

광조건이 송충알벌 (벌목, 알벌과)의 산란과 우화에 미치는 영향

Effect of Photoperiod on Oviposition and Emergence of Egg Parasitoid, *Trichogramma dendrolimi* Mastumura (Hymenoptera, Trichogrammatidae)

박영규 · 이해풍 · 이기상 · 한만위¹ · 이정운²

Young-Kyu Park, Hai-Poong Lee, Ki-Sang Lee, Man-Wi Han¹ and Jeang Oon Lee²

Abstract - We investigated the effect of constant photoperiod (16L : 8D, 12L : 12D, 8L : 16D), on the oviposition, parasitism, and emergence of *Trichogramma dendrolimi*. Also during 16L : 8D condition circadian, oviposition and emergence of this species on artificial eggs were checked every 2hrs. When twelve eggs of *Antheraea pernyi* and artificial eggs were provided, the wasps had the highest rate of oviposition in the first day, and decreased dramatically there after. In these different photoperiod, the total oviposition numbers per *A. pernyi* eggs by the wasp were 161.8 in 16L : 8D, 145.8 in 12L : 12D and 128.5 in 8L : 16D respectively in the first day. On the other hand for the artificial egg in 16L : 8D photoperiod, the total oviposition number per egg was 106.8 in the first day, 26.6 in the 2nd day and 21.3 in the 3rd day. The rate of emergence from *A. pernyi* eggs was not different depend on wasp's day age, however in the artificial eggs, after the first day's 84.7% decreased considerably. The emergence rate from artificial eggs was the highest comparatively between 04:00~06:00 hours.

Key Words - *Trichogramma dendrolimi*, Photoperiod, Parasitoid, Parasitism rate, *In vitro*

초 록 - 산누에나방의 알에 대하여, 광주기를 각각 달리하였을때 송충알벌의 산란수, 기생률, 그리고 우화율에 미치는 영향을 조사하였다. 그리고 16L : 8D 광주기 조건에서 24시간 동안에 인공기주에서의 산란경향과 우화수를 조사하였다. 송충알벌의 산란수는 서로 다른 기주조건에서 기주를 처음 접한 후 날짜가 지나면서 감소하였다. 서로 다른 광조건(16L, 12L, 8L)에서 자연기주인 산누에나방의 알에 대한 산란수는 첫째날 기주당 산란수가 각각 161.8 ± 10.7 (16 : 8LD), 145.8 ± 20.5 (12 : 12LD), 128.5 ± 19.6 (8 : 16LD)개이었고, 그 후 급격히 감소하여 일차별로 10일 동안 16 : 8LD에서 13.7, 64.4, 25.5, 18.5, 14.6, 12.3, 10.6, 12.3, 1.3개로 조사되었다. 한편 인공기주에 대한 산란수는 16 : 8LD 광조건에서 1일째에 106.8 ± 28 개, 2일째에 26.6 ± 17.5 개, 3일째에 21.3 ± 5.2 개로 급격히 감소하였다. 우화율은 자연기주인 경우 1일째에 가장 낮아 42.1%, 그후 2일과 3일째에 63.5%, 80.5%로 일차별로 증가한데 비하여 인공기주에서는 급격히 감소하여 1일째에 84.6%, 그후 2일과 3일째는 각각 52.2, 16.8%로 조사되었다. 인공기주에서의 시간대별 우화수 조사는 암조건에서 명조건으로 바뀌는 05:00시에서 06:00시 사이에 평균 61.2개체로 13.9%를 차지하여 비교적 높게 나타났다.

검색어 - 송충알벌, 광주기, 기생률, 산란수, 우화수, 인공사육

동국대학교 응용생물학과 (Department of Applied Biology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea)

¹ 농업과학기술원 작물보호부 농업해충과 (Division of Entomology, Department of Crop Protection, National Institute of Agricultural Science & Technology, Suwon 441-707, Korea)

² 고령지농업시험장 (National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA, Pyeongchang 232-950, Korea)

알벌류는 생물적 방제를 위하여 벨기에, 중국, 콜롬비아, 프랑스, 독일, 폴란드, 인도, 러시아, 남아프리카, 스위스, 그리고 미국 등 세계 많은 나라에서 대량증식되어지고 있다. 알벌류의 기주 해충은 농작물 및 산림에 이르기까지 다양하게 발생된다(Laing and Eden, 1990).

중국과 구 소련에서는 알벌류가 농작물 해충을 대상으로 가장 폭넓게 사용되는 유용한 천적으로 인식되고 있으며, 우크라이나에서는 약 15×10^6 ha의 면적에서 매년 양배추, 사탕무, 밀, 옥수수, 그리고 사과 등에 사용하고 있고 중국에서는 사탕수수, 쌀, 옥수수, 그리고 목화 등에 사용하고 있다(Li, 1984; Cock, 1985; Ridgway and Morrison, 1985).

산림의 경우 중국에서는 알벌류를 방사하여 솔나방류의 방제에 이용하고 있으며 그의 다른 소나무류 해충에 대해서도 유충밀도를 100%까지 감소시키기도 했다(Peng *et al.*, 1984; Franz and Zimmerman, 1984; Hsiano, 1981). 특히 중국은 1980년대 이후 송충알벌과 명충알벌의 인공증식방법을 발전시켜 농작물 해충에 사용하고있는데, 기생벌의 인공증식방법은 지난 10년 간 농업생태계에서의 다양한 천적의 이용을 위한 대량 증식법으로 광범위하게 연구되어져 왔다.

그러나 자연기주와 인공기주의 기주차이가 산란수와 우화율에 미치는 영향에 관하여는 잘 알려진 바 없고 광조건에 따른 산란수의 변화에 관한 연구는 많지 않은 실정이다.

Quednau (1957)는 광조건에 따른 *Trichogramma cacoeciae* Marchal의 발육기간, 사망률, 산란률을 조사한바 있고, Flanders (1929)는 광량의 길이가 알벌류의 활력에 가장 큰 영향을 미친다고 하였다.

Salt (1937) 그리고 Schmidt와 Smith (1985)는 *T. evanescens*와 *T. minutum* 두 종에 대하여 암조건하에서도 성공적으로 기생하는것을 관찰하였고, 암조건하에서는 기주 감지능력이 감소되지만 시각적인 요인이 전혀 없어도 기주에 접근함에는 영향을 미치지 않는 것으로 보고하였다(Schmidt and Smith, 1985). 더욱이 무광조건이 산란을 경험했던 기주에 대하여는 기생에 영향을 주지는 않는다고 하였다(Salt, 1937).

본 연구는 송충알벌의 두가지 다른 기주인 자연기주로서 산누에나방(*Antheraea pernyi*)의 알과 인공알에 대하여 각각의 산란수와 우화율을 세가지 다른 광조건(16L:8D, 12L:12D, 8L:16D)에서 조사하였고, 하루중 시간대별 우화경향을 비교 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험곤충

실험곤충은 실험실내 항온항습 곤충사육상(28°C,

60%RH, 16L:8D)에서 산누에나방의 알을 기주로 하여 누대사육한 송충알벌을 이용하였으며 사육상내 점등시간은 05:00시로 하였다.

실험에 사용된 송충알벌은 모두 우화 후 24시간 된 것중 교미한 암컷만을 사용하였고, 먹이로 10%의 벌꿀을 공급하여 주었으며 산누에나방의 알은 1.5×3 cm 크기의 카드 형태의 흰 종이에 풀(Elmer's glue-all, Borden Inc, U.S.A)로 12개의 알을 붙여 사용하였다.

2. 인공증식

송충알벌의 인공증식에 사용된 인공알의 내용물은 반 인공성분으로 산누에나방 번데기 헤모리프 40%, 계란 난황 20%, 분유(10%로 희석) 30%, Neishenheimer salt solution 10%, 400unit의 페니실린과 스트렙토마이신을 0.16% 혼합하여 사용하였다(Lee and Lee, 1994). 기생벌에 의해 기생된 인공알 bag-form (12 eggs/bag-form: 1.5×3 cm)은 투명한 플라스틱 관병(φ 2.5×7 cm)에 넣어 사육실내 항온항습기(28°C, 60%RH, 16L:8D)에서 사육하였다.

3. 산란률

우화 후 24시간이 지난 것으로 교미한 50마리의 송충알벌 암컷을 기주알인 산누에나방의 알카드(egg card)와 인공알 bag-form에 접종한 후 24시간마다 새로운 기주알 카드로 교체하여 주었다. 24시간마다 살아있는 송충알벌의 수를 조사하였으며 기주알당 기생되어 발육중인 기생벌의 수를 실체현미경아래서 조사하고 송충알벌 한 마리당 산란수를 각각 조사하였다.

자연알인 산누에나방알을 16L:8D, 12L:12D, 8L:16D의 세가지 다른 광주기의 Growth chamber에서 10일간 매일 계속 조사하였으며 인공알을 대상으로 16L:8D 광조건에서 매일 산란수와 우화수를 조사하였다. 산란수의 조사는 기생벌 접종 후 6일에서 8일 이내에 기주알을 해부하여 발생중인 유충 및 번데기의 수를 실체현미경에서 조사하였고, 우화수는 기주로부터 우화하는 총 성충의 개체수를 조사하였고 기주알을 해부하여 우화에 실패한 개체수도 조사하였다. 인공알에서의 산란수와 우화수도 자연알과 같은 방법으로 조사하였다.

4. 우화경향

최대 우화시간을 알기 위하여 인공알을 대상으로 $28 \pm 1^\circ\text{C}$, 60%RH, 16L:8D 조건에서 24시간 중 2시간마다 우화하는 송충알벌 성충의 수를 조사하였다. 기생된 인공알을 얻기 위하여 각각 송충알벌 암컷과 24시간 동안 플라스틱 관병속에 함께 보관하여 기생시켰으며 이렇게 기생된 알카드를 대상으로 우화율을

조사하였다. 우화수의 조사는 최초 우화를 시작한 시간부터 매 2시간마다 우화하는 성충을 분리하면서 그 숫자를 조사하였다.

결 과

1. 산란 경향

사육실내의 광주기를 16L:8D, 12L:12D, 8L:16D으로 각각 달리한 조건에서 24시간 동안에 송충알벌에 의해 산누에나방알에 기생된 개체수는 모든 조건에서 전체적으로 첫째날에 가장 높은 기생률을 보였다. 즉 기주알 한개당 평균 기생벌 개체수는 첫째날 광주기 16L:8D에서 161.8 ± 10.7 , 12L:12D에서 145.8 ± 20.5

그리고 8L:16D일때 128.5 ± 19.6 개로 광주기 16L:8D때 가장 많았다. 그러나 둘째날에는 모든 경우 급격히 개체수가 감소하였고 셋째날에 50% 정도로 각각 회복되었다가 계속 10일째까지 감소하여 1.3 ± 1.9 , 4.4 ± 3.1 , 9.6 ± 10.1 개로 각각 개체수가 적어졌다(Table 1).

기생벌 한마리당 산란수는 16L:8D 조건에서 38.8개체, 12L:12D에서 35.0개체, 그리고 8L:16D일때 30.8개체로 모두 첫째날에 가장 많았고 둘째날 이후 급격한 감소를 각각 보였으나 전체적 경향은 큰 차이가 없었다(Fig. 1). 그리고 기생되지 않은 기주알의 수는 각각의 조건인 16L:8D, 12L:12D, 그리고 8L:16D인 광주조건에서 각각 1일차에 3.0, 5.0, 10.0%이었으며

Table 1. Fecundity, emergence rate, and Mean number of parasites/per host egg by *T. dendrolimi*, at three different photophase for 10 days

Photo-phase	Days after initial exposed/one host egg										Mean no. of emergence /egg card	Mean no. of progeny/egg
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
16	$161.8 \pm 10.7a$	13.7 ± 15.4	64.4 ± 13.4	25.5 ± 6.1	18.5 ± 2.0	14.6 ± 5.0	12.3 ± 5	10.6 ± 4.0	12.3 ± 4.6	1.3 ± 1.9	$258.2 \pm 243.1a$	$33.5 \pm 48.2a$
12	145.8 ± 20.5	22.9 ± 7.0	55.6 ± 22.1	28.4 ± 10	14.8 ± 4.8	11.7 ± 8.0	18.6 ± 4.6	10.9 ± 8.2	12.1 ± 9.3	4.4 ± 3.1	$264.5 \pm 248.9a$	$32.5 \pm 42.3a$
8	128.5 ± 19.6	24 ± 17.4	74.7 ± 2.4	33.3 ± 5.1	21.8 ± 3.0	19.3 ± 1.8	18.8 ± 7.1	7.5 ± 4.4	17.4 ± 5.3	9.6 ± 10.1	$307.6 \pm 327.4 a$	$35.5 \pm 37.7a$

Column means followed by the same letter do not differ significantly at the 5% level of significance based on a one-way ANOVA (Duncan's multiple range test)

a Mean no. of progeny/one host egg (Mean \pm SD)

For each test, 24 hrs old 50 females exposed per *A. pernyi* egg card which glued 12 eggs for 24hrs and changed with new egg card every 24 hrs. Each test was replicated 10 times.

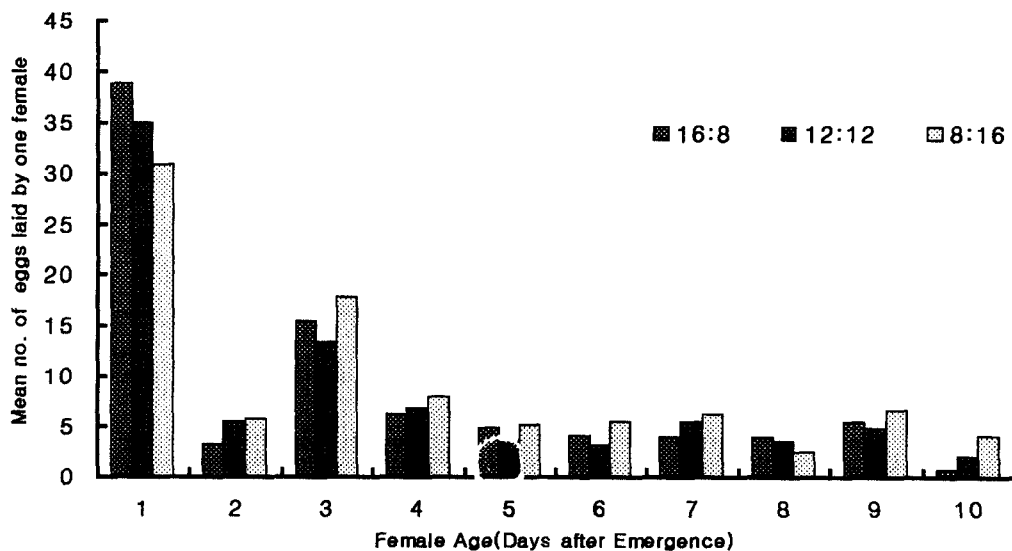


Fig. 1. Age-specific daily fecundity of *T. dendrolimi* which reared *A. pernyi* eggs under three different photophases. For each test, 50 females *T. dendrolimi* exposed on one of *A. pernyi* egg card, which glued 12 eggs and was changed with new one every 24hrs. Each test was replicated 10 times.

2일차에 78.0, 80.0, 80.0%로 증가한 후 3일차에 7.0, 8.0, 3.0%로 감소하여 기생률이 높아졌으며 그 후 다시 감소하여 36.7, 28.0, 25.0%로 기생되지 않은 기주알이 다시 증가하였다. 조사 마지막날인 10일째에는 95.0%, 85.0%, 76.7%로 8L : 16D 광조건에서 비교적 가장 많은 기생률을 보였다(Fig. 2).

결과적으로 광주기 조건에 따른 기생률 및 산란수 차이는 첫째날을 제외하고는 뚜렷한 차이를 볼 수 없어서 광조건이 기생활동 중에는 크게 영향을 미치지 않았다(Table 1, Fig. 1). 한편 광조건을 16L : 8D로 하여 인공알에 기생을 유도하였을때 3일째까지 산란되어 발생하는 기생벌의 개체수는 산누에나방알에서와 같이 첫째날에 주머니형 인공알당 106.8개로 가장 많았고 둘째날, 셋째날에는 첫째날에 비하여 25% 또는 20% 이내로 감소하는 경향을 볼 수 있었다(Table 2).

2. 우화경향

산누에나방알에서의 기주알당 평균 우화율은 1일차에 산란한 것에서 가장 낮은 42.1%이었고, 그후 증가하여 2~4일째 산란한 작잠알로 부터의 우화율이 평균 63.5, 80.5, 74.0%로 비교적 높게 나타났으며 이후로 54.5~72.1%로 유사하게 조사되었다(Fig. 3). 인공알의 경우는 첫째날의 경우 우화율이 84.7%로 가장 높게 나타났고 2일째는 52.2%, 셋째날에 16.8%로 조사되었다(Table 2).

인공알에서의 하루 중 우화수는 18:00~20:00시 사

Table 2. Mean number of parasitoid parasited in per artificial "Bag-form" egg which exposed for 24 hrs. to fifty of *T. dendrolimi* which have three different ages

Age (days) ^a	Mean no. of progeny	Mean no. of emergence
1	106.8 ± 28.0a	90.4 ± 26a (84.66)
2	26.6 ± 17.5b	13.9 ± 13.2b (52.19)
3	21.3 ± 5.2bc	3.6 ± 6.7bc (16.75)

^a Age (days) means the days after emergence and 1 means 24 hrs. old one.

For each test, 24 hrs old 50 females exposed per artificial "Bag-form" eggs for 24 hrs. and changed with new "Bag-form" eggs every 24 hrs.

Each test was replicated 10 times.

Column means followed by the same letter do not differ significantly at the 5% level of significance based on a one-way ANOVA (Duncan's multiple range test).

The values in parentheses means total percentage of emergence.

이와 04:00~6:00시 사이에 각각 평균 43.0개체와 61.2개체로 가장 많은 우화개체를 볼 수 있었으며 05:00시에서 21:00시 동안은 06:00시에서 08:00시에 감소하였다가 10:00시 이후 회복되었다. 21:00시에서 05:00시 동안은 20:00~22:00시에 감소하였으나 그 후 우

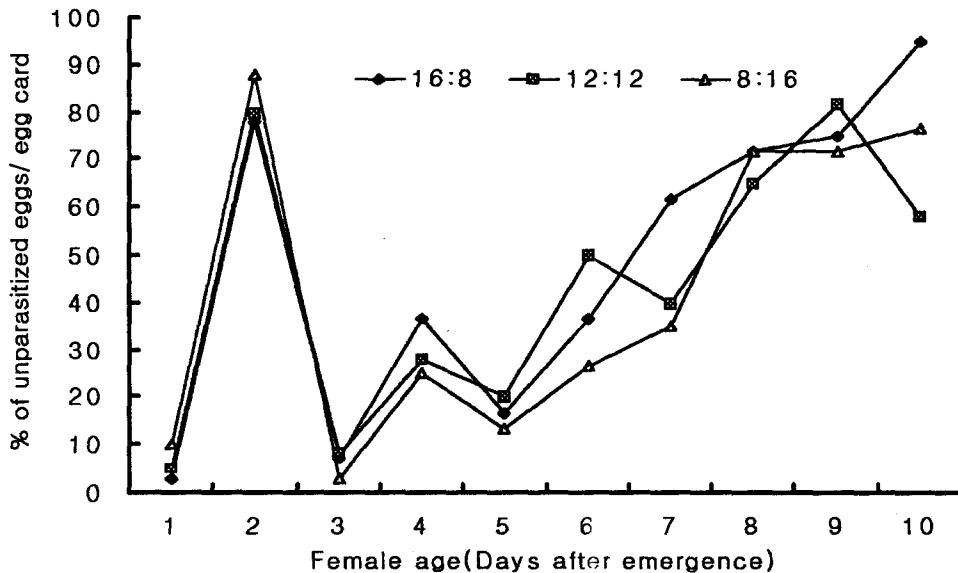


Fig. 2. Percentage of unparasitized eggs of *A. pernyi* by *T. dendrolimi* female. Females were exposed into three different photoperiods (16L : 8D, 12L : 12D, 8L : 16D) for 10 days.

For each test, 50 females *T. dendrolimi* exposed on one of *A. pernyi* egg card, which glued 12 eggs and was changed with new one every 24 hrs. Each test was replicated 10 times.

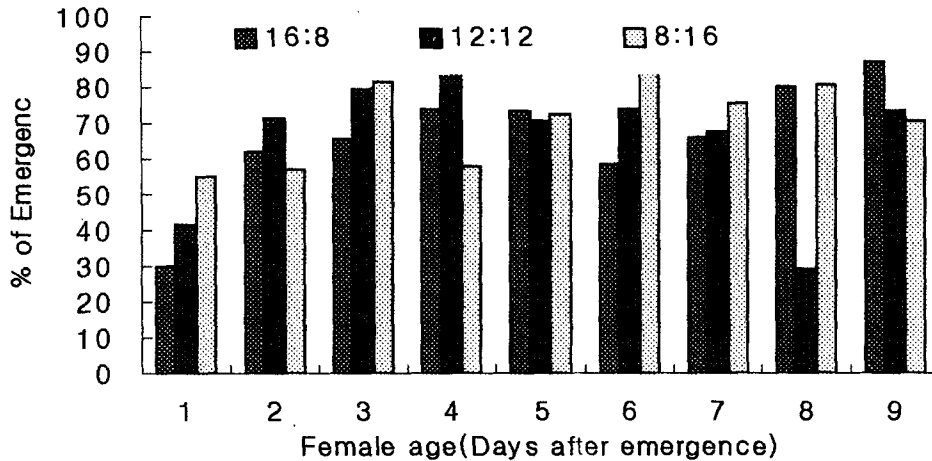


Fig. 3. Age-specific daily emergence of *T. dendrolimi* reared on eggs of *A. pernyi*. For each test, 50 females *T. dendrolimi* exposed on one of *A. pernyi* egg card, which glued 12 eggs and was changed with new one every 24 hrs. Each test was replicated 10 times.

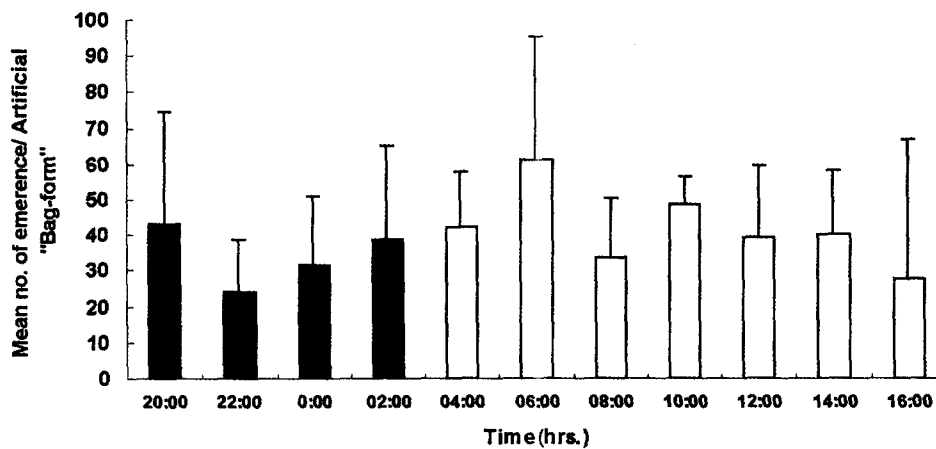


Fig. 4. Diurnal emergence and sex ratios of *T. dendrolimi* reared *in vitro*. *In vitro* rearing for the test was carried in 16L : 8D photoperiod. All adults emerged were checked every 2 hrs. during 24 hours, and replicated 5 times. One "Bag-form egg" which used has 12 artificial eggs.

화개체가 6:00시까지 증가하였다 (Fig. 4).

고 찰

1. 산란경향

Bai와 Smith (1993)는 *Trichogramma minutum*을 대상으로 기주 개체수의 조건에 따른 알벌의 일차별 산란 (fecundity) 경향과 생식과 생존 관계에 대하여 조사 보고한 바 있다. Wu *et al.* (1986)도 *T. pretiosum*에 관하여 산란경향에 대한 조사를 하였으며 Bai *et al.* (1992)은 역시 *T. pretiosum*에 대한 산란 경향을 조사 보고한 바 있다. 이러한 연구들에서 대부분 첫째날에

가장 많은 산란을 하였고 그 후 계속하여 뚜렷하게 감소하는 것으로 보고하였다. 본 실험에서 사용한 송충알벌이 산누에나방알에 산란하는 경향도 첫째날에 가장 높았고 다음날부터 급격히 감소하였다. 이러한 경향은 기주곤충의 개체군 크기에 따라 기생곤충의 산란이 영향을 받으며 특히 산란할 수 있는 대상 기주수가 제한되어 있을때 첫째날이나 처음 몇일 사이에 가장 많은 산란을 한다는 결과와도 일치하는 것으로 해석 할 수 있겠다. 그러나 기생곤충의 수명과 산란양사이에 서로 절대적으로 관련이 있다고 한 진화론적 (Partridge and Harvey, 1988) 이론에 관련한 이 해는 좀더 지속적인 조사가 있어야 하겠다.

광주기 조건의 차이에 따른 송충알벌의 산란경향은 가장 많은 산란을 한 첫째날에 광주기 16L:8D에서 다소 많은 산란을 볼 수 있어 12L:12D나 8L:16D의 경우와 비교가 되었으나 전체적으로 뚜렷한 차이는 없었다. 광주기와 기생곤충의 충태별 발생기간과의 관계는 Calvin *et al.* (1984)이 *T. pretiosum*을 대상으로 다양한 광주기 조건에서 전체적으로 뚜렷한 차이가 없다고 하였으며, 특히 암컷 마리당 번식능력에도 차이가 없었다. 따라서 광주기는 성충의 수명이나 발생기간, 번식능력에 차이가 별로 없으며 다만 광조건이 길어지면 조금씩은 수명이 증가되는 것 같다고 하였다. 이러한 연구결과들을 고려할 때 송충알벌의 경우도 광주기의 차이가 암컷의 난소발생에 크게 영향을 주지 않아서 산란의 차이도 없는 것으로 볼 수 있겠다. 다만 첫째날에 비하여 급격한 감소를 나타낸 둘째날의 산란수는 첫째날 집중적으로 산란한 때문에 일시적으로 낮아진 결과이며 셋째날에는 다시 회복되어 전체적으로 시간이 흐름에 따라 점차 서서히 감소하는 경향을 보였다.

광주기의 차이가 송충알벌의 발생과 산란에 직접적 영향을 주지 않는다는 결과에 따라 광주기를 16L:8D로 고정하고 인공알에 같은 방법으로 산란을 유도하였을 때도 산누에나방알에서와 같이 첫째날에 가장 많은 산란을 하였고 둘째, 셋째날에는 급격한 감소를 보였다. 이 같은 결과는 인공알을 이용한 짚시알장충좀벌, *Ooencyrtus kuvanae*의 산란경향에서도 2일차에 대부분 산란을 하고 그 후 9일차까지 급격히 감소하였다가 다시 23일차까지 점진적으로 감소했던 경향과 같은 경향을 보였다 (Lee and Lee, 1994). 이러한 결과로 보아 송충알벌에서도 산누에나방알과 인공알에 대하여 유사한 경향을 보인 것으로 판단되었다.

2. 우화경향

산누에나방알에서의 기주알당 평균 우화율은 1일차에서 가장 낮았고, 그 후 증가하여 2~4일째 산란한 산누에나방알로부터의 우화율이 비교적 높게 나타났으며 이후로 계속 유사하게 조사된 반면, 인공알의 경우는 첫째날의 경우 우화율이 가장 높게 나타났었다 (Table 2). 이러한 결과는 산누에나방알의 경우 초기에 집중적으로 산란되면 지나친 중복기생을 하게되어 정상적인 발육을 하지 못하거나 발육이 모두 끝나 우화에 성공하였다고 해도 성충이 기주알을 뚫고 나오지 못하는 것을 확인한 바 있으며 이같은 결과 때문으로 판단된다. 그러나 성충의 연령이 증가할 수록 산란수가 감소하면서 우화율은 점차 높아졌다. 이처럼 적절한 개체의 송충알벌이 산란되었을 경우인 자연기주에서의 기주 공급 후 2일째 이후에 성공적으로 우화하는 성충이 증가하게 되는 것으로 알려져 있다 (Thrope

and Dively, 1985). 한편 인공알의 경우는 첫째날 집중적으로 산란했던 경우에 가장 높은 우화율을 보였고 둘째~셋째날에는 각각 감소했는데 이 같은 결과는 자연알과는 달리 인공알에 산란수가 적을 경우 유충발생은 하지만 용화 단계에서 성공하지 못하는 개체가 많아 성충으로 우화하지 못하는 것을 쉽게 확인할 수 있었다. 실험 결과 자연알인 산누에나방의 알에서는 최소 20개체 이상이 발육할 때 정상적으로 우화할 수 있고 60~70여 마리가 발생 적정 밀도로 조사된 반면 인공알에서는 그보다 많은 밀도인 40여 마리 이상이 유지되어야 하는 것으로 조사되었다 (발표 준비 중). 즉 산누에나방알 같은 자연기주나 인공알에서는 산란된 알의 수가 기주에서의 발생과 우화에 큰 영향을 주는 것으로 확인 할 수 있었다. 따라서 성충의 우화율을 높이기 위하여는 적절한 산란수를 갖도록 기생벌의 밀도와 노출시간을 조정해야 되리라고 본다.

24시간 일주기 중 2시간마다 조사한 송충알벌의 기생률은 기주를 접한 직후에 가장 높았고 이후 다소 감소했으나 8시간까지는 큰 차이가 없었으며 그 후 급격히 감소하여 22시간 후에는 뚜렷한 차이를 나타냈는데 이는 알벌류가 기주를 접한 직후 산란행동이 가장 왕성하여 8시간 이내에 대부분 산란하는 것을 알 수 있었고 이 시간대가 주간이어서 기생벌들이 더욱 활발하게 활동하기 때문 (Vogt and Necholes, 1991) 이라고 생각된다.

또한 2시간마다 우화수를 조사하였을 때 04:00~06:00시 사이에서 가장 많은 개체가 우화하였고 다시 16:00~20:00시 사이에 높게 나타났으며 이 두점을 중심으로 감소하는 경향을 보였다. 이같은 결과는 송충알벌의 우화도 다른 대부분 곤충들에서처럼 일몰 전후와 일출전에 많이 우화하며 산란경향과도 같은 것으로 나타나서 유사한 기생벌들이 대부분 낮동안에 활동하며 특히 산란이나 섭식활동들이 아침 일찍에 많이 이루어진다는 보고 (Vogt and Necholes, 1991)와도 같은 경향을 나타낸 것으로 이해되었다.

인 용 문 헌

- Bai, B., R.F. Luck, L. Forster, B. Stephens and J.A.M. Janssen. 1992. The effect of host size on quality attributes of the egg parasitoid, *Trichogramma pretiosum*. *Entomol. exp. appl.* 64: 37-48.
- Bai, B. and S.M. Smith. 1993. Effect of host availability on reproduction and survival of the parasitoid wasp *Trichogramma minutum*. *J. Econ. Entomol.* 18: 279-284.
- Calvin, D.D., M.C. Knapp, S.M. Welch, F.L. Poston and R. J. Elzinga. 1984. Impact of environmental factors on *Trichogramma pretiosum* reared on southwestern corn borer eggs. *Environ. Entomol.* 13: 774-780.

- Cock, M.J.W. 1985. The use of parasitoids for augmentative biological control of pests in the People's Republic of China. *Biological News and Information* 6: 213~223.
- Flanders, S.E. 1929. The mass production of *Trichogramma minutum* Riley and observation on the natural and artificial parasitism of the codling moth egg. *Proceedings of the 4th International congress of Entomology* 2: 110~130.
- Franz, J.M. and G. Zimmerman. 1984. Problems of forest protection in northern China with special reference to biological control. *Anz Schaedlingskd Pflanzenschutz Umweltschutz* 57: 81~87.
- Hsiao, K.J. 1981. The use of biological agents for control of the pine defoliator, *Dendrolimus punctatus* (Lep., Lasiocampidae), in China. *Protection Ecol.* 2: 297~303.
- Laing, J.E. and G.M. Eden. 1990. Mass-production of *Trichogramma minutum* Riley on factitious host eggs. pp. 10~24. In S.M. Smith, J.R. Carrow and J.E. Laing[eds.], *Inundative release of the egg parasitoid, Trichogramma minutum* (Hym., Trichogrammatidae), against forest insect pests such as the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lep., Tortricidae): the Ontario Project 1982~1986. *Mem. entomol. Soc. Canada* No. 153.
- Lee, H.P. and K.S. Lee. 1994. Artificial Rearing *In vitro* of *Ooencyrtus kuvanae* Howard (Hym., Encyrtidae). *Korean J. Entomol.* 24(4): 311~316.
- Li, L.Y. 1984. Research and utilization of *Trichogramma* in China. In: *Proceedings of the Chinese Academy of Sciences/United States National Academy of Sciences Joint Symposium on Biological Control of Insects*, September 25~28, 1982, Beijing. Science Press. Beijing. pp. 204~223.
- Partridge, L. and P.H. Harvey, 1988. The ecological context of life history evolution. *Science* 214: 1449~1455.
- Peng, J.W., W.Y. Ma, X.L. Wang, Y.Z. Zuo and X.Q. Wan. 1984. Influence of enhancement of host egg supply on population increment of egg parasites in pine forests. *Acta Ent. Sin.* 27: 39~47.
- Quednau, W. 1957. On the influence of Temperature and air humidity on the egg parasite *Trichogramma cacoecidae* Marchal. *Biol. Bundesanstalt Land Torstuirtschaft* 90: 1~65.
- Ridgway, R.L. and R.K. Morrison. 1985. Worldwide perspective on practical utilization of *Trichogramma* with special reference to control of *Heliothis* on cotton. In: King, E.G., D.L. Bull, L.F. Bouse and J.R. Phillips (eds.), *biological control of the bollworm and tobacco budworm on cotton by augmentative releases of Trichogramma*. *Southwest. Entomol.(suppl.)* 8: 1~198.
- Salt, G. 1937. The sense used by *Trichogramma* to distinguish between parasitized and unparasitized hosts. *Proceedings of the Royal Society, London* 122: 57~75.
- Schmidth, J.M. and J.J.B. Smith. 1985. Host volume measurement by the parasitoid wasp *Trichogramma minutum*: the roles of curvature and surface area. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 39: 213~221.
- Thorpe, K.W. and Galen P. Dively. 1985. Effects of arena size on laboratory evaluations of the egg parasitoids *Trichogramma minutum*, *T. pretiosum*, and *T. exiguum* (Hym., Trichogrammatidae). *Environ. Entomol.* 14: 762~767.
- Vogt, E.A. and J.R. Nechols. 1991. Diel activity pattern of the squash bug egg parasitoid. *Gryon pennsylvanicum* (Hymenoptera, Scelionidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 84: 303~308.
- Wu, J.W., Fang, H.L., Yang, M.D. and Y.Y. Lian. 1986. Rearing technology of *Trichogramma dendrolimi* Matsumura for controlling pine caterpillar (*Dendrolimus punctatus* Walker) and effect of releasing *Trichogramma* to control insect pest on a large scale for sixteen successive years in Zhejiang province. Ed. INRA, Paris, 43.

(1998년 10월 2일 접수, 1999년 4월 27일 수리)