

조명나방(*Ostrinia furnacalis*) 알에 대한 쌀좀알벌(*T. evanescens*)과
*T. ostriniae*의 기생특성정진교* · 박종호¹ · 임대준² · 한태만작물과학원 환경생명공학과, ¹농업과학기술원 농업환경부 친환경농업과, ²농업과학기술원 농업생물부 농업해충과Parasitism of *Trichogramma evanescens* and *T. ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to Eggs of the Asian Corn Borer, *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Pyralidae)Jin Kyo Jung*, Jong Ho Park¹, Dae Joon Im² and Tae Man Han

Environment and Biotechnology Division, National Institute of Crop Science, 209 Seodun-dong, Suwon 441-857, Republic of Korea

¹Organic Farming Technology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology, 249 Seodun-dong, Suwon 441-857, Republic of Korea²Entomology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology, 249 Seodun-dong, Suwon 441-857, Republic of Korea

ABSTRACT : Parasitism of the egg parasitoid, *Trichogramma evanescens*, to its main host insect, the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* in Korea was compared with that of *T. ostriniae* that is the dominant species in China on the same host insect. Parasitoid adults of both species emerged more than 50 percent within 4 hours after lights-on in 16L/8D photo period regime and showed a circadian rhythm of emergence. The developmental period from oviposition to emergence in both parasitoids was ca. 11 days and there were no significant differences between the two species and between female and male of each species, either. Both species also showed superparasitism even when the parasitic rates in one egg mass were below 100 percent. Both species oviposited by 5 days after emergence, and maximum longevities of each female adult of both species were 8 day for *T. evanescens* and 6 day for *T. ostriniae*. The total number of eggs parasitized by *T. evanescens* was ca. 38 eggs and ca. 31 eggs by *T. ostriniae*. Newly emerged female parasitoid laid eggs on about 50% of the host insect egg mass, and the parasitism decreased with the adult age of egg parasitoids in both species. The sex ratio of two species was female-biased about 80%.

KEY WORDS : *Trichogramma evanescens*, *T. ostriniae*, *Ostrinia furnacalis*, Egg-parasitism

초 록 : 조명나방(*Ostrinia furnacalis* Guenée)의 국내 우점 알기생벌인 쌀좀알벌(*T. evanescens*)과 같은 곤충을 숙주로 삼는 *T. ostriniae*의 기생특성을 조명나방 알을 이용하여 비교하였다. 일정한 사육조건(25°C, 16L/8D)에서 두 알기생벌은 명조건 후 4시간 안에 50% 이상 우화하는 일일주기성을 보였다. 산란에서 우화까지의 발육기간은 두 종 약 11일 정도였고, 두 종 모두 종간 및 종내 암수 간에 차이가 없었으며, 알기생율이 100% 미만임에도 불구하고 과기생을 보였다. 두 종 모두 암컷은 우화 후 5일째까지 산란하였고, 수명은 쌀좀알벌에서 최대 8일이었고, *T. ostriniae*에서 6일이었다. 조명나방의 기생 알 수는 각 각 약 38개와 31개였는데, 두 종 모두에서 우화 첫째날 알기생벌이 산란한 알 수가 전 산란기간 동안 산란한 알 수의 약 50%를 차지하였다. 성비는 두 종 모두 암컷이 약 80%를 차지하는 암컷편향적이었다.

검색어 : 쌀좀알벌(*Trichogramma evanescens*), *T. ostriniae*, 조명나방(*Ostrinia furnacalis*), 알기생

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

*Trichogramma*속에 속하는 알기생벌들은 세계 여러 나라에서 많은 종류의 나비목 해충의 알에 대한 생물적 방제수단으로 기초생물학부터 숙주탐색과정 및 이용방법까지 적극적으로 연구되어 왔다(Wajnberg and Hassan, 1994; Smith, 1996). 국내에서는 담배나방(*Helicoverpa assulta*) 알에서 명충알벌(*T. chilonis*)의 발육과 야외에서의 발생 및 기생성(Nandihalli, 1994), 숙주탐색과정에서 명충알벌이 이용하는 숙주곤충의 성페로몬, 표피층 왁스물질 및 기주식물의 휘발성분 등의 카이로몬(Boo and Yang, 1998; Boo and Yang, 2000), 알기생벌들을 대량사육할 수 있는 대체먹이에 관한 연구(Kim et al., 2003) 등 해충방제에 *Trichogramma* 알기생벌을 이용하고자 하는 노력들이 진행되어 왔다.

쌀좁알벌(*T. evanescens*)은 여러 나비목 곤충의 알에 기생하는 다식성 천적으로, 국내에서는 도둑나방(*Mamestra brassicae*)과 조명나방(*Ostrinia furnacalis*) 알에 기생한다고 보고되었고(Lee et al., 1980; Paik, 1978), 외국에서는 조명나방 근연종인 *O. nubilalis*(Cagan et al., 1998), *Lobesia botrana*(Rossi and Pizzol, 1997)와 버찌가는잎말이나방(*Eupoecilia ambiguella*)(Barnay et al., 2001), 콩명나방(*Maruca vitrata*)(Ulrichs and Mewis, 2004) 등의 나비목 곤충 알에 기생하는 것이 보고되어 있다. 이 알기생벌은 필리핀, 중국, 구소련, 유럽 등지의 여러 나라에서 *Agrotis*속 곤충들, *Clysis cautella*, *Lobesia*속 곤충들, *Loxostege sticticalis*, 도둑나방, *Pieris*속 곤충들, 조명나방, *O. nubilalis* 등의 해충방제에 적극적으로 이용되어 왔으나(Bigler, 1994; Felkl et al., 1993; Li, 1994), 국내에서는 아직 그 이용가능성에 대해서 검토된 바는 없다.

쌀좁알벌의 숙주곤충인 조명나방은 동남아시아 지역에 분포하며 옥수수, 조, 울무, 수수, 대마, 생강 등 20여종의 전작물을 가해하는데 특히 국내에서는 옥수수 및 울무의 주요해충으로 보고되어 있다(Chang et al., 1996; Lee et al., 1980). 조명나방은 식물 조직, 특히 줄기 안으로 파고 들어가 외부에 쉽게 노출되지 않기 때문에 살충제 살포에 의한 방제효과가 낮아, 이를 대체할 수 있는 생물적 방제수단을 연구할 필요가 있다.

국내에 기록된 조명나방의 기생천적으로서는 알에 기생하는 쌀좁알벌과 송충알벌(*T. dendrolimi*)이 있고, 유충에 기생하는 밝은긴수염고치벌(*Macrocentrus grandii*)과 기생파리과 1종이 보고되어 있다(Kim and Kim, 1991; Lee et al., 1980). 이 중 알기생벌은 유충기생벌에 비해 숙주곤충 알의 부화 자체를 방해하고 실내에서

대량 증식될 수 있다는 점에서 생물적 방제수단으로서 유리한 점이 있다(Hassan, 1994). 따라서 앞으로 쌀좁알벌을 조명나방 방제수단으로서 이용하는데 필요한 기초자료를 마련하기 위해 조명나방 알을 숙주로 하여 쌀좁알벌과 *T. ostrinae*의 발육과 기생특성에 관한 실험을 수행하여 비교하였다.

재료 및 방법

조명나방 천적 및 기생을 조사

조명나방 천적종류와 쌀좁알벌(*T. evanescens*)의 기생율은 1995년, 1996년, 2001년, 2002년 사이에 수원 서둔동 작물과학원 옥수수포장에서 간헐적으로 조사되었고, 산재한 자료는 결과에서 간단히 정리되었다.

조명나방 사육

알기생벌 숙주곤충으로 사용한 조명나방(*O. furnacalis*)은 여름철 작물과학원 옥수수포장에서 옥수수 줄기를 절개하여 유충 형태로 채집하였다. 채집된 유충은 항온기(25°C, RH 60%, 광주기 16L/8D) 안에서 Guthrie (1989)의 반합성 사료를 변형하여 공급하고 누대사육하였다. 인공사료는 맥아 26g, 카제인 22g, 포도당 20g, 비타민 혼합물 4.6g, 무기염 혼합물 7.2g, β -sitosterol 1.6g, 한천분말 14g, 비타민 C 6g에 미생물 억제제로 sorbic acid 0.4g, methyl-*p*-hydroxybenzoate 1.05g, Fumidil B[®](Sanofi Co.) 0.35g, aureomycin 1.35g, propionic/phosphoric acid 혼합용액(propionic acid 41.8%, phosphoric acid 4.2%) 4.3ml을 첨가하여 증류수 645ml을 혼합한 후 제조하였다. 유충은 원통형의 사육용기($\phi 27 \times 15.5$ cm)에서 번데기가 될 때까지 사육하였다. 번데기는 사육용기 안쪽 위에 같이 넣어준 주름종이 안에서 용화시켰고, 이들을 수집하여 철망 성충산란상자(40.5 × 26 × 20 cm)에 넣어 주었다. 우화한 성충에는 10% 설탕용액을 공급하면서 산란상자 윗면에 부착한 유산지에 산란시켰다.

알기생벌 사육

쌀좁알벌은 수원 서둔동 작물과학원 내 옥수수 포장의 옥수수 잎에 자연 산란된 난피 혹은 옥수수 잎 위에 인위접종한 조명나방 난피를 2일 후 수거하여 기생된

알에서 얻었다. 우화한 쌀좁알벌 성충은 실내에서 증식한 조명나방 난피를 넣은 유리관(φ26×156 mm)에 넣어 다시 기생시켰는데, 이때 사각여과지(10×10 mm)에 10% 설탕용액을 적셔 공급하고 항온기(25℃, 광주기 16L:8D, RH 70%) 안에서 유지하였다. *T. ostrinae*는 중국농업과학원 식물보호연구소에서 분양을 받아 쌀좁알벌의 경우와 같은 조건에서 사육하였다. 알기생벌의 암·수는 더듬이의 모양이 곤봉모양인 것을 암컷, 부채모양인 것을 수컷으로 하여 구분하였다. 두 종 알기생벌의 먹이로서 조명나방 난피가 부족한 경우에는 농촌진흥청 농업과학기술원 농업해충과로부터 줄알락명나방(*Cadra cautella*)의 알을 공급받아 이를 사각용지에 풀로 붙여 알기생벌을 접종하여 증식하였다.

알기생벌들 우화리듬

알기생벌 우화시간대 조사는 조명나방 난피를 시험관에 2개씩 넣고 알기생벌을 2일간 접종하고, 접종 후 8 일째부터 매일 4시간 간격으로 우화한 알기생벌 성충 개체수를 확인하였다. 암기간 동안은 관찰하지 않았고, 암기가 시작되고 끝나는 시각에 각각 우화 여부를 확인하여 암기간 동안 개체수를 산출하였다. 모두 4반복으로 처리하였다.

알기생벌 기생특성

두 종의 알기생벌 발육 조사를 위해 유리시험관(φ15×100 mm)에 산란 직후의 조명나방 난피 1개와 우화 24 시간 이내의 알기생벌 암수 1쌍을 접종하였다. 접종 24 시간 후 알기생벌을 제거하고 기생된 알에서 매일 우화하는 알기생벌의 개체수를 세고 알기생벌 제거 후부터 우화까지의 기간을 조사하여 알기생벌의 발육기간으로 하였다.

조명나방 알 한 개당 쌀좁알벌 기생 수를 알기 위해 알기생벌을 접종한 조명나방 난피를 알기생벌 우화 전에 해부하여 알 하나에 발육하고 있는 알기생벌의 수를 조사하였는데, 1995년에는 무작위로 여러 마리의 기생벌

을 여러 날 접종한 난피에서, 2002년에는 1쌍만을 24시간 접종한 난피에서 조사하였다. 이러한 과기생(superparasitism) 여부를 간접적으로 판단하기 위해서, 두 종의 알기생벌에서 갓 우화한 성충 1쌍씩을 갓 산란된 조명나방 난피 하나에 24시간 접종하고 사육하였을 때 기생당한 알 수 보다 성충으로 우화한 기생벌의 수가 더 많았던 경우만을 골라, 그들의 알기생율과 기생알 수에 대한 알기생벌 우화비율을 산출하였다.

한편 산란을 조사를 위해 조명나방 난피 1~2개(약 30~60개의 알)를 넣고 우화 후 0~4시간이 지난 기생벌 암수 한 쌍을 넣어 주었다. 24시간 후 수컷을 제거한 뒤 생존한 암컷은 다시 새로운 조명나방 난피와 설탕물을 공급한 다른 시험관으로 옮겨주었는데, 이 과정은 기생벌이 죽을 때까지 매일 반복하면서 매일 기생된 알 수를 조사하였다.

결과 및 고찰

조명나방 기생천적 조사

1996년 7~9월 사이 무작위로 채집된 조명나방에서 발견된 기생천적으로 이미 보고된 것(Lee et al., 1980)과 같이 알에서는 쌀좁알벌, 유충에서는 밝은긴수염고치벌과 기생파리과 1종이 관찰되었다(Table 1).

쌀좁알벌은 옥수수 포장에서 잎 뒷면에서 쉽게 채집할 수 있었는데, 조명나방 2세대 혹은 3세대 성충이 산란하는 시점인 8월 중 채집하거나 옥수수 잎에 접종하여 얻은 조명나방 난피들에서 대개의 경우 50% 이상의 난피가 기생되었다(Table 2). 기생된 난피들에서 그 안의 알들이 모두 기생되지는 않았는데 이 관찰결과는 기록하지 않아 정확한 기생율을 산출하지는 못하였다. 1세대 조명나방 알에 대한 쌀좁알벌의 기생율은 조사되지 않았다. Lee et al.(1980)는 채집된 1세대 조명나방 알에서 쌀좁알벌의 기생을 관찰하지 못하였는데, 이 시기 쌀좁알벌이 실제 발생하는 않는지 혹은 활동성이 적거나 다른 숙주곤충을 이용하여 발생하는지는 앞으로 더

Table 1. Natural enemies of *Ostrinia furnacalis* in corn fields, 1996

| Host insect stage | Natural enemies | Collected seasons |
|-------------------|--------------------------------|------------------------|
| Eggs | <i>Trichogramma evanescens</i> | Early Aug.~Middle Sep. |
| Larvae | <i>Macrocentrus grandii</i> | Middle Jul.~Early Aug. |
| " | Tachinidae sp. | Early Jul. |

Table 2. Parasitic rates of *T. evanescens* to *O. furnacalis* egg masses in corn fields

| Date* | No. of egg masses | Percentage of egg masses parasitized |
|---------------|-------------------|--------------------------------------|
| 1995. Aug. 11 | 151 | 98.0 |
| 2001. Aug. 20 | 30 | 10.0 |
| Aug. 27 | 30 | 50.0 |
| 2002. Jul. 25 | 38 | 50.0 |
| Aug. 8 | 68 | 98.5 |
| Aug. 23 | 25 | 80.0 |

*Egg masses were collected from natural populations in corn field in 1995, and re-collected after inoculation of egg masses in 2001 and 2002.

검토되어야 할 것으로 생각되었다. 한편 유충 기생천적들은 월동유충과 1세대 및 2세대 모두의 조명나방 유충에서 관찰된 보고들이 있다(Kim, 2002; Lee *et al.*, 1980).

알기생벌 우화리듬

한편, 16L/8D의 광주기 조건에서 두 알기생벌 중 암수 모두 불이 켜진 후 4시간 이내에 50% 이상의 우화율을 보이는 통계적으로 유의한 일일리듬성을 보였다(쌀좁알벌 암컷 $F=27.28, P<0.0001$, 수컷 $F=104.72, P<0.0001$; *T. ostriniae* 암컷 $F=34.45, P<0.0001$, 수컷 $F=119.24, P<0.0001$)(Fig. 1). 불이 켜진 후 4시간 이후에는 우화율이 점차 낮아지는 경향이었고, 일부 개체는 암기간 중에 우화하였는데 이 비율은 쌀좁알벌이 *T. ostriniae* 보다 약간 높았다. 쌀좁알벌 우화의 일일리듬성에 대해서 온도와 광주기 각각 혹은 복합조건에 적용된 행동이 보고(Zaslavski, *et al.*, 1995)되어 있는 것처럼 본 실험에서 관찰되었던 두 종의 우화 일일리듬성은 두 알기생벌의 고유성질로 추정되었다.

발육기간

우화 후 24시간 이내의 알기생벌이 산란한 날부터 새로 기생벌이 우화하기까지의 발육기간은 두 종 모두에서 평균 11일로 나타났으며 대부분 10~13일 소요되었다(Fig. 2). 종 내 암·수 간 유의한 차이는 없었으나 두 종 모두 암컷의 발육기간이 수컷의 발육기간 보다 약간 더 길었다. 쌀좁알벌의 발육기간이 *T. ostriniae*보다 약간 짧았으며 쌀좁알벌 수컷과 *T. ostriniae* 암컷의 발육기간은 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 3). 쌀좁알벌은 차색알락명나방(*Ephestia elutella*) 알에서 20~30℃ 사이에서 온도증가에 따라 발육속도가 빨라지는 것이 보고되어 있다(Schöller and Hassan, 2001). 그런데 기주식물을 달리하는 도둑나방과 조명나방 근연종 *O. nubilalis* 및 거세미나방(*Agrotis segetum*) 알에서 채집된 쌀좁알벌 여러 계통들이 공통적으로 보리나방(*Sitotroga cerealella*) 알로 사육될 때 계통간 발육기간이 유의적으로 다른 경우도 있어(Ram *et al.*, 1995) 앞으로 쌀좁알벌의 숙주범위 탐색과 더불어 각각의 숙주에서 채집된 쌀좁알벌에 대해 집단간 비교를 하여야 할 것으로 생각되었다.

과기생

쌀좁알벌 발육 중 해부하여 조사된 결과에서 하나의 알에 4개체까지의 알기생벌이 기생하는 과기생(super-parasitism)이 한 난괴 전체 조명나방 알의 40~60%를

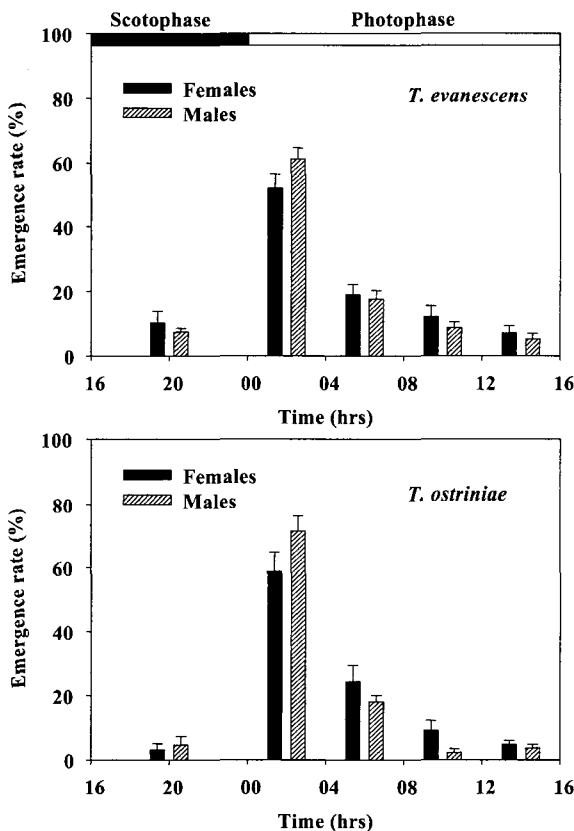


Fig. 1. Adult emergence rates of *Trichogramma evanescens* and *T. ostriniae* in 16L/8D photo-period regime.

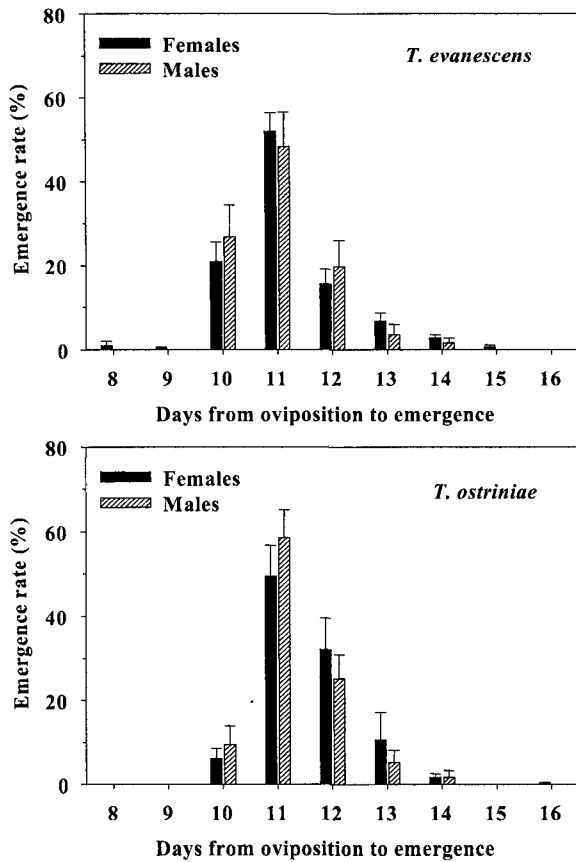


Fig. 2. Emergence patterns of *Trichogramma evanescens*(N=21) and *T. ostriniae*(N=16) in *O. furnacalis* eggs parasitized by one day-old of egg parasitoids.

차지하였고 하나의 알에 2개의 알기생벌이 발육 중인 비율이 가장 많았다(Table 4). 1995년 실험에서 무작위로 여러 쌍 접종된 난괴들에서는 난괴 중 알의 전체가 기생되었으나, 2002년 1쌍만을 24시간 동안 접종한 실험에서는 한 난괴 중 약 53%의 알만 기생되었고, 기생된 알 당 쌀좁알벌 수는 1.4마리였다. 즉 이 경우는 쌀

Table 3. Developmental periods of *Trichogramma evanescens* and *T. ostriniae* in *O. furnacalis* eggs

| Parasitoids | Replicates | Developmental periods (days) |
|-----------------------------|------------|------------------------------|
| <i>T. evanescens</i> female | 20 | 11.2±0.1 ab* |
| male | 19 | 11.0±0.1 b |
| <i>T. ostriniae</i> female | 16 | 11.5±0.0 a |
| male | 15 | 11.3±0.0 ab |

*Statistical analysis by Tukey's test.

좁알벌 암컷이 아직 산란하지 않은 알이 남아 있음에도 이미 산란한 알에 다시 산란하였던 행동을 나타내었다. 이와 같은 과기생은 *T. ostriniae*에서도 나타나는 것으로 보이는데, 이는 두 종 공통적으로 조명나방 한 난괴 중 두 알기생벌에 의해 기생된 알 수가 적었음에도 불구하고 기생된 조명나방 알 수보다 우화한 기생벌 수가 많았던 경우로부터도 간접적으로 증명되었다(Table 5). 또 이 결과는 한 알에서 같이 발육하는 알기생벌들이 하나의 생존개체만을 남기는 것이 아니고 여러 마리가 우화할 수 있는 것도 나타내었다.

쌀좁알벌은 동일 어미 혹은 다른 어미에 의한 과기생이 이미 보고 되었는데, 이 종은 이미 산란된 알에 대한 중복산란을 피하는 경향이 있으나 이미 산란된 알에 표지된 휘발성 물질이 사라지거나 일정 시간 안에 탐색할 수 있는 알의 밀도에 의해 과기생 정도가 달라진다고 하였다(Schmidt, 1994; van Dijken and Waage, 1987).

산란력, 성충수명, 성비

쌀좁알벌의 암컷은 최대 우화 후 8일까지 생존하였고 평균수명은 5.1±0.4일이었고 산란은 우화 후 5일째까지 하였다. *T. ostriniae* 암컷은 우화 후 최대 6일까지 생존

Table 4. Number and percentages of *Trichogramma evanescens* larvae in egg of *O. furnacalis*

| Tested year | No. of parasitoids inoculated | Replicates | Total No. of eggs in one host egg mass | Parasitic rate (%) | No. of parasitoid larvae per one egg | Percentage in number of <i>T. evanescens</i> larvae per one egg of <i>O. furnacalis</i> | | | |
|-------------|-------------------------------|------------|--|--------------------|--------------------------------------|---|----------|---------|---------|
| | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1995 | many | 13 | 49.5±6.7 | 100.0±0.0 | 1.7±0.0 | 40.4±3.7 | 51.2±3.6 | 8.2±1.4 | 0.2±0.2 |
| 2002 | one pair | 3 | 40.0±4.0 | 52.9±11.1 | 1.4±0.0 | 59.0±1.0 | 37.8±2.2 | 3.2±3.2 | 0.0±0.0 |

Table 5. Number of egg parasitoids emerged from *O. furnacalis* eggs parasitized by each species of *Trichogramma evanescens* and *T. ostriniae*

| Species | Replicates | Parasitic rate (%) | No. parasitoids emerged per No. eggs parasitized |
|----------------------|------------|--------------------|--|
| <i>T. evanescens</i> | 15 | 53.6±6.8 | 1.35±0.05 |
| <i>T. ostriniae</i> | 11 | 63.9±7.2 | 1.30±0.07 |

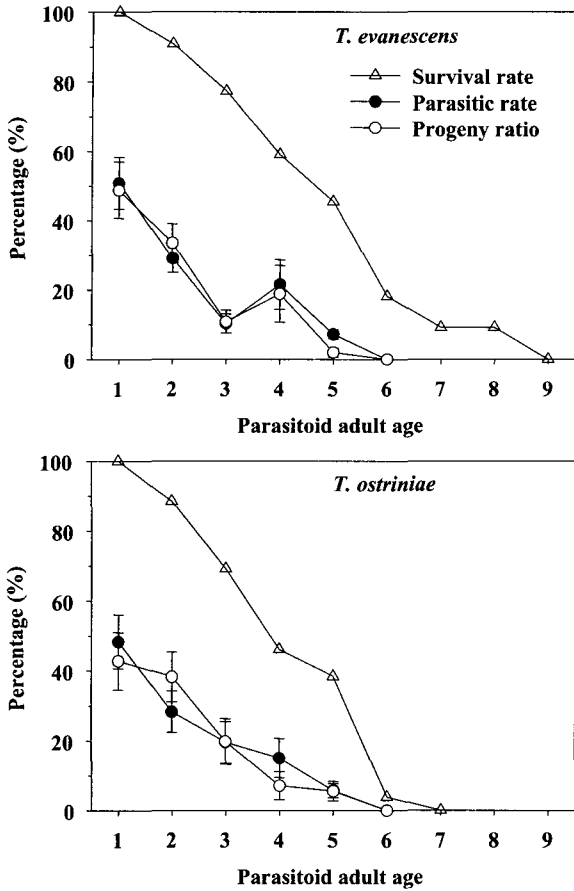


Fig. 3. Survival rates of egg parasitoids and their oviposition ratios to *O. furnacalis* eggs, and ratios of their progeny.

하였고 평균수명은 4.9±0.3일이었다. 산란은 우화 후 5 일째까지 하였다. 두 종 모두 성충 생존율은 우화 당일 부터 급격하게 감소하는 경향이었고, 성충나이에 따라 기생된 조명나방 알은 우화 첫날의 알기생벌 성충에서 약 50%를 차지하여, 두 종 모두 성충 우화 후 바로 산란하는 조숙한 생식형태를 보였고 이후 점차 감소하는 경향이였다(Fig. 3). 이는 26℃에서 쌀좁알벌이 우화 후 첫날 차색알락명나방(*Ephestia elutella*) 알에 산란한 알 수가 전 성충기간 중 산란한 알 수의 약 50%를 차지했던 것(Schöller and Hassan, 2001)과, 25℃에서 *E. kuehniella* 와 보리나방 알을 숙주로 하여 우화 당일 40%의 산란 수를 보였던 *T. platneri*의 경우와 유사하였다(Kuhlmann and Mills, 1999). 이렇게 기생당한 알로부터 우화한 각각의 알기생벌 자손의 비율 변동 모습 역시 기생된 알 수 비율의 변동모습과 유사하였다.

쌀좁알벌 암컷 한 마리에 의해 기생당한 조명나방 알 수는 약 38개였고, *T. ostriniae*의 경우는 약 31마리로

Table 6. Total numbers of *Ostrinia furnacalis* eggs parasitized by *Trichogramma evanescens* and *T. ostriniae* and sex ratios of egg parasitoids emerged(n=21)

| Species | Egg number. of <i>O. furnacalis</i> parasitized | Percentage of female parasitoid progeny |
|----------------------|---|---|
| <i>T. evanescens</i> | 38.2±5.0 a* | 81.0±3.5 a* |
| <i>T. ostriniae</i> | 30.8±4.3 a | 79.8±2.6 a |

*Statistic analysis by Tukey's test.

쌀좁알벌에 의한 기생수가 더 많았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($F=1.25, P=0.2702$)(Table 6). 우화한 기생벌 중 암컷이 약 80%를 차지하면서 성비는 암컷에 편중되었으며, 두 종간에 유의한 차이는 없었다($F=0.07, P=0.7919$). 암컷의 비율이 높은 것은 도둑나방 알에 기생한 쌀좁알벌의 경우(Schöller and Hassan, 2001)와 *O. nubilalis* 알에 기생한 *T. ostriniae*에서 보고된 적이 있다(Hoffmann et al., 2001). 그러나, 쌀좁알벌의 경우 도둑나방과 *O. nubilalis* 알에서 우화한 암컷의 비율이 50% 정도인 경우도 있었고(Ram et al., 1995), 성비는 환경조건에 따라 변이가 클 수 있기 때문에(Heimpel and Lundgren, 2000) 앞으로 더 자세한 연구가 필요하다고 생각되었다.

두 종 모두 일부 난괴에서는 수컷만 우화하였다(unpublished observation). 본 연구에서 처녀 암컷만으로 산란시킨 실험을 하지 않아 정확한 자료를 확보할 수 없었으나, 쌀좁알벌에서 이미 알려진 것(Jacob and Boivin, 2005)처럼 위 관찰결과가 미처 교미하지 못한 암컷의 산란으로부터 수컷생산 단위생식에 의해 출현한 것으로 추정되었다.

우화의 일일주기, 발육기간, 암컷의 수명과 산란력, 성비 등에서 쌀좁알벌과 *T. ostriniae* 사이에 두드러진 차이는 보이지 않았다. 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 쌀좁알벌의 수명이 더 길었고 산란한 알 수가 더 많았을 뿐이었다. 실험에 사용된 두 종의 알기생벌은 숙주곤충종과 숙주곤충이 이용하는 기주식물종을 공통으로 이용한다. 따라서 각 종이 서식하는 환경에서 어느 종이 더 적응력이 있는가가 이용가능성의 다른 판단 기준이 될 수 있을 것이다. 본 연구는 국내에서 조명나방의 생물적 방제수단으로서 이용할 수 있는 쌀좁알벌에 관한 연구의 시작으로, 앞으로 이 종의 행동과 생활양식, 기생력 및 대량사육과 방사 및 유인성에 대한 보다 깊은 연구가 진행되어야 할 것이다.

사 사

알기생벌 사육에 이용된 곤충의 하나인 줄알락명나방 알을 기꺼이 공급하여 준 농업과학기술원 농업해충과 김정환 선생과 김용현 박사께 감사를 드린다.

Literature Cited

- Barnay, O., G. Hommay, C. Gertz, J.C. Kienlen, G. Schubert, J.P. Marro, J. Pizzol and P. Chavigny. 2001. Survey of natural populations of *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) in the vineyards of Alsace (France). *J. Appl. Ent.* 125: 469~477.
- Bigler, F. 1994. Quality control in *Trichogramma* production. pp.93-111. *In* Biological control with egg parasitoids, eds. by E. Wajnberg and S.A. Hassan. 286 pp. CAB International.
- Boo, K.S. and J.P. Yang. 1998. Olfactory response of *Trichogramma chilonis* to *Capsicum annuum*. *J. Asia-Pacific Entomol.* 1: 123~129.
- Boo, K.S. and J.P. Yang. 2000. Kairomones used by *Trichogramma chilonis* to find *Helicoverpa assulta* eggs. *J. Chem. Ecol.* 26: 359~374.
- Cagan, L., J. Tancik and S. Hassan. 1998. Natural parasitism of the European corn borer eggs *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lep., Pyralidae) by *Trichogramma* in Slovakia - Need for field releases of the natural enemy. *J. Appl. Ent.* 122: 315~318.
- Chang, S.W., E.S. Yi, K.J. Kim and H.S. Lee. 1996. Occurrence and ecological characteristics of *Ostrinia furnacalis* Guenee, in adlay field. *Kor. J. Medicinal Crop Sci.* 6: 328~332.
- Felkl, G., O.T. Lorenzana, V.Y. Rendon, A.S. Garcia and P.S. Leyza. 1993. Recovery of *Trichogramma evanescens* Westwood after releases for control of Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* Guenee in the Philippines. *J. of Plant Protection in the Tropics (Malaysia)*. 9: 11~15.
- Guthrie, M.D., 1989. Advances in rearing the European corn borer on a meridic diet. pp. 46~59. *In* Toward insect resistant maize for the third world: Proceedings of the international symposium on methodologies for developing host plant resistance to maize insects. 327 pp. Mexico, D.F., CIMMYT.
- Hassan, S.A. 1994. Strategies to select *Trichogramma* species for use in biological control. pp. 55~71. *In* Biological control with egg parasitoids, eds. by E. Wajnberg and S.A. Hassan. 286 pp. CAB International.
- Heimpel, G. and J.G. Lundgren. 2000. Sex ratios of commercially reared biological control agents. *Biol. Control.* 19: 77~93.
- Hoffmann, M.P., P.R. Ode, D.L. Walker, J. Gardner, S. van Nouhuys and A.M. Shelton. 2001. Performance of *Trichogramma ostrinae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on factitious hosts, including the target host, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Biol. Control.* 21: 1~10.
- Jacob, S. and G. Boivin. 2005. Costs and benefits of polyandry in the egg parasitoid *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biol. Control.* 32: 311~318.
- Kim, K.S. 2002. Temperature-dependent development model and analysis of occurrence phenology of Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis* (Guenée)). Seoul Natl. Univ. MS thesis. 36 pp.
- Kim, C.H. and J.B. Kim. 1991. Biological control of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* with *Trichogramma dendrolimi* Matsumura. *Res. Rep. Rural Develop. Admin.* 34: 171~175.
- Kim, J.H., Y.H. Kim, H.G. Gho, M.W. Han and G.S. Lee. 2003. Biological characteristics and mass rearing system for *Cadra cautella* (Walker) as a substitute diet for natural enemies. *Korean J. Appl. Entomol.* 42: 203~209.
- Kuhlmann, U. and N.J. Mills. 1999. Comparative analysis of the reproductive attributes of three commercially-produced *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biocontrol Sci. and Technol.* 9: 335~346.
- Lee, Y.B., C.Y. Hwang, K.M. Choi and J.Y. Shim. 1980. Studies on the bionomics of the oriental corn borer *Ostrinia furnacalis* (Guenée). *Kor. J. Plant. Prot.* 19: 187~192.
- Li, L.Y. 1994. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: a survey. pp. 37~53. *In* Biological control with egg parasitoids, eds. by E. Wajnberg and S.A. Hassan. 286pp. CAB International.
- Liu, S.S., G.M. Zhang and F. Zhang. 1998. Factors influencing parasitism of *Trichogramma dendrolimi* on eggs of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. *Biocontrol.* 43: 273~287.
- Nandihalli, B.S. 1994. Ecology of an egg parasitoid, *Trichogramma chilonis* Ishii, and a larval parasitoid, *Campoletis chloridae* Uchida, of the Oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta* (Guenee). PhD thesis. 106pp. Seoul Natl. Univ., Korea.
- Paik, J.C. 1978. A list of Chalcidoidea, Hymenoptera from Korea. *Kor. J. Pl. Prot.* 17: 167~185.
- Ram, P., W.B. Tshernyshev, V.M. Afonina and S.M. Greenberg. 1995. Studies on strains of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hym., Trichogrammatidae) collected from different hosts in Northern Moldova. *J. Appl. Ent.* 119: 79~82.
- Rossi M.M. and J. Pizzol. 1997. Development of *Trichogramma cacoeciae* and *T. evanescens* during autumn and winter under natural conditions in southern France. *J. Appl. Ent.* 121: 29~36.
- Schöller, M. and S.A. Hassan. 2001. Comparative biology and life tables of *Trichogramma evanescens* and *T. cacoeciae* with *Ephestia elutella* as host at four constant temperatures. *Entomol. Exp. Appl.* 98: 35~40.
- Schmidt, J.M. 1994. Host recognition and acceptance by *Trichogramma*. pp. 165~200. *In* Biological control with egg parasitoids, eds. by E. Wajnberg and S.A. Hassan. 286pp. CAB International.
- Smith, S.M. 1996. Biological control with *Trichogramma*: Advances, successes, and potential of their use. *Ann. Rev. Entomol.* 41: 375~406.
- Ulrichs, Ch. and I. Mewis. 2004. Evaluation of the efficacy of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hym., Trichogrammatidae) inundative releases for the control of *Maruca vitrata* F. (Lep., Pyralidae). *J. Appl. Ent.* 128: 426~431.
- Van Dijken, M.J. and J.K. Waage. 1987. Self and conspecific superparasitism by the egg parasitoid *Trichogramma evanescens*. *Entomol. Exp. Appl.* 43: 183~192.
- Wajnberg, E. and S.A. Hassan. 1994. Biological control with egg parasitoids. 286pp. CAB International.
- Wührer, B.G. and S.A. Hassan. 1993. Selection of effective species/strains of *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) to control the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lep., Plutellidae). *J. Appl. Ent.* 116: 80~89.
- Yin, Y.S. and J.Y. Chang. 1987. A comparative study of the

utilization of introduced *Trichogramma* sp. and indigenous species against insect pests. *Natural Enemies of Insects*. 9: 45~47.

Zaslavski, V.A., K.B. Zinovjeva, S. Ya. Reznik and T. Ya. Umarova. Effect of photoperiod and thermoperiod on the

eclosion rhythm of *Trichogramma evanescens*. *Entomol. Exp. Appl.* 74: 99~104.

(Received for publication 21 February 2005;
accepted 17 March 2005)