

아메리카잎굴파리 내부기생충, *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera : Eulophidae)의 산란과 기주체액섭취 특성

문형철* · 전용균¹ · 최선우 · 정성수 · 류 정 · 최정식 · 최영근 · 황창연²

전라북도농업기술원 생물환경연구과, ¹호남농업시험장 식물환경과, ²전북대학교 농업생명과학대학

Oviposition and Host Feeding Characteristics of *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae), an Endoparasitoid of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae)

Hyung Cheol Moon*, Yong Kyun Jeon¹, Sun Woo Choi, Sung Soo Jeong, Jeong Ryu,
Jeong Sik Choi, Yeong Guen Choi and Chang Yeon Hwang²

Bioenvironment Research Division, Jeonbuk ARES, Iksan 570-704, Republic of Korea

¹National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Republic of Korea

²College of Agriculture & Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Republic of Korea

ABSTRACT : These studies were carried out to investigate the oviposition and host feeding characteristics of *Neochrysocharis formosa* Westwood, an endoparasitoid of *Liriomyza trifolii*. *N. formosa* female oviposited inside the abdomen at the rear end of the host larva. Number of eggs and host feeding per day of *N. formosa* tended to increase as temperatures go up. The ratio of oviposition and host feeding of *N. formosa* were 0.5, 0.9, 1.0 and 1.0 at 15, 20, 25, and 30°C, respectively. In 25°C, number of eggs and host feeding were 176.0 and 188.7, respectively, and adult female longevity was 11.8 days. *N. formosa* female preferred to the 3rd rather than 1st and 2nd larva for oviposition and host feeding.

KEY WORDS : *Neochrysocharis formosa*, *Liriomyza trifolii*, Oviposition, Host feeding

초 록 : 아메리카잎굴파리의 내부기생충인 *Neochrysocharis formosa*의 산란과 기주체액섭취 선호성을 조사하였다. *N. formosa*는 기주유충의 몸 뒤쪽에 대부분 산란하였다. 온도 조건에 따른 일산란수와 일기주체액섭취수를 조사한 결과 온도가 높을수록 증가하는 경향이었으며 15, 20, 25, 30°C에서의 산란수와 체액섭취수의비율은 각각 0.5, 0.9, 1.0, 1.0이었다. 25°C 항온조건하에서 *N. formosa*의 총산란수와 기주체액섭취수는 각각 176개와 188.7개 이었으며 산란수와 기주체액섭취수 비율은 0.9 이었고 암컷 수명은 11.8일이었었다. 산란과 기주체액섭취는 주로 아메리카잎굴파리 3령유충을 선호하였다.

검색어 : *Neochrysocharis formosa*, 아메리카잎굴파리, 산란수, 기주체액섭취

아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii* (Burgess))는 파리목(Diptera) 굴파리과(Agromyzidae)에 속하는 해충으로 미국 플로리다 지역이 원산지로 알려져 있으며

1970년대 이후 전세계적으로 확산되어 토마토 등 시설재배작물을 중심으로 21과 210여 종의 작물을 가해하는 것으로 알려져 있다(Spencer, 1981). 국내에는

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

1994년 광주에서 최초로 발견된 이후 전국적으로 확산되어 거베라 등 7과 22종을 가해하는 것으로 조사되었다(Park, 1996). 이 해충은 발육기간이 짧고 번식력이 높으며 약제에 대한 저항성 발달이 빨라 약제 방제가 매우 어려워 생물적방제를 위한 천적 개발이 이루어지고 있다. 아메리카잎굴파리 천적으로 Johnson (1987)은 *Chrysonotomyis punctiventri* 등 10종, Johnson and Hara (1987)는 *Opius dimidiatus* 등 17종, Konishi (1998)는 *Dacnusa nipponica* 등 29종, 그리고 Lin and Wang (1992)은 *Hemiptarsenus varicornis* 등 7종을 보고하였다. 이 중 *Neochrysocharis formosa*는 일본에서 *H. varicornis*와 함께 아메리카잎굴파리의 우점 기생봉으로 알려져 있으며(Arakaki and Kinjo, 1998), 일본, 하와이, 아프리카 등에 분포하며 굴나방류, 잎벌류, 과실파리류, 굴파리류 등에 기생하는 것으로 알려져 있다(Chien and Ku, 2001a, b). 또한 국내에서도 *Diglyphus isaea*와 함께 아메리카잎굴파리의 우점기생봉으로 보고되었다(Lee et al., 1999). *N. formosa*는 아메리카잎굴파리의 유충 내부에서 기생한 후 노숙 유충은 기주 유충 밖으로 나와 엽육조직 내에서 용화 후 우화한다. 또한 산란하지 않고도 기주 유충 즙액을 흡즙하여 기주 유충을 죽이는 특성을 보인다. 기생봉에 의한 기주체액섭취(host feeding)는 산란관으로 기주 유충을 찢어 흘러나오는 체액을 흡즙하는 것으로 암컷이 산란을 위해 필요한 단백질을 얻을 수 있게 된다. 또한 체액섭취된 기주 유충은 죽게되므로 기생에 의한 기주 사망과 더불어 밀도억제에 중요한 역할을 한다(Ueno, 1998). 따라서 본 실험에서는 *N. formosa*의 산란과 기주체액섭취 특성을 조사하고자 실시하였다.

재료 및 방법

시험곤충

본 실험에서 사용한 *N. formosa*는 2000년 전북농업기술원 피마자 재배 포장에서 발생한 아메리카잎굴파리에서 채집하였다. 사육실(25±1°C, RH 50±5%)에서 강낭콩에서 발육 중인 아메리카잎굴파리 3령 유충을 이용하여 누대 사육하며 실험에 이용하였다. 기생봉의 동정은 Konishi (1998)의 분류체계를 따라 동정하였으며 농업과학기술원에 의뢰하여 확인 받았다.

산란부위

*N. formosa*의 산란위치를 확인하기 위하여 아메리카잎굴파리 3령 유충이 발육중인 강낭콩을 투명아크릴사육상(35×35×50cm)에 넣고 산란기의 암컷을 24시간 집중하여 산란시킨 후 흡충기를 이용하여 *N. formosa*를 제거하였다. 집중 1일 후 강낭콩 잎을 절취하여 해부현미경(Olympus SMZ-1000)하에서 기생봉 유충의 부화 유무와 산란 위치를 확인하였으며 기생된 아메리카잎굴파리 유충 100마리를 조사하였다.

산란수와 기주체액섭취수

온도에 따른 *N. formosa*의 일일산란수와 기주체액섭취수를 조사하기 위하여 아메리카잎굴파리 3령 유충이 발육중인 강낭콩잎을 절취하여 엽당 유충수가 40-50마리 정도가 되도록 조절한 다음 페트리디쉬(Φ9×3cm)에 넣고 산란기의 *N. formosa*를 24시간 집중한 후 제거하였다. 이후 온도별 발육기간에 맞추어 해부현미경 하에서 산란과 체액섭취 유무를 조사하였다. 또한 *N. formosa*의 총산란수와 기주체액섭취수를 조사하기 위하여 페트리디쉬에 여과지를 깔고 아메리카잎굴파리 3령 유충이 발육중인 강낭콩 잎을 넣은 후 당일 우화한 암컷 기생봉 1마리와 수컷 기생봉 3마리를 집중하였으며 암컷이 사망할 때 까지 매일 오전 9시 경에 아메리카잎굴파리 유충이 들어있는 새로운 페트리디쉬에 흡충관을 이용하여 교체하여 주었다. 산란과 체액섭취 유무는 기생봉 집중 3일째에 해부현미경 하에서 기생된 기주 유충수와 체액섭취된 기주 유충수를 조사하였는데 산란없이 죽은 기주 유충은 모두 체액섭취된 것으로 판단하였다. 수컷은 사망하여도 추가 집중하지 않았으며 다른 영양원은 제공하지 않았다. 실험은 25±1°C, RH 50±5%, L:D 14:10 조건 하에서 실시하였으며 하루에 제공한 기주 유충수는 40-60마리 정도이었다.

산란과 기주체액섭취 선호성

아메리카잎굴파리 유충의 령기가 혼재할 때 기주 유충 령기에 따른 *N. formosa*의 산란과 체액섭취 선호성을 조사하기 위하여 아메리카잎굴파리 1령, 2령, 3령 유충을 각각 10마리씩 각 령기별로 발육중인 강낭콩 잎을 자른 후 하나의 페트리디쉬에 여과지를 깔고 넣은 후 산란기의 기생봉 암컷 1마리씩 집중하였다.

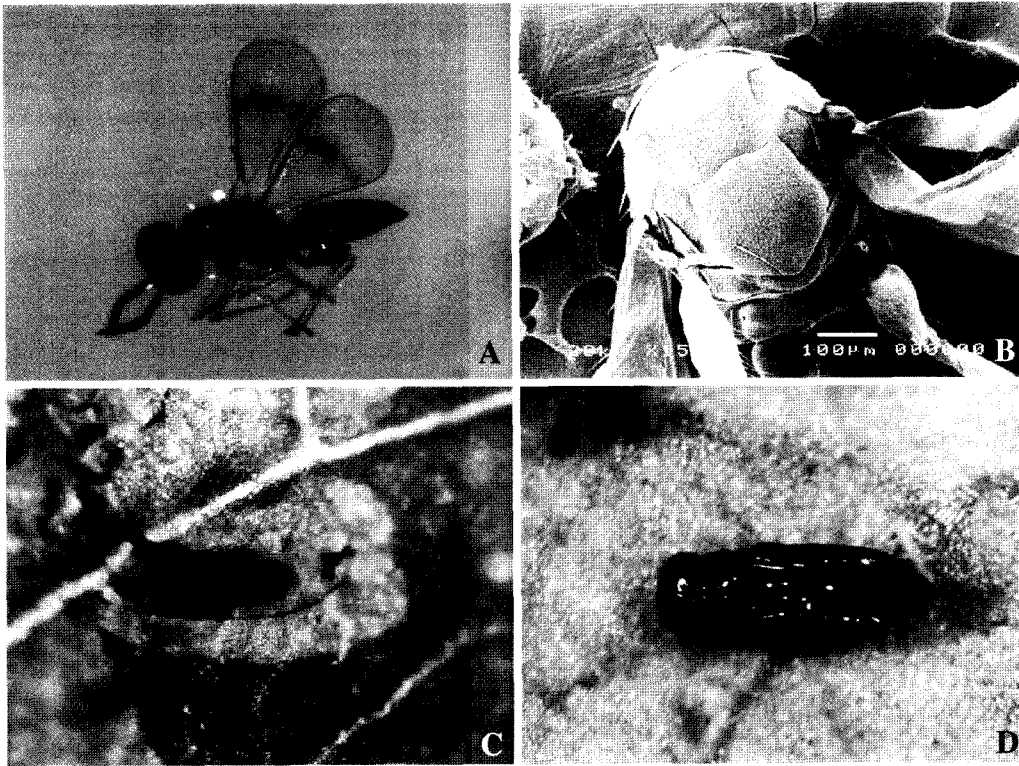


Fig. 1. Female (A and B), larva (C) and pupa (D) of *Neochrysocharis formosa*.

접종은 오전 9시부터 오후 2시까지 5시간 동안 이루어졌으며 접종 후 각 령기 별로 분리하여 발육시켰다. 또한 각 령기별로 엽당 유충수가 50마리씩 되도록 여분의 유충은 곤충핀으로 찢어 제거한 후 각각 페트리 디쉬에 넣고 산란 기의 암컷을 24시간 동안 접종 후 제거하였다. 그리고 성충 접종 3일 째에 해부현미경 하에서 각 령기별로 산란과 체액섭취 여부를 조사하였다. 실험은 위 실험과 같은 조건에서 반복당 암컷 10마리씩 3반복으로 수행하였다.

결과 및 고찰

좀벌과로써 *N. formosa*는 몸 전체가 광택이 있는 청록색이었다. 암컷의 다리 색깔은 백색이나 뒷다리의 퇴절은 흑갈색의 반문이 있으며, 수컷은 앞다리, 가운데다리, 뒷다리의 퇴절이 모두 흑갈색을 띠고 있어 생식기의 차이와 함께 쉽게 암수를 구분할 수 있다(Fig. 1). 암컷의 앞날개에는 반문이 있으며(Fig. 1) 가운데가슴의 표면에는 비교적 뚜렷한 홈이 있다.

우화후 바로 산란이 가능한 것으로 조사되었으며,

기주 유충 주변에 기생봉 알이 관찰되지 않아, 기주 유충의 내부에 산란하는 것으로 확신한다. 노숙유충은 기주 유충 밖으로 나와 엽육조직 내에서 용화하였다. 용은 용화초기에는 유백색을 띠나 시간이 지남에 따라 흑갈색으로 변했다.

산란 부위

산란 1일후에 해부현미경하에서 *N. formosa*의 산란 위치를 조사한 결과 부화한 기생봉의 유충은 기주 유충의 몸 뒤쪽에서 97%가 관찰되었으며 머리쪽에서는 3% 정도로 거의 관찰되지 않아 산란은 대부분 기주 유충 복부 뒷부분에 이루어졌다. 기생봉의 유충은 발육이 진전됨에 따라 기주 유충의 머리쪽으로 이동하며 기주를 섭식하는 것으로 관찰되었다. Godfray (1994)는 일반적으로 기생봉이 기주의 특정 부위에 기생하는 것은 기주 침입의 용이점, 영양 가치, 기생봉의 마취능력 그리고 발육중 사망 위험성 등에 영향을 받는다고 하였다. King (2001)은 성공적인 마취가 기주의 활동을 억제하거나 기주 유충이 빨리 부패하거나 발육하는 것을 막는데 효과적이라고 하였다. 따라서 *N. formosa*도

기주 유충 뒤쪽에 산란하는 것이 머리 쪽에 기생하는 것보다 더 용이하며 유충 발육에 유리한 것으로 생각된다.

산란수와 기주체액섭취수

온도에 따른 일산란수와 일기주체액섭취수를 조사한 결과 산란과 체액섭취수는 온도가 높아짐에 따라 많아지는 경향이였다(Table 1). 산란수와 체액섭취수는 15°C에서 각각 1.3개, 2.5마리로 낮은 반면 30°C에서는 각각 19.0개, 19.5마리로 높아 이 종은 낮은 온도보다 높은 온도 조건을 선호하는 것으로 나타났다. 20-30°C에서의 산란수와 체액섭취수 비율은 0.9-1.0 정도로 비슷한 경향이였으나 15°C에서는 0.5로 체액섭취수가 많아 저온 조건하에서 산란보다는 체액섭취가 많았다.

Table 1. The number of oviposition and host feeding (Mean ± SE) of *N. formosa* on *L. trifolii* larva at different temperatures

	Temperature (°C)			
	15	20	25	30
Oviposition (A)	1.3 ± 0.42	9.8 ± 0.70	15.5 ± 1.68	19.0 ± 1.99
Host feeding (B)	2.5 ± 0.50	11.1 ± 0.77	16.4 ± 1.48	19.5 ± 1.44
Ratio (A/B)	0.5 ± 0.15	0.9 ± 0.08	1.0 ± 0.10	1.0 ± 0.12

No. of female adults tested : 30.

Table 2. The number of oviposition and host feeding (Mean ± SE) of *N. formosa* on *L. trifolii* larva at 25°C

N	Longevity (days)	Oviposition/♀ (A)	Host feeding/♀ (B)	Ratio (A/B)
21	11.8 ± 1.32	176.0 ± 24.78	188.7 ± 23.76	0.9 ± 0.05

25°C에서 성충 수명기간 동안의 산란과 기주체액섭취수를 조사한 결과(Table 2), 산란과 체액섭취는 우화 당일부터 이루어졌으며 암컷의 평균 수명은 11.8일이었고, 총산란수는 176개, 총기주체액섭취수는 188.7마리로 산란과 기주체액섭취수의 비율은 0.9로 기주체액섭취수가 약간 많은 경향으로, 앞의 실험과도 유사하였다. Chien and Ku (2001b)는 *N. formosa*에 의한 총기생 기주 유충수는 213마리, 체액섭취되는 것은 173마리고 비율은 1.4정도로 산란에 이용하는 기주 유충수가 많다고 보고하여 산란수와 기주체액섭취수가 비슷한 본 실험과는 차이가 있었으나 암컷 한 마리에 의해 사망한 평균 기주 유충수는 385마리로 본 실험의 364마리와 큰 차이는 없었다. 그러나 암컷수명은 Chien and Ku (2001b)가 보고한 22.3일보다 10.5일이나 적어 큰 차이를 보이는 데 이러한 원인이 실험방법에 의한 차이인지 등에 대한 검토가 필요한 것으로 생각한다. 또한 현재 국외에서 시판되고 있는 *D. isaea*의 산란수와 기주체액섭취수는 각각 209개와 73마리로(Minkenber, 2000), *N. formosa*보다 산란수는 많으나 총 기주 사망수는 282개로 *N. formosa*보다 적은 경향이였다.

일별 평균 산란수와 체액섭취수를 조사한 결과(Fig. 2), 주로 산란은 우화 후 4일째 최고로 많았으며 이후 감소하는 경향이였으며, 체액섭취는 3일과 5일째 최고로 많았으며 이후 감소하는 경향이였다. 일별 산란수와 체액섭취수의 비율은 일일 산란수가 많은 일수는 10일 정도로 전 산란기간 동안 대부분 일일체액섭취 비율이 높은 경향이였다.

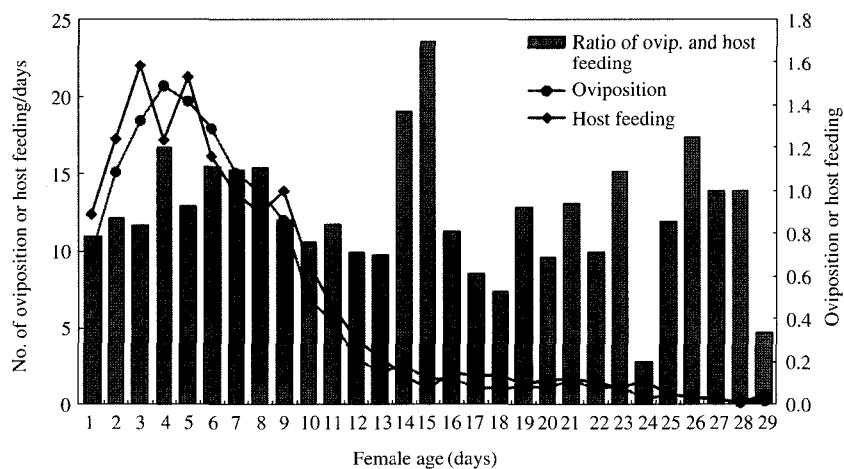


Fig. 2. The number of oviposition and host feeding per day of *N. formosa* at 25°C.

Table 3. Oviposition and host feeding preference of *N. formosa* on various instars of *L. trifolii* in free choice test

Larval stage	1st instar	2nd instar	3rd instar
Oviposition (%)	0	7.6	92.4
Host feeding (%)	3.3	22.6	74.1

No. of female adults tested : 30.

Table 4. Oviposition and host feeding preference of *N. formosa* on various instars of *L. trifolii* in no choice test

	Host larva stage (Mean \pm SE)		
	1st instar	2nd instar	3rd instar
Oviposition (A)	0.7 \pm 0.24	3.3 \pm 0.65	16.2 \pm 1.74
Host feeding (B)	10.9 \pm 0.12	13.4 \pm 0.19	17.6 \pm 1.55
Ratio (A/B)	0.1 \pm 0.02	0.4 \pm 0.07	1.0 \pm 0.09

No. of female adults tested : 30.

산란과 기주체액섭취 선호성

*N. formosa*의 기주 유충에 대한 산란선호성을 선택적인 조건에서 조사한 결과는 Table 3과 같다. 3령 유충에 92.4%가 산란되었으며 1령 유충에는 전혀 산란이 이루어지지 않았다. 또한 비선택적인 조건에서 조사한 결과(Table 4) 3령 유충에서의 산란수가 많고 1령 유충에서 적은 것으로 나타났다. *N. formosa*의 체액섭취 선호성을 조사 결과(Table 3) 선택적인 조건하에서 3령 유충에 대한 체액섭취 비율이 74% 정도로 1령과 2령 유충에 비하여 매우 높은 경향이었다. 비선택적인 조건하에서의 기주체액섭취수는 3령 유충에서 가장 많았으며 1령과 2령 유충에서 산란과 체액섭취 비율이 각각 0.1과 0.4로 대부분 산란보다는 체액섭취에 이용되었다(Table 4). 따라서 *N. formosa*는 산란과 기주체액섭취를 위해 3령 유충을 선호하는 것으로 나타났다. Chien and Ku (2001a)는 *N. formosa*를 포함한 아메리카잎굴파리 기생봉인 *H. varicornis*, *Chrysocharis pentheus*, *Chrysonotomyia okazaki*는 산란을 위해 아메리카잎굴파리 3령 유충을 선호하고, 3령 유충에서의 체액섭취수가 많다고 보고하여 본 실험과 같은 경향이었다. Heinz and Parrella (1990)는 아메리카잎굴파리 기생봉인 *D. begini*는 크기가 큰 유충에 주로 산란한다고 하였으며, Bordat et al. (1995)도 *H. varicornis* 역시 아메리카잎굴파리 1령보다 3령 유충에 주로 산란하는데, 이는 암컷에 의하여 마취된 기주 유충은 발육이 중지되므로 크기가 작은 기주 유충에 산란되면 기생봉이 발육하는데 불리하게 작용하기 때문이라고 하였다. Minkenberg (1990)도 내부기생봉인

D. sibirica 역시 *L. bryoniae*의 노숙유충에 주로 산란하는데, 이는 노숙유충이 어린 유충보다 더 쉽게 발견되기 때문이라고 하였고, Heinz and Parrella (1990)는 *D. begini*의 경우 유충의 크기가 클수록 암컷의 비율이 높아진다고 하였다. 또한 Moon et al. (2002)은 *H. zilahisebessi* 역시 3령 유충에 주로 산란한다고 하여 *N. formosa*도 같은 경향으로 생각한다. 이상의 결과 *N. formosa*는 아메리카잎굴파리 생물적방제를 위한 천적자원으로 유용한 특성을 가지고 있는 것으로 판단하며 앞으로도 이 종의 대량사육방법, 포장방제효과 등에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각한다.

사 사

기생봉을 동정에 많은 도움을 주신 농업과학기술원 이관석 선생님께 감사드립니다.

Literature Cited

- Arakaki, N. and K. Kinjo. 1998. Notes on the parasitoid fauna of the serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Okinawa, Southern Japan. Appl. Entomol. Zool. 33: 577-581.
- Bordat, D., E.V. Coly and C.R. Olivera. 1995. Morphometric, biological and behavioural differences between *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Opius dissitus* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). J. Appl. Ent. 119: 423-427.
- Chien, C.C. and S.C. Ku. 2001a. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). Formosan Entomol. 21: 89-97.
- Chien, C.C. and S.C. Ku. 2001b. Appearance and life history of *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 21: 383-393.
- Godfray, H.C.J. 1994. Parasitoids. 473 pp. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- Heinz, K.M. and M.P. Parrella. 1990. The influence of host size on sex ratios in the parasitoid *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae). Ecol. Entomol. 15: 391-399.
- Johnson, M.W. 1987. Parasitization of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) infesting commercial watermelon plantings in Hawaii. J. Econ. Entomol. 80: 56-61.
- 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.
- King, B.H. 2001. Parasitization site on the host of the parasitoid wasp *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae). Environ. Entomol. 30: 346-349.
- 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): Hymenoptera parasitoids of American ser-

- pentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). 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.
- Minkenber, 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.
- Moon, H.C., J.S. Choi and C.Y. Hwang. 2002. Ovipositional characteristics of *Hemiptarsenus zilahisebessi* (Hymenoptera: Eulophidae), ectoparasitoid of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Korean J. Appl. Entomol. 41: 21-25.
- Ohno, K. 1998. Rearing method of *Diglyphus isaea*, parasitoid of *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera: Agromyzidae). Agriculture of This Month 3: 58-72.
- Park, J.D. 1996. Host ranges and temperature effects on the development of *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera: Agromyzidae). Korean J. Appl. Entomol. 35: 302-308.
- Spencer, K.A. 1981. A revisionary study of the leaf mining flies (Agromyzidae) of California. Univ. Calif., Div. Agric. Sci., Spec. Publ. No. 3273.
- Ueon, T. 1998. Selective host-feeding on parasitized hosts by the parasitoid *Ioplectis naranyae* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and its implication for biological control. Bull. Entomol. Res. 88: 461-466.

(Received for publication 6 January 2004;
accepted 18 February 2004)