

## 굴파리좀벌(*Diglyphus isaea*)을 이용한 시설재배 토마토 작형별 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*) 밀도억제 효과

김정환\* · 변영웅 · 이관석 · 김황용

농업과학기술원 농업해충과

### Evaluation of Biological Control of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) using *Diglyphus isaea* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) in Three Seasonal Culture Types of Tomato Greenhouse

Jeong-Hwan Kim\*, Young-Woong Byoun, Gwan-Seok Lee and Hwang-Yong Kim

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

**ABSTRACT** : Biological control of *Liriomyza trifolii* (Burgess) using *Diglyphus isaea* (Walker) has been evaluated in tomato greenhouse, for three seasonal culture types: spring type (March-July), summer type (June-October) and autumn type (July-December). For spring type, totally 5.8 individuals/m<sup>2</sup> of *D. isaea* has been released at six times from late April, when the density of *L. trifolii* was about 1.0 individuals/plant. Corrected mortality of *Liriomyza trifolii* caused by parasitoids was 97.6% at early July, and the proportion of *D. isaea* was 88.9% of all parasitoids collected in the greenhouse. In the case of summer type, totally 1.8 individuals/m<sup>2</sup> of *D. isaea* has been released at five times from early July, when the density of *L. trifolii* was about 0.4 individuals/plant. Corrected mortality of *L. trifolii* caused by parasitoids was 84.4% during the whole season, but the proportion of *D. isaea* was very low (only 13.8%). Immigrating parasitoids such as *Chrysocharis penthus* were synchronized to control the leafminer in the greenhouse. For autumn type, totally 2.7 individuals/m<sup>2</sup> of *D. isaea* has been released at four times from mid September, when the density of *L. trifolii* was about 0.7 individuals/plant. Corrected mortality of *L. trifolii* caused by parasitoids was 85.7% at mid December, and the proportion of the *D. isaea* was 83.4%.

**KEY WORDS** : Biological control, *Diglyphus isaea*, *Liriomyza trifolii*, Tomato

**초 록** : 서로 다른 세 가지 시설재배 토마토 포장에서 아메리카잎굴파리의 기생천적인 굴파리좀벌의 인위적방사에 의한 밀도억제 효과를 조사하였다. 봄 작형(3-7월)은 4월 하순부터 아메리카잎굴파리 유충 밀도가 주당 1마리일 때부터 굴파리좀벌을 m<sup>2</sup>당 0.5-1.7마리씩 6회(총 5.8 마리/m<sup>2</sup>) 방사한 결과, 조사 시작기인 5월 17일에 비해 조사 종료기인 7월 6일의 아메리카잎굴파리 방제가는 97.6%였다. 방사종인 굴파리좀벌의 점유율은 88.9%로 우점 하였다. 여름 작형(6-10월)은 7월 상순부터 아메리카잎굴파리 유충 밀도가 주당 0.4마리일 때부터 굴파리좀벌을 m<sup>2</sup>당 0.3-0.4마리씩 5회(총 1.8 마리/m<sup>2</sup>) 방사한 결과, 천적의 효과가 나타나는 7월 22일부터 11월 3일까지의 아메리카잎굴파리 유충 평균 치사율은 84.4%였다. 그러나 방사종인 굴파리좀벌의 점유율은 13.8%로 매우 낮은 반면, 나머지 86.2%는 외부에서 유입된 자생 잎굴파리 기생봉들이 점유하고 있었으며, 그 가운데 굴파리민좀벌(*Chrysocharis penthus*)이 58.5%로 가장 많이 발생하였다. 가을 작형(7-12월)은 9월 중순부터 아메리카잎굴파리 유충 밀도가 주당 0.7마리일

\*Corresponding Author: jhk53@rda.go.kr

때부터 굴파리좀벌을  $m^2$ 당 0.4-1.3마리씩 4회(총 2.7마리/ $m^2$ )방사한 결과, 조사시작기인 9월 22일 대배 조사 종료기인 12월 16일의 아메리카잎굴파리 방제가는 85.7%였다. 방사종인 굴파리좀벌의 점유율은 83.4%로 우점 하였다.

**검색어 :** 생물적방제, 굴파리좀벌, 아메리카잎굴파리, 토마토

아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)는 범세계적으로 분포하는 종으로, 기주범위가 넓어 25과 120종 이상의 식물을 가해하는 것으로 알려져 있으며(CABI/EPPO, 1992), 북미 플로리다가 원산으로 보인다. 우리나라에서는 1994년 전남 광주의 거베라 하우스에서 최초로 발견되었으며(Han *et al.*, 1996), 현재는 전국 대부분 지역의 토마토, 오이, 참외, 수박, 쪽감, 거베라, 안개초 등에서 발생되어 피해를 주고 있다(Lee *et al.*, 1998). 성충은 작물의 잎을 섭식하거나 산란에 의한 작은 흰색 반점들이 나타나고, 유충은 엽육 내에 구불구불한 굴을 파고 다니며 가해하는 특성이 있다.

이 해충의 기생성 천적으로 좀벌과(Eulophidae)에 굴파리좀벌(*Diglyphus isaea*), 흰굴파리좀벌(*Diglyphus albiscapus*), 굴파리신좀벌(*Neochrysocharis okazakii*), 굴파리민좀벌(*Chrysocharis pentheus*), *Neochrysocharis formosa*, *Hemiptarsenus zilahisebessi*, *Pnigalio* spp. 등 10종과, 고치벌과(Braconidae)에 *Opius* sp. 등 4종이 국내에 서식하고 있는 것으로 조사되었다(Lee *et al.*, 1998).

아메리카잎굴파리의 좀벌과 기생봉들은 잎굴파리 유충에 산란하거나, 기주체액을 흡즙하여 치사시키는데, 굴파리좀벌은 암컷 한 마리가 일생동안 잎굴파리 유충 282-1,234마리를 치사시키며, 잎굴파리 기생봉 가운데 기생과 흡즙력이 뛰어난 것으로 알려져 있다(Minkenberg, 1989; Nicoli and Paolo, 1993; Kim *et al.*, 2005). 이와 같은 잎굴파리 밀도억제능력 때문에 대량사육 방법을 연구하게 되었고(Ohno *et al.*, 1999), 국내외 천적회사들도 상품으로 개발하여 판매하고 있다(Malais and Ravensberg, 1992; Sesil, 2006). 그러나 이 기생봉은 실내조건에서 탁월한 해충치사 능력에 비해 포장에 방사할 경우 굴파리좀벌의 밀도보다 오히려 외부에서 유입된 기생봉들의 밀도가 높아 굴파리좀벌의 효과가 가끔씩 인정되지 않는 경우가 있다(Saito *et al.*, 1995).

현재 농가에서 굴파리좀벌의 이용이 증가하고 있으나, 우리나라 시설 토마토 재배 작형 조건을 고려치 않고 사용

하고 있기 때문에 생물적 방제가 성공하지 못하거나 과도한 천적 비용이 소요되는 사례가 종종 있다. 따라서 본 연구에서는 굴파리좀벌을 이용하여 토마토에 발생하는 아메리카잎굴파리에 대한 밀도억제 효과를 토마토 재배 농가현장에서 작형별로 조사한 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험곤충

시험에 사용한 굴파리좀벌(*D. isaea*)은 (주)세실에서 생산 판매하는 종을 이용하였다. 판매 제품의 암수성비는 각각 1 : 1이며, 포장 방사시점의 제품 생존율은 약 90% 이상이었다.

### 봄 작형(3-7월) 토마토에서 아메리카잎굴파리 밀도 억제 효과

시험은 2005년 충북 청원군 오창면 신평리 비닐하우스 재배 토마토 포장에서 실시하였다. 시험포장 면적은 2,600  $m^2$ , 재배품종은 1402(완숙토마토), 재배기간은 3월 5일부터 7월 하순까지이다. 천적인 굴파리좀벌의 방사시기와  $m^2$ 당 방사량은 4월 20일, 25일, 5월 6일, 20일, 25일 및 6월 9일에 각각 1.7마리, 1.7마리, 0.3마리, 0.6마리, 1.0마리 및 0.5마리를 6회에 걸쳐 총 5.8마리를 방사하였다. 조사기간은 천적방사 후부터 1주 간격으로 작기가 끝날 때까지 실시하였다. 잎굴파리 유충밀도 조사는 잎굴파리 유충의 식흔이 있는 30주를 무작위로 선정하여 현장에서 루페( $\times 10$ )를 이용, 유충의 생존 유무를 조사하였다. 굴파리좀벌의 산란수와 기주체액 흡즙수 조사는 잎굴파리 유충의 식흔이 있는 토마토 잎을 무작위로 주당 1엽씩 총 100엽을 절취하여 비닐 지퍼백에 담아 실내에서 현미경을 이용하여 Fig. 1을 참조로 하였다. 굴파리좀벌

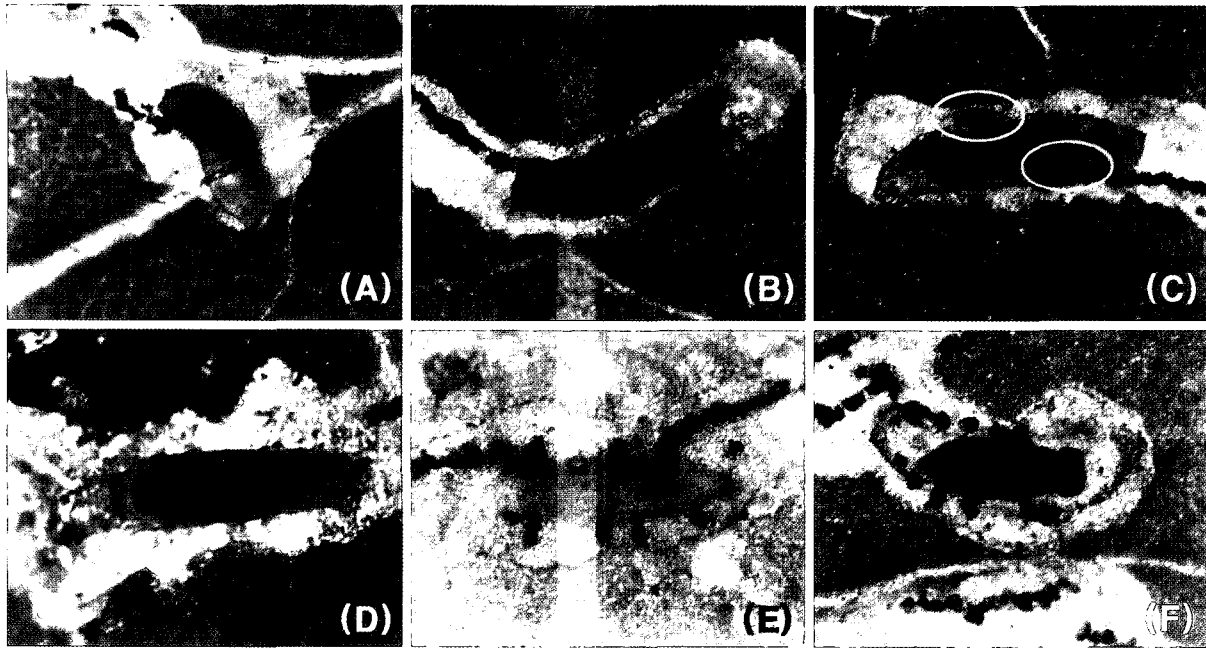


Fig. 1. Larval and pupal stage of *Liriomyza trifolii* and *Diglyphus isaea*. (A) larval stage (3rd instar) of *L. trifolii*, (B) host feeding of *L. trifolii* larva by adult *D. isaea*, (C) larva of *D. isaea* in *L. trifolii* larva, (D) full grown larva of *D. isaea*, (E, F) early pupal and late pupal stages of *D. isaea*.

에 잎굴파리 유충의 체액이 흡즙되어 죽은 개체(Fig. 1. (B))는 “기주체액 흡즙수(host feeding)”로, 기생봉의 유충 또는 번데기(Fig. 1. (C), (D), (E), (F))는 “산란수(parasitism)”로, 기주체액 흡즙수와 산란수를 합하여 “치사수(mortality)”로 계산하였다. 시험포장 내에 서식하는 기생봉의 종류 조사는 산란수와 기주체액 흡즙수 조사를 위해 채취한 토마토 잎 가운데, 산란이 확인된 잎만을 수거하여 별도의 투명 플라스틱 용기(가로 24 × 세로 17 × 높이 12 cm) 내에 잎이 부패되지 않도록 키친타올을 깔고 그 위에 기생된 잎을 놓고, 다시 그 위에 키친타올을 덮는 방법으로 처리하였다. 처리한 투명 플라스틱 용기는 실내 25°C 조건에 보관 한 후 약 20일이 경과되어 기생봉이 우화하면 현미경으로 종을 동정하였다. 동정방법은 Kamijo (1978), Konishi (1998, 2004)의 검색표를 참고로 하였다.

#### 여름 작형(6-10월) 토마토에서 아메리카잎굴파리 밀도억제 효과

시험은 2004년 충남 서산군 대산읍 화곡리 비닐하우스 재배 토마토 농가 포장에서 실시하였다. 포장은 면적 2,000 m<sup>2</sup>, 재배품종 스위트(방울토마토), 재배기간은 6월 15일

부터 10월 하순까지이다. 천적인 굴파리좀벌의 방사시기와 m<sup>2</sup>당 방사량은 7월 5일, 16일, 23일, 30일 및 9월 10일에 각각 0.3마리, 0.4마리, 0.3마리, 0.4마리 및 0.4마리를 5회에 걸쳐 총 1.8마리를 방사하였다. 조사기간, 잎굴파리 유충밀도 조사, 굴파리좀벌의 산란수와 기주체액 흡즙수 조사, 기생봉의 종 동정방법은 봄 작형에서와 동일한 방법으로 실시하였다.

#### 가을 작형(7-12월) 토마토에서 아메리카잎굴파리 밀도억제 효과

시험은 2004년 충남 서산군 대산읍 화곡리 비닐하우스 재배 토마토 농가 포장에서 실시하였다. 포장은 면적 2,000 m<sup>2</sup>, 재배품종은 챔피언(완숙토마토), 재배기간은 7월 20일부터 12월 중순까지이다. 천적인 굴파리좀벌의 방사시기와 m<sup>2</sup>당 방사량은 9월 14일, 21일, 23일, 10월 8일에 각각 0.5마리, 0.4마리, 0.5마리, 1.3마리를 4회에 걸쳐 총 2.7마리를 방사하였다. 조사기간, 잎굴파리 유충밀도 조사, 굴파리좀벌의 산란수와 기주체액 흡즙수 조사, 기생봉의 종 동정방법은 봄 작형에서와 동일한 방법으로 실시하였다.

결과 및 고찰

봄 작형(3-7월) 토마토에서 아메리카잎굴파리 밀도 억제 효과

봄 작형 비닐하우스 재배 토마토에서 굴파리좀벌을 이용한 아메리카잎굴파리 밀도억제 효과를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 조사시작 일인 5월 17일 아메리카잎굴파리 기생률, 기주체액 흡즙률, 치사율(기생률 + 기주체액 흡즙률)은 각각 12.3%, 33.3%, 45.6%이고, 아메리카잎굴파리 유충 밀도는 주당 2.1마리였다. 천적방사 약 40일 후인 6월 1일 아메리카잎굴파리 치사율은 80%이상으로 증가하였고, 주당 유충밀도 급격히 감소하기 시작하여 시험 종료기인 7월 6일에는 기생률, 기주체액 흡즙률 및 치사

율이 각각 58.3%, 37.3% 및 95.6%였고, 주당 유충 밀도는 0.05마리로 낮아졌다. 5월 17일 대비 7월 6일의 아메리카잎굴파리 유충 방제가는 97.6%를 보였다. Ozawa *et al.*, (1999)은 토마토에서 굴파리좀벌을 주당 0.19마리를 8회 방사한 5월-7월 조사에서 기생봉에 의한 아메리카잎굴파리 사망률이 98.4%라고 하였는데, 본 조사와 굴파리좀벌 방사량 단위가 달라 정확한 방사밀도 비교는 어렵지만, 기생봉에 의한 잎굴파리 밀도억제 효과는 유사한 것으로 나타났다.

봄 작형 토마토 포장에 방사한 굴파리좀벌의 효과를 확인하기 위하여 매 시기마다 잎굴파리 기생봉들의 점유율을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 방사종인 굴파리좀벌이 73.6%-96.2%(평균 88.9%)로 대부분 굴파리좀벌이 점유하고 있었으며, 외부에서 유입되는 자생 기생봉은

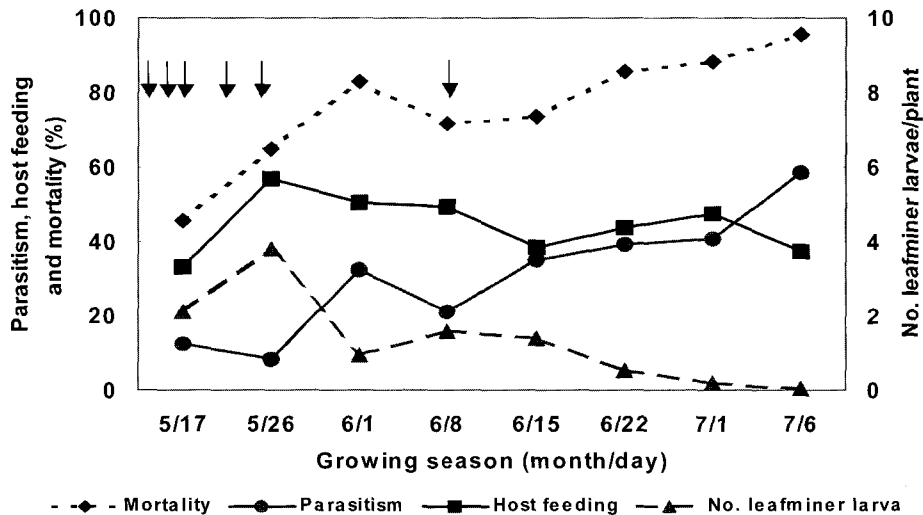


Fig. 2. Seasonal changes of the mortality (total mortality, parasitism rate and mortality caused by host feeding rate) and the density of *Liriomyza trifolii* in a spring type of tomato greenhouse (March-July). - Arrows indicate the release time of *Diglyphus isaea*.

Table 1. Proportion of parasitic species of *L. trifolii* collected in a spring type of tomato greenhouse (March-July)\*.

Date	n	Proportion of parasitic species (%)				Others
		<i>Diglyphus isaea</i>	<i>Pnigalio</i> spp.	<i>Chrysocharis penthus</i>	<i>Neochrysocharis</i> spp.	
17 May	65	73.8	0.0	0.0	26.2	0.0
24 May	6	83.3	0.0	0.0	0.0	16.7
1 Jun.	26	96.2	0.0	3.8	0.0	0.0
8 Jun.	60	85.0	8.3	0	6.7	0.0
15 Jun.	58	93.1	0.0	5.2	1.7	0.0
22 Jun.	64	92.2	0.0	4.7	0.0	3.1
1 Jul.	228	89.9	5.7	4.4	0.0	0.0
6 Jul.	131	91.6	4.6	3.8	0.0	0.0
Average	79.8	88.9	3.8	3.4	3.5	0.5

\* 5.8 individuals/m<sup>2</sup> of *D. isaea* has been released in growing season

*Pnigalio* spp. 등이었으며 발생률은 0.5-3.8%로 매우 낮았다. 이와 같이 봄 작형 토마토에서 하우스내 자생 기생봉의 밀도가 낮은 것은 시기적으로 노지에 기생봉 개체군이 충분히 형성되지 않았을 것으로 보이며, 아울러 재배포장의 하우스 측창도 외기 온도가 상승하는 5월경부터 열리므로 기생봉의 하우스내로 유입 조건이 좋지 않았을 것으로 추정된다.

**여름 작형(6-10월) 토마토에서 아메리카잎굴파리 밀도억제 효과**

여름 작형 비닐하우스 재배 토마토에서 굴파리좀벌을 이용한 아메리카잎굴파리 밀도억제 효과를 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 조사시작 시기인 7월 6일 아메리카잎굴

파리 유충 기생률, 기주체액 흡즙률 및 치사율이 각각 0%, 9.1% 및 9.1%이고, 유충 밀도는 주당 0.4마리였다. 이후 작기 동안 아메리카잎굴파리 유충 기생률은 19.1-59.5%, 기주체액 흡즙율은 11.7-66.1%, 치사율은 35.7-96.0%, 주당 잎굴파리 유충수는 0.07-0.8마리였다. 조사시기에 따라서 기생, 기주체액 흡즙율, 치사율의 편차가 심하였으나, 천적의 효과가 나타나는 7월 22일 이후 11월 3일까지의 잎굴파리 유충 평균 치사율이 84.4%였다. 조사기간 동안 잎굴파리 주당 밀도는 크게 증가하지 않고 최대 주당 0.8마리 이내로 낮게 유지되었다.

여름 작형 토마토 포장에 방사한 굴파리좀벌의 활동을 확인하기 위한 잎굴파리 기생봉들의 점유율을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 방사종인 굴파리좀벌의 점유율은 방사 초기인 7월 22일, 29일에 각각 37.3%와 53.7%였으

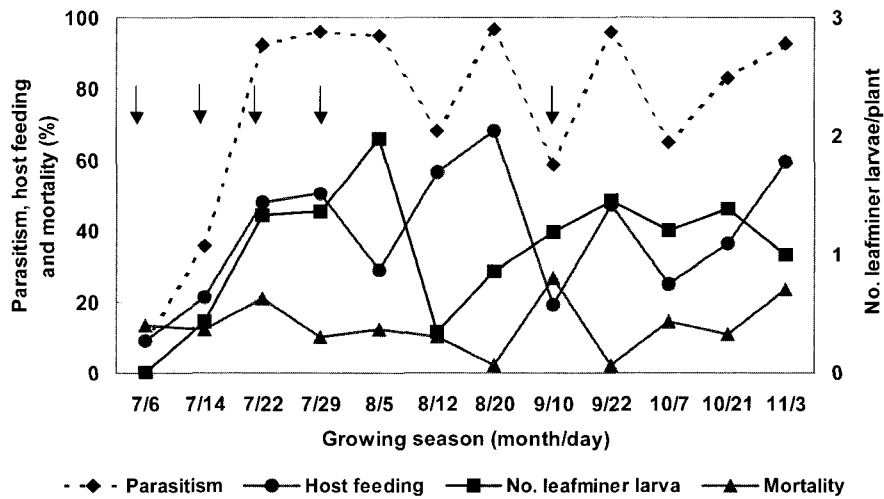


Fig. 3. Seasonal changes of the mortality (total mortality, parasitism rate and mortality caused by host feeding rate) and the density of *Liriomyza trifolii* in a summer type of tomato greenhouse (March-July). - Arrows indicate the release time of *Diglyphus isaea*.

Table 2. Proportion of parasitic species of *L. trifolii* collected in a summer type of tomato greenhouse (March-July)\*.

Date	n	Proportion of parasitic species (%)						
		<i>Diglyphus isaea</i>	<i>Diglyphus albiscapus</i>	<i>Hemiptarsenus</i> spp.	<i>Chrysocharis penthus</i>	<i>Neochrysocharis</i> spp.	<i>Opius</i> spp.	Others
22 Jul.	51	37.3	0.0	39.2	9.8	0.0	7.8	5.9
29 Jul.	41	53.7	0.0	12.2	24.4	0.0	0.0	9.8
5 Aug.	46	4.3	0.0	17.8	67.4	0.0	2.2	8.7
12 Aug.	29	0.0	0.0	20.7	62.1	0.0	0.0	17.2
20 Aug.	42	0.0	0.0	0.0	90.5	7.1	0.0	2.4
10 Sep.	71	0.0	2.8	7.0	77.5	12.7	0.0	0.0
22 Sep.	82	8.5	0.0	7.3	58.5	8.5	11.2	6.1
7 Oct.	18	0.0	0.0	16.7	50.0	11.1	11.1	11.1
21 Oct.	32	9.4	0.0	0.0	84.4	0.0	0.0	6.3
Average	45.8	13.8	0.5	12.4	58.5	4.9	3.8	6.1

\* 1.8 individuals/m<sup>2</sup> of *D. isaea* has been released in growing season

나, 8월 5일부터 급격히 감소하여 10월 21일까지 점유율은 0.0%-9.4% 사이로 미미한 발생을 보였다. 이러한 밀도 감소 원인을 두 가지 정도로 추정해볼 수 있는데, 굴파리좀벌은 35°C에서 산란후 유충발육이 거의 이뤄지지 않기 때문에(Kim *et al.*, 2005) 하절기 고온에서 밀도 형성에 장애를 받았거나, 다른 하나는 외부에서 유입된 기생봉들과의 중간 경쟁에서 상대적으로 약한 것이 아닌가 생각된다. 그러나 보다 명확한 결론은 좀더 자세한 굴파리좀벌의 행동습성에 관한 연구를 통해서 밝혀져야 할 것이다. 포장에 방사하지 않은 기생봉의 발생은 5종이상이며, 그 가운데 굴파리민좀벌(*Chrysocharis penthus*)이 8월 5일 67.4%로 우점하기 시작하여 10월 21일까지 최저 50.0%에서 최고 90.5%의 점유율을 나타냈다. Lee *et al.* (1998)은 국내 토착 아메리카잎굴파리 기생봉은 좀벌과 10종, 고치벌과 4종을 확인하였다고 보고 하였는데, 이들 기생봉들이 하우스 외부에서 서식하면서 개체군 밀도가 높아짐에 따라 기주를 찾아 하우스 내부로 유입된 것으로 추정된다. Ozawa *et al.* (1999)은 일본 Shizuoka 지역 시설재배 토마토에서 아메리카잎굴파리 생물적 방제를 위해 굴파리좀벌을 5월부터 7월까지 1주일 간격으로 방사하였는데, 6월 6일과 7월 6일 조사에서 자생 기생봉인 *Neochrysocharis formosa* 밀도가 방사종인 굴파리좀벌 밀도에 비하여 산출 결과 각각 1.7배, 12.0배가 많이 발생하였다. 본 조사에 비하여 유입 기생봉의 발생 시기는 다르지만, 여름 작형에서 방사하지 않은 종의 발생이 많은 것은 유사하였다.

**가을 작형(7-12월) 토마토에서 아메리카잎굴파리 밀도억제 효과**

가을 작형 비닐하우스 재배 토마토에서 굴파리좀벌을 이용한 아메리카잎굴파리 밀도억제 효과를 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 조사시작 시기인 9월 22일 아메리카잎굴파리 유충 기생률, 기주체액 흡즙율, 치사율이 각각 26.1%, 18.8%, 44.9%이고, 유충 밀도는 주당 0.7마리였다. 10월 7일 조사에서 잎굴파리 유충 기생률, 기주체액 흡즙율, 치사율이 급격히 낮아졌는데, 예상과는 달리 잎굴파리 유충 밀도가 증가하지 않았다. 이는 포장 내 잎굴파리 성충의 밀도가 높지 않기 때문이며, 후기의 잎굴파리 밀도 증가가 크지 않을 것을 예상할 수 있다. 따라서 10월 21일부터 잎굴파리 주당 밀도는 급격히 줄어드는 반면, 굴파리좀벌의 기생률과 기주체액 흡즙률은 증가하게 된다. 시험 종료 시기인 12월 16일에는 기생률, 기주체액 흡즙률 및 치사율이 각각 59.4%, 38.7% 및 98.1%로 증가하였고, 주당 유충 밀도는 0.1마리로 낮아졌다, 조사시작 시기인 9월 22일 대비 12월 16일의 아메리카잎굴파리 밀도 억제율은 85.7%를 보였다.

가을 작형 토마토 포장에 방사한 굴파리좀벌의 활동여부를 확인하기 위한 잎굴파리 기생봉들의 점유율을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 방사종인 굴파리좀벌이 조사시기 동안 77.6%-97.4%(평균 83.4%)로 여름 작형 포장에 비하여 굴파리좀벌의 점유율은 높은 반면, 유입 기생봉은 2종이 발생하였고 점유율은 평균 16.6%로 매우 낮았다.

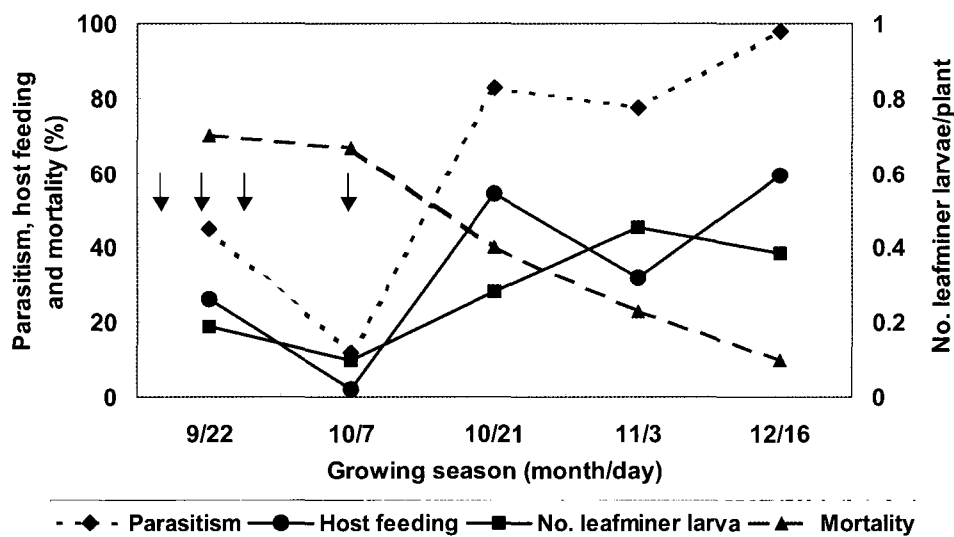


Fig. 4. Seasonal changes of the mortality (total mortality, parasitism rate and mortality caused by host feeding rate) and the density of *Liriomyza trifolii* in a autumn type of tomato greenhouse (March-July). - Arrows indicate the release time of *Diglyphus isaea*.

**Table 3.** Proportion of parasitic species of *L. trifolii* collected in a autumn type of tomato greenhouse (March-July)\*.

Date	n	Proportion of parasitic species (%)		
		<i>Diglyphus isaea</i>	<i>Hemiptarsenus</i> spp.	<i>Chrysocharis penthus</i>
21 Oct.	48	79.1	4.2	16.7
3 Nov.	58	77.6	0.0	22.4
16 Dec.	39	97.4	0.0	2.6
Average	48.3	83.4	1.4	15.2

\* 2.7 individuals/m<sup>2</sup> of *D. isaea* has been released in growing season

따라서 가을 작형에 아메리카잎굴파리 밀도억제 효과는 대부분 굴파리좀벌에 의한 것으로 볼 수 있다. 가을 작형에서 기생봉의 유입이 낮은 것은 동절기에 접어들면서 외기온도가 낮아지므로 노지에 서식하는 토착 기생봉들이 월동과 관련이 있을 것으로 추측되지만, 보다 명확한 구명을 위해서는 기생봉의 생태학적 연구가 필요할 것으로 판단된다.

시설 재배 토마토의 3가지 작형에서 굴파리좀벌을 이용한 아메리카잎굴파리 밀도억제 효과를 조사한 결과, 봄작형에서 잎굴파리의 발생이 시작되는 4월 하순경부터 굴파리좀벌을 방사하는데, 이때 잎굴파리 유충 밀도가 주당 약 1마리일 경우 1회 방사량은 m<sup>2</sup>당 0.5-1.7마리를 6회(총 5.8마리/m<sup>2</sup>) 정도 방사한다. 이 시기에는 노지의 자생 기생봉의 밀도가 낮아 포장으로 유입이 적기 때문에 굴파리좀벌의 방사량이 많이 소요되는 단점이 있다.

여름 작형은 잎굴파리 발생이 시작되는 7월 상순경부터 굴파리좀벌을 방사하며, 잎굴파리 유충 밀도가 주당 0.4마리 내외일 경우 1회 방사량은 m<sup>2</sup>당 0.3-0.4마리를 5회(1.8마리/m<sup>2</sup>) 정도 방사한다. 이 시기에는 노지에 자생 기생봉의 밀도가 높아 시설내로 유입이 많고 굴파리좀벌의 활동이 약하기 때문에 토마토 주내에 발생한 잎굴파리의 치사밀도를 면밀히 관찰하여 기생봉의 추가 방사여부를 결정하는 것이 좋다.

가을 작형의 잎굴파리 발생이 시작되는 9월 중순경부터 굴파리좀벌을 방사하는데, 이때 잎굴파리 밀도가 주당 0.7마리 내외일 경우 1회 방사량은 m<sup>2</sup>당 0.4-1.3마리를 4회(2.7마리/m<sup>2</sup>) 정도 방사한다. 이 시기는 기온이 낮고 동절기에 가까워져 잎굴파리의 활동력이 점점 떨어지므로 발생 초기에 굴파리좀벌을 집중 방사하는 것이 효과적이다.

Schuster and Wharton (1993)는 토마토에서 잎굴파리의 기생천적을 조사하였는데, 봄작형에서는 *Diglyphus intermedius*와 *D. begini*가 각각 32.0%와 30.6%로 우점하는데 반해, 가을작형에서는 *Opius dissitus*와 *Neochrysocharis punctiventris*가 각각 51.8%와 19.9%로 우점하였다고 하

여 계절 또는 포장에 따라 발생하는 종이 다른 것으로 나타났다. 이와 같이 토마토 포장에서 굴파리좀벌을 이용하는 데는 작물의 재배시기나 잎굴파리의 발생밀도 뿐만 아니라 자연발생하는 기생봉들의 밀도와 종류에 따라 다르기 때문에 모든 포장에 일률적으로 천적방사 기준을 적용하기는 어렵다. 따라서 작물에 발생한 잎굴파리 유충과 기생봉의 밀도를 주기적으로 정확히 예찰하여, 본 논문의 결과를 참고로 굴파리좀벌의 방사량과 방사횟수를 결정하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

## Literature Cited

- CABI/EPPO. 1992. Quarantine Pests for Europe. PP.204-209.
- 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* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Korea. Korea J. Appl. Entomol. 35: 309-314.
- Kamijo, K. 1978. Chalcidoid parasites (Hymenoptera) of Agromyzidae in Japan, With description of a new species. Kontyu, Tokyo, 46: 455-469.
- 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.
- Konishi, K. 2004. An illustrated key to species of hymenopterous parasitoids of Leafmining agromyzid pests. 2004 Asian science seminar JASS'04-Biological control of agricultural pests in asia-theory and practice: 40-56.
- Lee, G.S., C.K. Park, J.Y. Choi and D.S. Ku. 1998. Survey on natural enemies of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). NIAST Report for crop protection. pp. 123-131.
- Malais, M. and W. J. Ravensberg. 1992. The biology of glasshouse pest and their natural enemies. Koppert biological systems. The Netherlands. 109 pp.
- Minkenber, 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.
- Ohno, K., D. Yamaguchi, N. Maryana, K. Takesaki and H. Takemoto. 1999. Reproductive efficiency of eulophid parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) attacking the larvae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Jpn. J. Ent. (N.S), 2: 1-9.
- Ozawa, A.H., T. Saito and M. Ota. 1999. Biological control of american serpentine Leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess), on Tomato in greenhouses by parasitoids. I. Evaluation of biological control by release of *Diglyphus isaea* (Walker) in experimental greenhouse. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 43: 161-168.
- Saito, T., A.H. Ozawa and N.T. Iketa. 1995. Release effect of exotic parasitoids against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Kantoutousan report for disease and insect 42: 235-237.
- 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.
- Sesil. 2006. [http://www.sesilipm.co.kr/product/prd\\_cat\\_list.asp](http://www.sesilipm.co.kr/product/prd_cat_list.asp).

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