트리디쉬에 넣고, 우화 4일째인 암컷 1마리를 24시간 접종한 후 각 령기별로 분리하여 새로운 페트리디쉬로 옮겼으며, 이를 25°C 항온기(14L:10D)에서 사육하면서 우화되는 기생봉수를 조사하였다. 실험은 암컷 3마리씩 3반복으로 수행하였다.

유충 령기에 따른 성비 변화

*H. zilahisebessi*의 기주인 아메리카잎굴파리의 유충 령기에 따른 성비의 변화를 조사하기 위하여, 1령 유충과 3령 유충을 20마리씩 페트리디쉬에 넣고 우화 4일째인 암컷 1마리를 24시간 동안 접종한 후 25°C 항온기(14L:10D)에서 사육하면서 우화되는 기생봉수 및 성비를 조사하였다. 실험은 암컷 3마리씩 3반복으로 수행하였다.

단위생식

H. zilahisebessi 암컷의 단위생식 유무를 조사하기 위하여 사육실(25±1°C, 14L:10D)에서 기생봉 번데기를 페트리디쉬에서 1마리씩 넣어 우화시킨 후, 아메리카잎굴파리 3령유충 20마리를 페트리디쉬에 넣고 교미하지 않은 암컷을 접종하였다. 실험은 산란수 조사와 같은 방법으로 수행하였다.

결과 및 고찰

산란기간 및 산란수

온도에 따른 암컷의 수명을 조사한 결과(Table 1), 온도가 높아짐에 따라 암컷 수명은 짧아지는 경향을 보였다. 25°C와 30°C에서 산란전기간은 0일로 우화직후 산란이 시작되었으나 20°C에서는 2.3일로

Table 1. Oviposition periods and longevity of *Hemiptarsenus zilahisebessi* at different temperatures (days, mean±SD of 18 females)

Temp. (°C)	Pre-oviposition period	Oviposition periods	Post-oviposition periods	Longevity
20	2.3±3.1	19.0±4.5	1.7±1.2	23.0
25	0.0±0.2	15.7±6.3	1.2±1.5	16.9
30	0.0±0.0	11.9±1.5	0.8±0.7	12.7

Mean±SD deviation of 18 females.

Table 2. Emergence, oviposition rate, and sex ratio of *Hemiptarsenus zilahisebessi* at different temperatures

Temp. (°C)	No. of tested female	Emergence (mean±SD)	Oviposition rate (eggs/day)	Sex ratio (% ♀)
20	18	82.3±24.0	3.6	0.37
25	18	90.3±28.5	6.0	0.43
30	18	95.5±13.2	7.8	0.43

Table 3. Number of eggs and oviposition distance of *Hemiptarsenus zilahisebessi* per host larva at 25°C

No. of tested female	No. of eggs	Oviposition distance* (mm)
50	1.4±0.04 (1~4)	0.92±1.04 (0~2.85)

*Distance between egg of *Hemiptarsenus zilahisebessi* and host larva.
Mean±SD (Range)

길어지는 경향을 보였다. 또한 산란 후 기간은 0.8~1.7일로 산란을 마친 후 당일이나 다음날 사망하는 것으로 조사되었다. *H. varicornis*는 우화 직후 바로 교미하고 산란된다고 하였고(Bordat et al., 1995), *D. intermedius* Girault 역시 우화 첫날부터 산란된다고 하였는데 이는 우화와 동시에 성숙된 난을 가지고 있기 때문이라고 보고하여(Patel and Schuster, 1991), 본 기생충도 같은 경향임을 알 수 있었다. 산란수를 조사한 결과(Table 2) 평균산란수와 일평균산란수는 온도가 높아짐에 따라 많아지는 경향이었고, 특히 30°C에서의 일평균산란수는 7.8개로 20°C보다 2배 이상 높았다. 또한 기주 유충 한마리당 암컷은 평균 1.4개씩 산란하였고, 성충에 의하여 마비된 유충과 알의 거리는 평균 0.92 mm로 부화 유충은 성충에 의하여 마비된 기주로 이동하여 기생하는 것으로 관찰되었다(Table 3). Minkenberg (1988)는 토마토에서 아메리카잎굴파리의 성충수명과 산란수가 20°C와 25°C에서 각각 14.4일과 79개, 5.6일과 59개, Saito 등(1995)은 25°C에서 3.8일과 54.7개라고 보고하여, 본 기생충은 아메리카잎굴파리보다 수명은 20°C에서 8.3일, 25°C에서 11.2~13일이 길었으며, 산란수 또한 20°C에서는 비슷하였

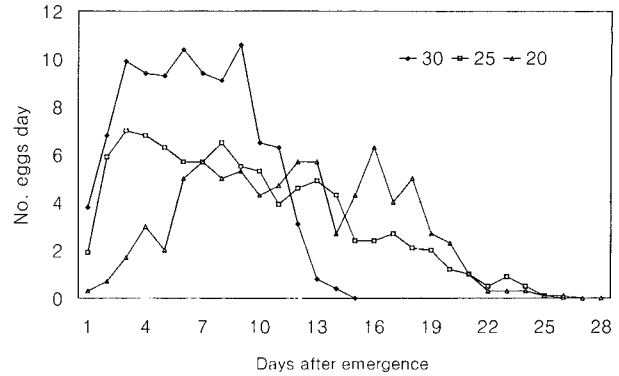


Fig. 1. Daily average egg deposition of *Hemiptarsenus zilahisebessi* at different temperature.

으나 25°C에서는 31.1~35.6개 이상 많았다. 그러나 같은 속인 *Hemiptarsenus* sp. 1의 25°C에서 수명과 산란수가 27.6일과 196.2개(Lee et al, 1999)에 비교하면 본 기생충의 수명이 짧고 산란수가 적었으며, 유럽 등에서 상품화된 *D. isaea*의 10일과 209개(Ohno, 1998)와 비교하여 수명은 길었지만 산란수는 적은 경향이였다. 우화 후 일별 산란수를 조사한 결과(Fig. 1) 30°C에서는 3~9일, 25°C는 2~9일, 20°C는 6~18일 사이에 산란수가 많았고 이후 감소되는 경향으로 온도가 높아짐에 따라 산란최성기가 빨라지는 경향을 보였으며, 30°C, 25°C, 20°C에서 각각 11일, 17일과 18일째 90%가 산란되는 경향을 보였다.

온도에 따른 성비는 30°C와 25°C에서는 0.43이었으나 20°C에서는 0.37로 수컷의 비율이 높았으며, 특히 낮은 온도에서 수컷의 비율이 높아지는 경향으로(Table 2), *H. zilahisebessi*는 25~30°C에서 사육하는 것이 증식에 유리할 것으로 생각된다.

온도에 따른 *H. zilahisebessi*의 생명표 통계량을 작성한 결과(Table 4), 내적 자연증가율은 30°C에서 0.2659로 25°C와 20°C보다 매우 높았으나 순증식율은 30°C와 25°C는 비슷하였으나 20°C에서는 감소되었다. 세대기간은 30°C에서 14.0일로 20°C의 29.6일보다 두배 이상 짧아져 고온에서 증식이 빨라지는 경향이였다. 토마토에서 아메리카잎굴파리의 내적자연증가율, 순증식율과 세대기간이 20°C와 25°C에서 각각 0.1024와 0.1254, 25.5와 14.9, 그리고 32일과 24일로(Minkenberg, 1988), 본 기생충의 증식이 아메리카잎굴파리보다 빨랐다. 이러한 특성으로 보아 *H. zilahisebessi*를 증식시켜 토마토에서 아메리카잎굴파리 방제에 이용할 경우 아메리카잎굴파리보다 산란수가 많으며 세대기간이 짧고 증식률이 높아 생물방제 인자로서 가치가 있을 것으로 판

Table 4. Life table statistics of *Hemiptarsenus zilahisebessi* at three different temperatures

Parameters	20°C	25°C	30°C
Net reproductive rate (R_0)	31.0	40.2	40.8
Intrinsic rate of increase (r_m)	0.1160	0.1852	0.2659
Finite rate of increase (λ)	1.1230	1.2035	1.3046
Mean generation time (T)	29.6	19.9	14.0
Doubling time (DT)	5.98	3.74	2.61

Table 5. Oviposition preference of *Hemiptarsenus zilahisebessi* female at 25°C

No. of emergence	1st larva	2nd larva	3rd larva
45	0	6.7%	93.3%

단된다.

산란선호성

*H. zilahisebessi*가 산란을 선호하는 유충태를 조사한 결과(Table 5), 3령 유충에 93.3%가 산란되었으나 1령 유충에는 산란이 되지 않아 3령 유충을 선호하는 경향이었다. Heinz와 Parrella (1990)는 아메리카잎굴파리 기생봉인 *D. begini*는 크기가 큰 유충에 주로 산란하는데 이때 유충의 대소는 성충이 공격하는 유충의 상대적 크기에 좌우된다고 하였으며, Bordat 등(1995)도 *H. varicornis* 역시 1령 보다는 3령 유충에 주로 산란되는데, 이는 암컷에 의하여 마취된 기주유충은 발육이 중지되므로 크기가 작은 기주유충에 산란되면 기생봉이 발육되는 데 불리하게 작용되기 때문이라고 하였고, Minkenberg (1990)도 *D. sibirica* 역시 노령유충에 주로 산란하는 데 이는 노령유충이 어린유충 보다 더 쉽게 발견되기 때문이라고 보고하여, *H. zilahisebessi*도 같은 경향으로 생각된다. 또한 아메리카잎굴파리의 외부기생봉류의 증식에 2령 말~3령초 유충이 이용되고 있어 (Minkenberg, 1990; Patel and Schuster, 1991) *H. zilahisebessi*의 증식에 3령유충을 이용하는 것이 유리할 것으로 생각된다.

유충 령기에 따른 성비 변화

유충 령기에 따른 *H. zilahisebessi*의 성비는(Table 6) 3령 유충 접종시 0.42, 1령 유충 접종시 0.1로 유충의 크기가 작을수록 수컷의 비율이 높아지는 경향이었다. Heinz와 Parrella (1990)는 아메리카잎굴파리 기생봉인 *D. begini*는 큰 유충에는 주로 암컷이, 작은 유충에서는 수컷이 우화된다고 하였고, *H. varicornis* 역시 어린 유충보다는 노숙유충에서 암컷이 주로 우화된다고 하였다(Saito, 1997). 또한 Yoo

Table 6. Sex ratio (% female) of *Hemiptarsenus zilahisebessi* on the 1st and 3rd host larva of *Liriomyza trifolii* at 25°C

No. of tested	1st larva	3rd larva
9	0.10	0.42

Table 7. Parthenogenesis of *Hemiptarsenus zilahisebessi* female at 25°C

No of tested female	Longevity (days)	No. of emergence	Sex ratio
15	10.0±2.2	29.6±13.8	Arrhenotoky*

와 Ryoo (1989)는 쌀바구미좀벌(*Lariophagus distinguendus* Foerster)이 기주유충이 노숙됨에 따라 성비가 높아지는데, 이는 산란 당시 측정된 기주의 크기가 성비조절의 주요인자이며 기주의 크기가 클수록 에너지 함량이 높다고 가정 할 때, 크기에 따라 성비를 조절하는 것은 생식에너지의 효율적 분배라는 측면에서 의미가 있다고 하였다. 따라서 *H. zilahisebessi*의 성비조절에 기주 유충의 크기도 중요한 인자라고 생각된다.

단위생식

H. zilahisebessi 암컷의 단위생식 유무를 조사한 결과(Table 7), 교미를 하지 않은 성충은 수컷만을 낳는 산웅단위생식(arrhenotoky)을 하였고, 수정된 암컷에 비하여(Table 1, 2) 수명이 짧아지며 산란수 또한 적어지는 경향이었다. 미수정된 *H. varicornis* 역시 수컷만을 생산하는 산웅단위생식을 하고(Saito, 1997), 국내에서 조사된 *H. zilahisebessi* 역시 미수정시 수컷단위생식을 한다고 하여(Lee et al., 1999), 본 조사도 같은 경향이었다. 따라서 *H. zilahisebessi* 성충의 교미가 잘 이루어질 수 있도록 암수 접촉비율 등 사육방법의 개발이 필요할 것으로 생각된다.

Literature Cited

- Abou-Setta, M.M., R.W. Sorrell and C.C. Childers. 1986. Life 48: A basic computer program to calculate life table parameters for an insect of mite species. The Florida Entomologist. 69: 691-697.
- Bethke, J.A., M.P. Parrella, J.T. Trumble and N.C. Toscano. Effect of tomato cultivar and fertilizer regime on the survival of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 80: 200-203.
- Bordat, D., E.V. Coly and C.R. Olivera. 1995. Morphometric, biological and behavioural differences between *Hemiptarsenus varicornis* (Hym., Eulophidae) and *Opius dissitus* (Hym., Braconidae) parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). J. Appl. Entomol. 119: 423-427.

- Han, M.J., S.H. Lee, J.Y. Choi, S.B. Ahn and M.H. Lee. 1996. Newly introduced insect pest, American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 35: 309~314.
- Heinz, K.M. and M.P. Parrella. 1990. The influence of host size on sex ratios in the parasitoid *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae). *Ecological Entomol.* 15: 391~399.
- Johnson, M.W. and A.H. Hara. 1987. Influence of host crop on parasitoids (Hymenoptera) of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). *Environ. Entomol.* 16: 339~344.
- Konishi, K. 1998. An illustrated key to the Hymenopterous parasitoids of *Liriomyza trifolii* in Japan. *Misc. Publ. Natl. Inst. Agro-Environ. Sci.* 22: 27~76.
- Lee, K.S., C.K. Park and J.Y. Choi. 1999. Studies on ecology and control methods of the American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess), NIAST. 92 pp.
- Lin, F.C. and C.L. Wang. 1992. The occurrence of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Taiwan. *Chinese J. Entomol.* 12: 247~257.
- Minkenberg, O.P.J.M. 1988. Life history of the agromyzid fly *Liriomyza trifolii* on tomato at different temperatures. *Entomol. Exp. Appl.* 48: 73~84.
- Minkenberg, O.P.J.M. 1990. Reproduction of *Dacnusa sibirica* (Hymenoptera: Braconidae), an endoparasitoid of *Liriomyza bryoniae* (Diptera: Agromyzidae) on tomatoes, at constant temperatures. *Environ. Entomol.* 19: 625~629.
- Ohno, K. 1998. Rearing method of *Diglyphus isaea*, parasitoid of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Agriculture of This Month* 3: 68~72.
- Park, J.D. 1996. Host ranges and temperature effects on the development of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Korean J. Entomol.* 35: 302~308.
- Patel, K.J. and D.J. Schuster. 1991. Temperature dependent fecundity, longevity, and host killing activity of *Diglyphus intermedius* (Hymenoptera: Eulophidae) on third instars of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Environ. Entomol.* 20: 1195~1199.
- Saito, T. 1997. Rearing methods of native natural enemies in Japan: *Hemiptarsenus varicornis*, parasitoid of *Liriomyza trifolii*. *Plant Protection* 51: 530~533.
- Saito, T., F. Ikeda and A. Ozawa. 1996. Effect of pesticides on parasitoid complex of serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Shizuoka Prefecture. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 40: 127~133.
- Saito, T., T. Oishi, A. Ozawa and F. Ikeda. 1995. Effects of temperature, photoperiod, and host plants on development and oviposition of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 39: 127~134.
- Schuster, D.J. 1994. Life-stage specific toxicity of insecticides to parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *International J. Pest Management* 40: 191~194.
- Schuster, D.J. and R.A. Wharton. 1993. Hymenopterous parasitoids of leaf mining *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) on tomato in Florida. *Environ. Entomol.* 22: 1188~1191.
- Yoo, C.K. and M.I. Ryoo. 1989. Host preference of *Lariophagus distinguendus* Foester (Hymenoptera: Pteromalidae) for the instars of rice weevil (*Sitophilus oryzae* (L.)) (Coleoptera: Curculionidae) and sex ratio of the parasitoid in relation to the host. *Korean J. Appl. Entomol.* 28: 28~31.

(Received for publication 30 October 2001;
accepted 7 March 2002)