

명충알벌(*Trichogramma chilonis*)의 사육 기주에 따른 왕담배나방과 담배나방에 대한 발육반응 및 기생률

최만영* · 김정환 · 변영웅 · 김황용¹ · 김용현

농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과, ¹농촌진흥청

Developmental Performance and Parasitism of *Trichogramma chilonis* Ishii on Eggs of the Oriental Tobacco Budworm, *Helicoverpa assulta* (Guenee), and the American Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) Depending on Previous Hosts

Man-Young Choi*, Jeong-Hwan Kim, Young-Woong Byeon, Hwang-Yong Kim¹ and Yong-Heon Kim

Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

¹Rural Development Administration

ABSTRACT: The parasitism, development time, hatchability, and progeny production of *Trichogramma chilonis*(TC) females developed in eggs of *Helicoverpa assulta* (HAs), *Cadra cautella* (CC), and *Helicoverpa armigera* (HAr), respectively, were compared with those developed in reciprocal eggs at constant temperatures of 25±2°C and relative humidity of 50~70% under 16L-8D. Developmental performances of TC reared in each of the three hosts on the following hosts(host tested) appeared differently, and were affected most by the size of the proceeding hosts and test host. Among the parameters parasitism and progeny production were affected more than others. Parasitism was significantly different between the treatments, lowest in CC-HAr(10.1±2.05%) and highest in HAr-HAs(47.0±2.09%), and the hatchability showed similar pattern. Development time as well was shortest in the CC-HAr where previous host is smallest and test host is biggest. The highest number of progeny production of TC was observed in HAr-HAs(93.9±6.87 wasps), and the lowest was CC-HAs(18.4±6.36 wasps).

Key words: Parasitism, *Helicoverpa armigera*, *Helicoverpa assulta*, *Trichogramma chilonis*

초 록: 담배나방 알(HAs)을 기주로 사육된 명충알벌(TC)을 담배나방(HAs-HAs)과 왕담배나방(HAs-HAr) 알에, 줄알락명나방(CC) 알을 기주로 사육된 TC를 왕담배나방(CC-HAr) 알과 담배나방(CC-HAs)에, 왕담배나방(HAr) 알을 기주로 사육된 TC를 왕담배나방(HAr-HAr)과 담배나방(HAr-HAs)에 대한 기생률, 발육기간, 우화율, 번식량을 실험실 조건(온도 25±2°C; 습도 50~70%; 광기간 16L-8D)에서 조사하였다. TC는 직전에 어떤 기주에 사육했는가에 따라 시험 기주에서 나타나는 발육반응이 다르다는 것을 알 수 있었으며, 특히 직전기주와 시험기주의 크기에 의해 발육기간, 우화율, 기생률, 번식량이 차이를 보였으며, 가장 큰 차이를 보인 것은 기생률과 번식량인 것으로 나타났다. 기생률은 가장 낮은 CC-HAr의 10.1±2.05%에서 가장 높은 HAr-HAs의 47.0±2.09%로 나타나 처리 간에 유의한 차이를 보였으며, 우화율에서도 유사한 경향을 보였다. 발육기간은 직전기주의 크기가 가장 작고 시험기주의 크기가 가장 큰 CC-HAr처리에서 가장 짧았다. 처리에 따른 TC의 번식량은 HAr-HAs에서 가장 높았으며(93.9±6.87마리), 가장 낮은 처리는 CC-HAs(18.4±6.36마리)였다.

검색어: 기생, 담배나방, 왕담배나방, 명충알벌(*Trichogramma chilonis*)

고추의 주요 해충인 담배나방은 유충이 과실 속에서 가해하기 때문에 방제가 어려운 해충이며, 피해를 입은 고추는

상품성이 없어지기 때문에 경제적으로 많은 피해를 준다. 현재 재배 농가에서는 담배나방을 방제하기 위하여 착과가 시작되는 6월 중순부터 수확기까지 살충제를 5회 이상 살포해야 방제가 가능한 것으로 보고되고 있다 (Yang *et al.*, 2004). 고추에 발생하는 담배나방의 경우 대부분의 유충기간을

*Corresponding author: choimyas@korea.kr

Received November 18 2010; revised November 30 2010; accepted December 15 2010

과실 내부에서 보내며 외부에 노출되는 시기는 알 과 갓 부화한 1령충으로 이 시기가 방제를 효과적으로 할 수 있는 시기이다. Choi *et al.*(1975) 과 Han(1993)은 8~9월의 고추 피해가 적은 이유로 *Trichogramma* sp.의 발생을 지적하고 있다.

알벌과(Trichogrammatidae)는 좀벌상과(Chalcidoidea)에 속하며 80속 620종을 포함하는 분류군으로 체장이 0.2~1.5 mm의 소형 곤충이다. 이 가운데 알벌속(*Trichogramma*)와 *Oligosita*의 두 속이 각각 145종과 110종으로 알벌과 전체의 40%를 차지하는데, *Trichogramma*는 주로 나방류의 알에 기생하며, 딱정벌레, 파리류, 노린재류, 멸구류, 벌류, 풀잠자리류 등의 알에도 기생한다(Pinto and Stouthamer, 1994). 우리나라에는 호주알벌(*T. australicum*), 명충알벌(*T. chilonis*), 쌀좀알벌(*T. evanescens*), 왜명충알벌(*T. japonicum*) 등 4종이 알벌속에 기재되어 있고, 매미충알벌(*Chaetostricha aurulenta*)와 벼멸구알벌(*Paracentrobia andoi*)를 포함해 알벌과에 총 7종이 기재되어있다(Shin & Yoon, 1994). *Trichogramma*는 성충의 체장이 0.2~0.3 mm이며 단독 혹은 집단으로 지름이 0.3~4 mm의 기주 알에 기생한다. 이 *Trichogramma*는 나방류 해충의 중요한 생물적방제 인자로 전 세계적으로 약 3,200만 ha의 농경지에 매년 이용되고 있다(van Lenteren, 2000; Wang and Yang, 2005). 보리나방(*Sitotroga cerealella*), 알락명나방류(*Cadra cautella*, *Anagasta kueiella*) 등을 이용하여 사육하며, 현재는 인공알 등을 이용한 대량사육기술도 개발되었다(Flander, 1930; Smith, 1996; van Lenteren, 2000).

알기생봉에 대해서는 국내외에서 많은 연구가 이뤄져 왔다. 명충알벌(*T. chilonis*)의 계절적 소장과 기주의 나이에 따른 *T. chilonis*의 선호성, 번식력, 온도 및 습도의 영향, 기주곤충의 먹이의 영향(Nandihalli, 2003), 쌀좀알벌(*Trichogramma evanescens*)의 형태적 및 유전적 특징, 담배나방 방제 약제의 *T. evanescens* 유충과 성충에 미치는 영향 및 *T. evanescens*과 미생물제제의 혼합처리에 의한 담배나방 방제효과(Kim *et al.*, 2008), *T. chilonis*의 카이로몬 성분(Boo and Yang, 2000), 나비목 곤충의 알벌류에 대한 세포성 및 체액성 면역 현상(Gorman *et al.*, 2004; Abdel-lateif and Hilker, 2008; Strand and Pech, 1995), 기주의 인식과 기주의 수용(Schmidt, 1994; Sen *et al.*, 2005), 산란수를 결정하는 습성(Schmidt and Smith, 1987), 발육속도(Bai *et al.*, 1995), 우화율(Corrigan and Laing, 1994), 성비(Pavlik, 1993), 수명(Corrigan and Laing, 1994), 기주선택성 및 선호성(Bai *et al.*, 1995; Hassan, 1993; Pak, 1990; van Dijken *et al.*,

1986), 기주탐색능력 및 활력(Keller *et al.*, 1985; 183), 약제 내성 개체군의 이용(Chandish, *et al.*, 2009), 환경조건에 대한 반응(Pak *et al.*, 1990; Pavlik, 1992; Schmidt and Pak, 1991), 배내 교잡(sib-mating)(Kazmer and Luck, 1995; Schmidt, 1994), 우수한 특성을 가진 개체군의 대량증식(Grenier, 1994; van Lenteren, 1991; Li *et al.*, 1988) 등 많은 연구결과들이 알벌류 개체군의 특성과 관련하여 이뤄졌으나 이를 종합적으로 다룬 결과들은 많지 않다. 이런 특성들을 묶어서 하나의 값으로 설명하려는 시도가 있는데, 예를 들면 움직이는 속도를 기생봉의 효율을 평가하는 척도로 이용하는 연구 등이 그것이다(Bigler *et al.*, 1988).

*T. chilonis*을 상업적으로 이용하여 담배나방을 방제하기 위해서는 중간 종내 다양성에 기초한 적합한 개체군을 확보해야 하고, 고품질을 유지하면서 대량사육이 가능해야 한다(Smith, 1996). 기생봉과 기주의 알의 수가 맞지 않으면 과기생 혹은 기주 알의 비효율적인 이용으로 이어지기 때문에(Schmidt, 1994; Wajnberg *et al.*, 1989) 기주의 기생능력을 평가하여 기주의 양이나 기주의 종류를 정해야 한다. 따라서 본 연구에서는 사육한 기주의 종류에 따라 다음 세대의 기주에 대한 산란수, 기생률, 우화율, 발육기간 등이 어떻게 나타나는지를 조사하여 생물적방제의 효율을 높일 수 있는 전략을 수립하는 기초자료 얻고자 하였다.

재료 및 방법

기주 곤충의 사육

담배나방과 왕담배나방은 충남 청양의 노지고추에 발생한 개체를 채집하여 실내에서 풋트에 키운 피망의 어린묘(60 일묘)를 이용하여 사육하였으며, 3령 이후부터는 개체 사육하였다. 개체 사육은 지름 5.5 cm, 높이 1.4 cm의 페트리디쉬를 이용하였고, 먹이는 Han *et al.*(1993)의 방법에 따라 조제한 인공사료를 공급하였다. 사육 환경은 25±2°C 항온, 16L: 8D의 광기간, 50~70% 습도이었다. 번데기가 되면 입컷과 수컷을 구분하여 보관 후 필요시 이용하였다. 성충이 우화하면 암수 각각 5마리씩을 산란통(지름 11.5 cm, 높이 8 cm)의 안쪽에 키친타올을 붙인 뒤 옮겨 주어 산란하도록 하였으며 먹이로는 10% 설탕물을 솜에 적셔 공급하였다. 알은 매일 수거하여 시험에 이용하였다.

*Trichogramma chilonis*의 사육

Trichogramma chilonis(TC) 알은 담배나방 알이 산란된

Table 1. Summary of overall performance of *Trichogramma chilonis* in each treatments

Treatment*	n	Parasitism (%)	Hatchability (%)	Development time (Days)	Fecundity (No. Of Progeny)
HAs-HAr	27	35.7±2.09 b	87.2±2.90ab	8.57±0.244a	58.7±5.95 b
HAs-HAs	23	15.1±2.26 cd	80.3±3.14 bc	8.72±0.264a	23.2±6.47 cd
HAr-HAr	32	19.9±1.92 c	84.0±2.66 b	7.90±0.224a	45.4±5.95 bc
HAr-HAs	24	47.0±2.21a	96.0±3.07a	8.00±0.258a	93.9±6.87a
CC-HAr	28	10.1±2.05 d	70.9±2.85 c	6.62±0.239 b	42.0±8.16 bcd
CC-HAs	17	20.2±2.63 c	91.0±3.65ab	8.56±0.307a	18.4±6.36 d

Numbers not connected by same letters within a column are significantly different (Turkey-Kramer HSD, alpha=0.05).

* front letters represent abbreviations of the hosts on which *Trichogramma chilonis* were reared, and followed are the hosts on which performance tests were done. HAs=*Helicoverpa assulta*; CC= *Cadra cautella*; HAr=*Helicoverpa armigera*.

고추묘 포트를 수원의 농업생물부 시험포장 고추밭에 2일간 놓아둔 후 사육실에 옮겨 부화되어 나오는 개체들을 누대 사육하면서 이용하였다. 개체군의 유지를 위한 사육은 줄알락명나방(*Cadra cautella* (Walker)) 알(주)나비스)을 기주로 이용하였다. 산란된 후 2일 이내의 알 25~30개를 직사각형 플라스틱 통(22×15×9 cm)에 넣고 우화해 나오는 TC 성충을 한쌍 씩 같이 넣어 산란토록 하였으며, 사육 환경은 25±2℃ 항온, 16L: 8D의 광기간, 50~70% 습도를 유지한 상태에서 먹이로 10% 설탕물을 솜에 적서 공급해주었다. 기생된 알(흑갈색으로 변색)은 골라내어 별도의 용기(지름9 cm, 높이 1.5 cm, 페트리디쉬)에 넣어 발육시켰다.

왕담배나방과 담배나방의 알은 키친타올에 산란된 후 2일 이내의 것을 이용하였으며, TC 성충을 기주의 알 25개 당 1쌍 수준으로 넣어주고 1일이 지난 후 잡아내어 새로운 기주를 제공해 주었다. 사육환경 및 기타 사육법은 줄알락명나방을 이용한 사육법과 동일하게 하였다.

산란수, 기생률, 우화율, 발육기간 조사

줄알락명나방 TC를 줄알락명나방(CC-CC), 담배나방(CC-HAs), 왕담배나방(CC-HAr)의 알에 대하여, 담배나방에 키운 TC를 담배나방(HAs-HAs)과 왕담배나방(HAs-HAr)의 알에 대하여, 왕담배나방에 키운 TC를 왕담배나방(HAr-HAr)과 담배나방(HAr-HAs)의 알에 각각 기생시킨 후 번식량, 기생률, 우화율, 발육기간을 조사하였다. 사육 환경은 25±2℃ 항온, 16L: 8D의 광기간, 50~70% 습도이었으며 먹이로 10% 설탕물을 솜에 적서 공급하였다. 모든 시험은 산란된 후 1일 이내의 알을 대상으로 실시하였으며, 기주 알 25개당 TC 암컷 1마리를 넣어주고 매일 새로운 기주 알을 공급해주었다. 기생당한 알은 골라내어 별도의

용기(지름 9 cm, 높이 1.5 cm, 페트리디쉬)에 넣어 두고 우화해 나오는 개체의 수를 매일 기록하였다. 시험은 17~32 반복 수행하였다(Table 1).

통계분석

번식량은 기생된 기주에서 우화해 나오는 성충의 수로, 기생률은 공급한 알 수에 대해 기생된 알의 수의 비율로, 우화율은 전체 기생된 알의 수에 대한 우화개체수의 비율로, 발육기간은 기생된 후 우화할 때 까지의 기간을 일수로 계산하였으며 TC가 죽을 때 까지 매일 매일의 기생률을 조사하여 전체 평균을 내어 평균간 차이를 Turkey-Kramer HSD로 비교하였다(SAS institute, 2008).

결과 및 고찰

담배나방 알(HAs)을 기주로 사육된 명충알벌(TC)을 담배나방(HAs-HAs)과 왕담배나방(HAs-HAr) 알에, 줄알락명나방(CC) 알을 기주로 사육된 TC를 왕담배나방(CC-HAr) 알과 담배나방(CC-HAs)에, 왕담배나방(HAr) 알을 기주로 사육된 TC를 왕담배나방(HAr-HAr)과 담배나방(HAr-HAs)에 대한 기생률, 발육기간, 우화율, 번식량을 조사한 결과를 Table 1에 종합하였다. TC는 직전에 어떤 기주에 사육했는가에 따라 시험 기주에서 나타나는 발육반응이 다르다는 것을 알 수 있었으며, 특히 기주의 크기에 의해 발육기간, 우화율, 기생률, 번식량이 차이를 보이는 것으로 보이며, 가장 큰 차이를 보인 것은 기생률과 번식량인 것으로 나타났다. 따라서 명충알벌을 대량으로 증식하기 위한 기주를 선택할 때는 직전 기주와 사육 기주, 그리고 어떤 해충을 대상으로 이용할 지에 대한 고려가 있어야

할 것으로 생각된다.

기생률

기생률은 가장 낮은 CC-HAr의 10.1±2.05%에서 가장 높은 HAr-HAs의 47.0±2.09로 나타나 처리 간에 유의한 차이를 보였으며, 기타 처리에서는 HAs-HAr(35.7±2.09%), CC-HAs(20.2±2.63%), HAr-HAr(19.9±1.92%), HAs-HAs (15.1±2.26%) 순으로 나타났다(Table 1, Fig. 1). TC는 주로 나방류의 알에 기생하며, 딱정벌레, 파리류, 노린재류, 멸구류, 벌류, 풀잡자리류 등의 알에도 기생한다고 보고되어있으며(Pinto and Stouthamer, 1994). 단독 혹은 집단으로 지름이 0.3~4 mm의 기주 알에 기생하는데, 기주의 인식과 기주의 수용은 기주의 표면이 성질과 내부의 상태를 각각 촉각과 산란에 있는 감각기를 통해 감지하여 이뤄지며(Schmidt, 1994), 또한 알의 곡면을 촉각으로 더듬어 크기를 측정하여 산란수를 결정한다(Schmidt and Smith, 1987).

본 연구에서 이용한 알 들은 담배나방이 지름 0.46 mm, 왕담배나방이 지름 0.48 mm, 줄알라명나방 장경 0.40 mm, 단정 0.30 mm였다(Fig. 5)으며 직전 기주(줄알라명나방)의 알 크기가 가장 작고 시험기주(왕담배나방)의 알의 크기가 가장 큰 시험구(CC-HAr)에서 기생률이 가장 낮게 나타났고, 직전 기주(담배나방)가 시험기주(왕담배나방)의 알보다 약간 작은 시험구에서 기생률이 가장 높은 것으로 나타났으며 우회율(Fig. 2)에서도 유사한 경향을 보였으며, 발육기간(Fig. 2)도 직전기주의 크기가 작고 시험기주의 크기가 가장 큰 CC-HAr처리에서 가장 길었다. Neuffer(1988)와 van

Dijken *et al.*(1986)은 TC의 기생률을 70~80%로 유지하기 위해서 기주 알 10개당 암컷 1마리의 비율이 적당하고, *Trichogramma*를 제대 사육하면 기주에 대한 선호성이 떨어지는 현상을 관찰하였다. 이런 현상을 줄이기 위해서는 세대수를 너무 많지 않도록 해야 하며, 기주를 바꿔주는 것이 필요하다(Hassan, 1990; van Dijken *et al.*, 1986). 본 연구에서 기주알 25개당 TC 한 마리의 비율로 시험을 하였는데, Neuffer(1988)와 van Dijken *et al.*(1986)가 시험한 비율보다 2.5배 정도 기주 알이 많아서 기생률도 그만큼 낮은 결과를 나타낸 것으로 보이며, 직전기주와 시험기주가 같을 때의 기생률(HAs-HAs: 15.1±2.26%; HAr-HAr: 19.9±1.92%)이 다를 때(HAr-HAs: 47.0±2.21%; HAs-HAr: 35.7±2.09)의 기생률이 높은 것으로 나타나 Hassan(1990)과 van Dijken *et al.*(1986)와 유사한 결과를 얻었다. 그렇지만 많은 연구결과들이 기생자들이 기주를 탐색하는 효율은 이전의 학습에 의해 영향을 받으며(Turlings *et al.*, 1990; Turlings *et al.*, 1993; Vet *et al.*, 1995; Vinson, 1998; Takasu & Lewis, 2003). 기생자들은 이전의 학습을 통해 획득한 시각 혹은 후각을 이용해 기주를 탐색한다는 것으로 보고하고 있어서(Turlings *et al.*, 1993; Vet *et al.*, 1995; Vinson, 1998) 본 연구에서 나타난 현상과는 대조적이었는데, 이는 본 연구가 좁은 공간에 기주를 제공하였기 때문에 TC의 기주를 탐색하는 능력의 차이는 시험결과에 영향을 미치지 않았을 것으로 판단된다. 또한 기주를 바꿔주면 처음에는 기생률이 떨어지는 현상이 나타난다(Bourchier *et al.*, 1994)는 보고가 있는데, 본 연구에서는 이와 같은 현상이 나타나지 않아

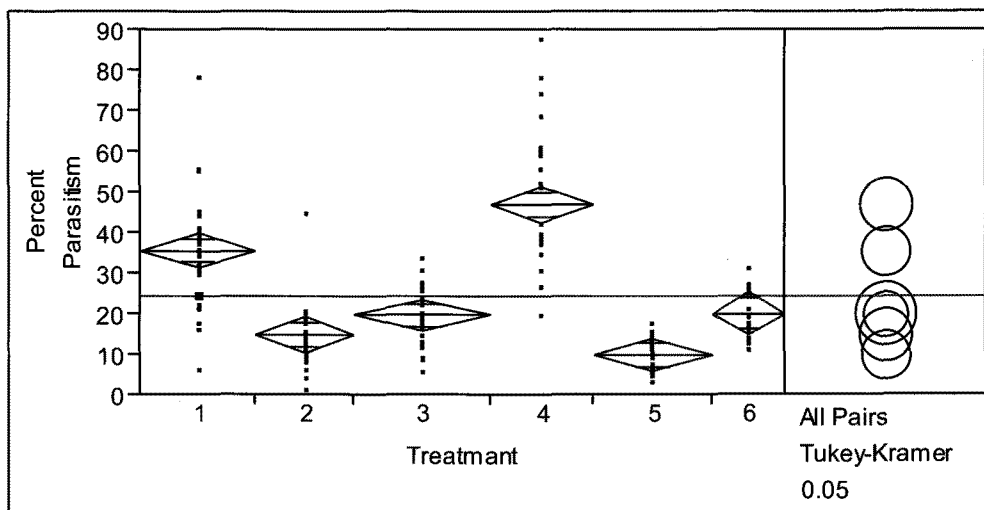


Fig. 1. Percent parasitism of *T. chilonis* in each treatments(F ratio = 41.4638, Prob>F = <0.0001). legends: 1=HAs-HAr; 2=HAs-HAs; 3=HAr-HAr; 4=HAr-HAs; 5=CC-HAr; 6=CC-HAs. See Table 1. for abbreviations.

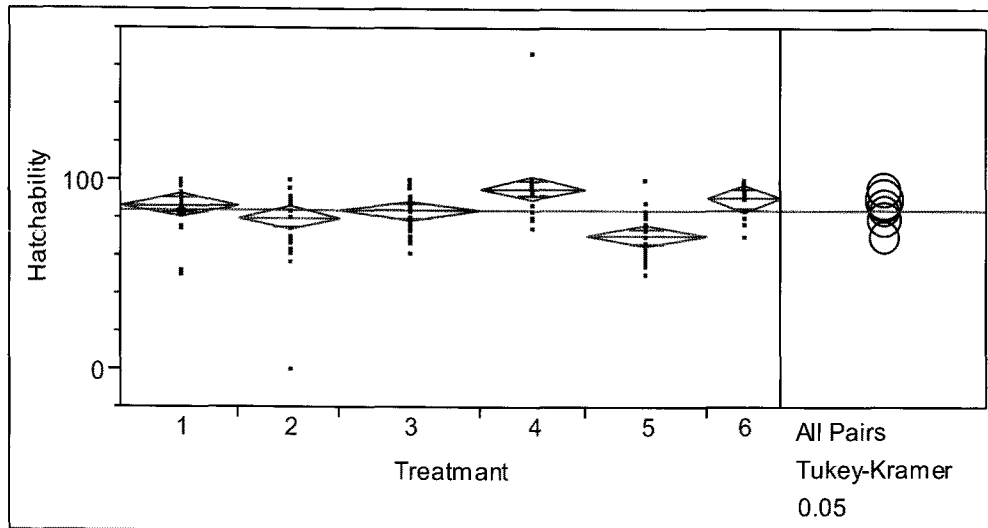


Fig. 2. Hatchability of *T. chilonis* in each treatments(F ratio = 8.5122, Prob>F = <0.0001). legends: 1=HAs-HAr; 2=HAs-HAs; 3=HAr-HAr; 4=HAr-HAs; 5=CC-HAr; 6=CC-HAs. See Table 1. for abbreviations.

차이를 보였다.

우화율

우화율에서는 HAr-HAs 처리에서 가장 높은 96.0±3.07%로 나타났고, 이어서 CC-HAs(91.0±3.65%), HAs-HAr(87.2±2.09%), HAs-HAr(84.0±2.66%), HAs-HAs(80.3±3.14%) 순으로 낮아졌으나 유의할 수준의 차이는 나타나지 않았고, 가장 낮은 우화율을 보인 처리는 CC-HAr로 70.9±2.85%로 차이가 있었다(Table 1, Fig. 2). 이와 같은 우화율은 Nadeem and Hamed (2008)이 보고한 94.4%, Abera *et al.*(2002)의 81.23±2.44%와 유사하다. 나비목 곤충의 경우 세포성 및 체액성 면역을 발휘(Abdel-lateif and Hilker, 2008; Strand and Pech, 1995)하며, 기생충의 알에 대해서도 면역관련 유전자의 발현이 유도 된다는 것이 밝혀졌고(Gorman *et al.*, 2004), Abdel-lateif and Hilker, 2008)의 보고에 의하면 *Maduca sexta* 알에 기생한 *T. evanescens*는 약 36%가 치사한다고 한다. 본 연구에서 우화율이 70.9±2.85%~96.0±3.07%로 높게 나타나 담배나방 알과 왕담배나방 알의 경우 TC에 대한 면역반응을 보이지는 않는 것으로 보인다. *Trichogramma* 속의 기생충들은 기주의 방어능력을 독성물질을 내어 억제하는 현상을 보이는 경우도 있다(Strand and Pech, 1995). 또한 본 연구에서 CC-HAr 처리에서 우화율이 가장 낮았는데, 직전기주에서 작게 자란 성충이 부실한 알을 산란했거나, Grenier *et al.*(2001)이 밝힌 바와 같이 기주의 내용물이 다 소모되지 못하는 경우 혹은 너무 크게 자란 기생충의 유충은 번데기가 되지 못하는 현상이 나타났을 가능성이 있다.

발육기간

발육기간(알~성충)은 CC-HAr에서 6.62±0.239일로 가장 짧았으며 나머지 처리에서는 처리 간 차이가 없었다(Table 1, Fig. 3). 이러한 결과는 보리나방(Angoumois grain moth, *S. cerealella*)를 이용해 시험한 Abera *et al.*(2002)의 결과(25°C에서 10.0일) 및 Nadeem and Hamed (2008)의 결과(13.0일) 보다 약 3~6일이 짧은 것으로 시험에 이용한 기주가 달랐던데 기인한 것으로 보인다. 본 연구에서 시험기주로 담배나방을 이용한 HAs-HAs, HAr-HAs, CC-HAs에서 발육기간이 각각 8.72±0.26일, 8.00±0.258, 8.56±0.307일로 기주로 담배나방을 이용한 Nandihalli(2003)의 결과(8.6±0.1일)과 유사한 결과를 얻었다.

번식량

처리에 따른 TC의 번식량도 기생충과 유사한 경향을 보였는데(Table 1, Fig. 4), 많은 연구결과들이 기생충과 기주의 알 수가 맞지 않으면 과기생 혹은 기주 알의 비효율적인 이용으로 이어진다(Schmidt, 1994; Wajnberg *et al.*, 1989)고 보고하고 있으며, 번식량은 일반적으로 TC의 크기가 기주 알 하나에 몇 마리가 나오느냐에 따라 다르게 나타나고, 기주의 내용물이 다 소모되지 못하는 경우 혹은 너무 크게 자란 기생충의 유충은 번데기가 되지 못하는 현상이 나타난다(Grenier *et al.*, 2001)고 알려져 있다. 번식량은 기생충, 우화율, 발육기간 등에서 가장 좋은 결과를 나타낸 HAr-HAs에서 가장 높았으며(93.9±6.87마리), Nandihalli (2003)가 보고한 58개보다 많았다. 기타 처리에서는

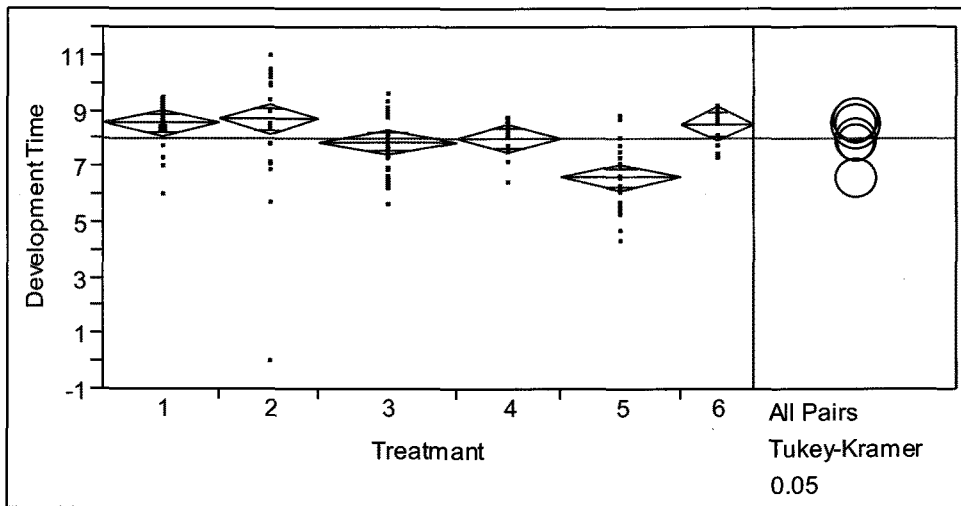


Fig. 3. Development time(days) of *Trichogramma chilonis* in each treatments(F ratio = 9.9634, Prob>F = <0.0001). legends: 1=HAs-HAr; 2=HAs-HAs; 3=HAr-HAr; 4=HAr-HAs; 5=CC-HAr; 6=CC-HAs. See Table 1. for abbreviations.

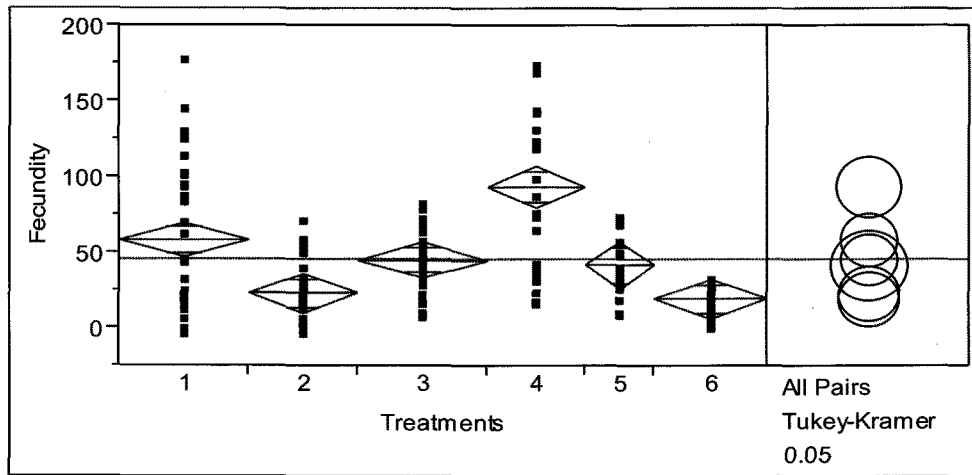


Fig. 4. Progeny production of *Trichogramma chilonis* in each treatments(F ratio = 16.6516, Prob>F = <0.0001). legends: 1=HAs-HAr; 2=HAs-HAs; 3=HAr-HAr; 4=HAr-HAs; 5=CC-HAr; 6=CC-HAs. See Table 1. for abbreviations.



Fig. 5. Picture of eggs of *Helicoverpa assuta*(upper left), *Cadra cautella*(lower center), and *Helicoverpa armigera* (upper right).

HAs-HAr(58.7±5.95), HAr-HAr(45.4±5.95), CC-HAr (42.0±8.16), HAs-HAs(23.2±6.47), CC-HAs(18.4±6.36)의 순으로 번식량이 줄어들었다. HAr-HAs에서 가장 좋은 결과를 보인 것은 직전 기주인 왕담배나방 알에서 충실하게 자란 TC가 알의 크기는 약간 작지만 발육에 충분한 영양분을 가지고 있는 담배나방 알에서 잘 발육한다는 것을 보여주고 있다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구과제인 “시설재배 병해충 생물적방제 현장적용 연구”를 수행한 결과로 작성되었습니다.

Literature Cited

- Abera, T.H., S.A. Hassan, C.K.P.O. Ogo, J. Baumgärtner, S. Sithanatham, J.C. Monje, C.P.W. Zebitz. 2002. Temperature-dependent development of four egg parasitoid *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biological Sciences and Technology* 12: 555-567.
- Bai, B., S. Cobanoglu and S.M. Smith. 1995. Assessment of *Trichogramma* species for biological control of forest lepidopteran defoliators. *Entomol. Exp. Appl.* 75: 135-143.
- Bigler, F., M. Bieri, A. Fritschy and K. Seidel. 1988. Variation in locomotion between laboratory strains of *Trichogramma maidis* and its impact on parasitism of eggs of *Ostrinia nubilalis* in the field. *Entomol. Exp. Appl.* 49: 283-290.
- Boo, K.S. and T.P. Yang. 2000. Kairomones used by *Trichogramma chilonis* to find *Helicoverpa assulta* eggs. *J. Chem. Ecol.* 26: 359-374.
- Bourchier, R.S., S.M. Smith and J.E. Laing. 1994. Effect of host switching on performance of mass-reared *Trichogramma minutum*. *Biocontrol Sci. Technol.* 4: 353-362.
- Chandish, R.B., and R. Srinivasan and S.K. Jalali. 2009. Evaluation of an endosulfan tolerant strain of *Trichogramma chilonis* on cotton. *Biocontrol.* 54: 723-732.
- Choi, K.M., E.H. Cho, J.S. So and C.Y. Hwang. 1975. Studies on the seasonal occurrences of the tobacco budworm, *Heliothis assulta* H. (Lepidoptera: Noctuidae), and the parasitism ratio of *Trichogramma* spp. on the eggs. *Kor. J. Pl. Prot.*, 14: 137-140.
- Corrigan, J.E. and J.E. Laing. 1994. Effects of the rearing host species and the host species attacked on performance by *Trichogramma minutum* Rilev (Hym: Trichogrammatidae). *Environ Entomol.* 23: 755-760.
- Gorman, M.J., P. Kankanala and M.J. Kanost. 2004. Bacterial challenge stimulates innate immune responses in extra-embryonic tissues of tobacco horn worm eggs. *Insect Mol. Biol.* 13: 19-24.
- Grenier, S. 1994. Rearing of *Trichogramma* and other egg parasitoids on artificial diets. See Ref. 205, pp. 73-81.
- Grenier, S., G. Grillée, C. Basso and B. Pintureau. 2001. Effects of the host species and the number of parasitoids per host on the size of some *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biocontrol Science and Technology* 11: 23-28.
- Han, W.H., J.H. Lee and M.H. Lee. 1993. Effect of temperature on development of oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta* Guenee. *Kor. J. Appl. Entomol.* 32: 236-244.
- Hassan, S.A. 1990. A simple method to select effective *Trichogramma* strains for use in biological control. *In Proc. Int. Symp.*, 3rd Sun Antonio, Texas. No. 56. Paris: INRA. pp. 201-205.
- Hassan, S.A. 1993. The mass rearing and utilization of *Trichogramma* to control lepidopterous pests: Achievements and outlook. *Pestic. Sci.* 37: 387-391.
- Kazmer, D.J. and R.F. Luck. 1995. Field tests of the size-fitness hypothesis in the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. *Ecology* 76: 412-425.
- Keller, M.A., W.J. Lewis and R.E. Stinner. 1985. Biological and practical significance of movement by *Trichogramma* species: A review. *Southwest. Entomol.* 8: 138-155 (Suppl.).
- Kim G.H., H.J. Heo, J.A. Park, Y.S. Yu, E.H. Hahm, S.Y. Kang, K.Y. Kwon, K.H. Lee and Y.G. Kim. 2008. Efficacy of an integrated biological control of an egg parasitoid, *Trichogramma evanescens* Westwood, and microbial insecticide against the oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta* (Guenee) infesting hot pepper. *Korean J. Appl. Entomol.* 47: 435-445.
- Li, L.Y., W.H. Liu, C.S. Chen, S.T. Han and J.C. Shin. 1988.. In vitro rearing of *Trichogramma* sp. and *Anastatus* sp. in artificial "eggs" and the methods of mass production. *In Int. Symp. on Trichogramma* 2nd. Guangzhou, PR China. Paris: Les Colloques de l'INRA. pp. 339-353.
- Nandihalli, B.S. 2003. Ecology of an egg parasitoid, *Trichogramma chilonis* Ishii, and a larval parasitoid, *Camoletis chloridae* Uchida, of the Oriental Tobacco Budworm, *Helicoverpa assulta* (Guenee). PhD thesis, Seoul National University.
- Nadeem, S. and M. Hamed. 2008. Comparative development and parasitization of *Trichogramma chilonis* Ishii and *Trichogramma-matoidea bactrae* Nagaraja Under different temperature conditions. *Pakistan Journal of Zool.* 40: 431-434.
- Neuffer, U. 1988. Vergleich von Parasitierungsleistung und Verhalten zweier Oekotypen von *Trichogramma evanescens* Westw. *J. Appl. Entomol.* 106: 507-517.
- Pak, G.A., J.W.M. Kaskens, E.J. de Jong. 1990. Behavioural variation among strains of *Trichogramma* spp.: Host-species selection. *Entomol. Exp. Appl.* 56: 91-102.
- Pavlik, J. 1992. The effect of temperature on parasitization activity in *Trichogramma* spp. (Hym., Trichogrammatidae). *Zool. Jahrb. Physiol.* 96: 417-425.
- Pavlik, J. 1993. Variability in the host acceptance of European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lep., Pyralidae) in strains of the egg parasitoid *Trichogramma* spp. (Hym., Trichogrammatidae). *J. Appl. Entomol.* 115: 77-84.
- Pinto, J.D. and R. Stouthamer. 1994. Systematics of the *Trichogrammatidae* with emphasis on *Trichogramma*. pp. 1-36. *In Biological control with egg parasitoids*, eds. by E. Wajnberg and S.A. Hassan. CAB International. Wallingford, PA. USA.
- SAS Institute. 2008. JMP ver. 8.0 Software, SAS Online, SAS Institute, Cary, NC.
- 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. CAB International. Wallingford, PA. USA.
- Schmidt, J.M. and G.A. Pak. 1991. The effect of temperature on progeny allocation and short interval timing in a parasitoid wasp. *Physiol. Entomol.* 16: 345-353.
- Schmidt, J.M. and J.J.B. Smith. 1987. Measurement of host curvature by the parasitoid wasp, *Trichogramma minutum*, and its effect on host examination and progeny allocation. *J. Exp. Biol.* 129: 151-164.
- Sen, A., R. Raina, M. Joseph and V.B. Tungikar. 2005. Response of *Trichogramma chilonis* to infochemicals: an SEM and electrophysiological investigation. *Biocontrol* 50: 429-447.
- Shin, Y. H. and I. B. Yoon. 1994. Check list of insects from Korea. 229 p. Kon-Kuk University Press, Seoul, Korea.
- Smith, S.M. 1996. Biological control with *Trichogramma*: Advances,

- Successes, and potential of their use. *Ann. Rev. Entomol.* 41: 375-406.
- Strand, M.R., and L.L. Pech. 1995. Immunological basis for compatibility in parasitoid host relationships. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 31-56.
- Takasu, K. and W.J. Lewis. 2003. Learning of host searching cues by the larval parasitoid *Microplitis croceipes*. *Entomol. Exp. Appl.* 108: 77-86.
- Turlings, T.C.J., J.H. Tumlinson and W.J. Lewis. 1990. Exploitation of herbivore-induced plant odors by host seeking parasitic wasps. *Science*, 250: 1251-1253.
- Turlings, T.C.J., F.L. Wäckers, L.E.M. Vet, W.J. Lewis and J.H. Tumlinson. 1993. Learning of host-finding cues by hymenopterous parasitoids. *Insect Learning: Ecological and Evolutionary Perspectives* (ed. by D. R.Papaj and A. C.Lewis), pp. 51-78. Chapman & Hall, New York.
- van Dijken, M.J., M. Kole, J.C. van Lenteren and A.M. Brand. 1986. Host-preference studies with *Trichogramma evanescens* Westwood (Hym., Trichogrammatidae) for *Mamestra brassicae*, *Pieris brassicae* and *Pieris rapae*. *J. Appl. Entomol.* 101: 64-85.
- van Lenteren, J.C. 1991. Quality control of natural enemies: Hope or illusion? *In Proc. Workshop of the IOBC Global Working Group, 5th. Quality Control of Mass Reared Arthropods*. Wageningen, The Netherlands: Int.Org. for Biological Control. pp. 1-15.
- van Lenteren, J.C., 2000. A greenhouse without pesticides: factor or fantasy? *Crop Protection* 19: 375-384.
- Vet, L.E.M., W.J. Lewis and R.T. Cardé. 1995. Parasitoid foraging and learning. *Chemical Ecology of Insects* (ed. by R. T.Cardé and W. J.Bell), pp. 65-101. Chapman & Hall, New York.
- Vinson, S.B. 1998. The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. *Biological Control* 11: 79-96.
- Wajnberg, E., J. Pizzol and M. Babault. 1989. Genetic variation in progeny allocation in *Trichogramma maidis*. *Entomol. Exp. Appl.* 53: 177-187.
- Wang, Z.K. and H.S. Yang. 2005. Large-scale augmentative biological control of Asian corn borer using *Trichogramma* in China: a success story. *In Proc. Int. Symp. on Biological Control of Arthropods*, 12-16 Sept. 2005, Davos, Switzerland. USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team-2005-08, Vol. II: 487-494.
- Yang, C.Y., H.Y. Jeon, M.R. Cho, D.S. Kim, and M.S. Yiem. 2004. Seasonal Occurrence of Oriental Tobacco Budworm (Lepidoptera: Noctuidae) Male and Chemical Control at Red Pepper Fields. *Kor. J. Appl. Entomol.* 43: 49-54.