

남산 매미나방의 계절적 발생소장과 성페로몬에 의한 예찰

이해풍·이현민
동국대학교 응용생물학과

적 요: 1997년 7월 하순부터 8월 상순 그리고 1998년 7월초부터 8월 중순까지 매미나방의 성페로몬인 (+)-disparlure를 미끼로 USDA 표준트랩을 이용하여 성충의 시기별 출현 빈도와 시간별 활동빈도, 그리고 난괴의 특성에 대하여 조사하였다. 성충의 출현은 7월 중순부터 8월 중순까지였고 7월 하순에 가장 높은 빈도를 보였다. 하루중 활동시간은 12:00시부터 21:00시까지 계속되었고 14:00시부터 17:00시 사이에 가장 높은 빈도를 보였다. 난괴의 크기나 난괴당 알의 개체수, 그리고 숫컷성충 크기는 1997년과 1998년 사이에 큰 차이를 보이지 않았다.

검색어: 매미나방, 발생소장, 성페로몬, 일주기행동

서론

우리 나라에서 매미나방(*Lymantria dispar*)는 현재까지 전국적으로 분포되어 있으나 비교적 낮은 밀도인 것으로 알려져 있다. 그러나 지난 몇 년 사이에도 강원도 철원군일대, 경기도 남양주시 일부지역등 국지적이며 일시적으로 대발생한 경우가 있고 현재는 제주도의 한라산 일부 지역에 대발생하여 활엽수에 큰 피해를 주고 있다.

다행히 우리 나라에는 다양한 기생 및 포식천적들이 풍부하여 대발생의 경우도 국부적이거나 일시적인 경우가 대부분이다 (Pemberton *et al.* 1993).

매미나방의 성페로몬은 Bierl *et al.*(1970)에 의하여 cis-7,8,-epoxy-2-methyloctadecane으로 규명되었으며 Iwaki *et al.*(1974)에 의하여 (+)-enantiomer 또는 (+)-disparlure인 것으로 밝혀졌다.

그러나 실질적으로 사용되는 매미나방의 교미방해물질로는 두 enantiomers를 같은 양으로 혼합한 racemic disparlure가 일반적으로 사용된다.

실제로 (-)-enantiomer는 유인효과가 없으며 오히려 수컷 매미나방이 (+)-enantiomer에 반응하는 것을 억제한다고 알려져 있다 (Yamada *et al.* 1976, Card *et al.* 1977).

(+)-disparlure는 수컷의 실질적인 유인물질로서 racemic 형태에 비하여 유인효과가 월등하다. 그러나 racemic disparlure는 야외에서 매미나방 교미활동을 방해하는 목적으로 사용할때 (+)-disparlure만큼 효과가 있고 비용이 저렴하기 때문에 많이 쓰여지고 있다 (Plimmer *et al.* 1982).

매미나방의 개체군을 억제하기 위한 연구결과는 비교적 많으나(Beroza *et al.* 1973, 1975, Plimmer 1982) 성공적으로 개체군을 억제한 경우는 대부분 낮은 밀도의 개체군이 분포한 지역에서였고 폭발적으로 개체군이 증가하는 조건에서는 실패한 경우가 많았다.

한국에서 매미나방의 페로몬에 대한 연구는 아직까지 보고된 바 없으며 북미나 유럽지역종과 분류학적으로는 같으나 행동적 특징이나 생태적 환경이 다른 한국 분포종에 대하여 이미 알려진 성페로몬이 얼마나 유인효과가 있는지? 성충의 계절적 발생소장은 어떠한지? 그리고 하루중 교미활동의 시간은 어느 때인지? 등 연구에 효과적으로 이용 가능할 수 있을지에 대해 관심이 컸다. 서울 대도시 중심부에 위치한 남산은 신갈나무등 활엽수가 우점종이며 예비실험의 결과로 매미나방의 분포를 확인한 바 있어 이미 알려진 성유인제를 이용하여 이같은 실험들을 실시하고 그 결과를 발표한다.

재료 및 방법

조사지현황

서울의 남산은 높이 265 m, 북위 32°32'~37°33', 동경 126°56'~127°00로. 광주산맥의 남단에 위치해 있고 도시로 둘러쌓여 있어 생태적으로 고립화 되어 있다.

남산의 관속식물은 476종이 분포되어 있으며 신갈나무 *Quercus mongolia*, 아카시아 *Robinia pseudo-acacia*, 소나무 *Pinus densiflora*가 전체의 60%를 차지한다.

남산의 년평균 강수량은 1,259.2 mm, 최대증발산량(PE)은 1,176.0 mm, 잉여수는 83.2 mm(Yim and Kira. 1975)에 달하여 전형적인 냉온대 중부의 산림대에 속한다.

조사방법

본 조사는 1997년 7월과 8월, 그리고 1998년 5월부터 8월중순까지 실시되었다. 사용된 페로몬 트랩은 USDA의 표준형 우유곽형 트랩이었으며(Fig. 2) 사용된 페로몬은 트랩마다 500 µg의 (+)-disparlure로 얇은 플라스틱조각(3×25 mm)에 처리되어 상품화된 것(Gypsy moth Dispensers, (+)-disparlure, Farma Tech. International Fresno, CA

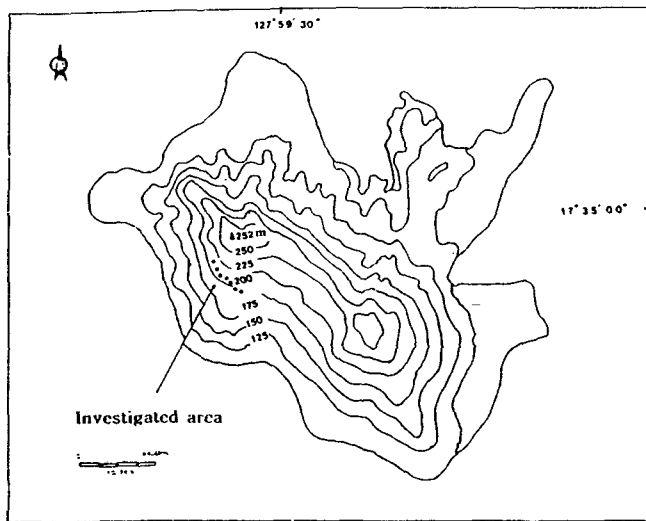


Fig. 1. Topography and sampled sites at Mt. Namsan, Seoul.

93720)으로 하였고 트랩에 함께 넣은 살충제는 2,2-dichlorovinyl dimethyl phosphate 10%로 조성된 끈(Vaportape II, Hercon Environ. Co.)을 사용하였다.

(+)Gyparlure와 살충제가 처리된 끈을 넣은 트랩들은 남산 순환도로를 따라 300 m 간격으로 나무의 지상 2 m 높이에 설치하였고 설치일로부터 매주 1회 오후 7시경 유인된 매미나방을 수거하였다.

또한 하루 중 수컷 매미나방의 교미활동시간을 조사하기 위하여 매시간 마다 같은 방법으로 10개의 트랩에서 수거하여 기록하였고, 수거된 매미나방들은 실험실내에서 날개의 개장을 측정하였다.

난괴(egg mass)는 1997년 8월과 1999년 8월에 각각 조사지에서 채집하고 실험실내에서 크기, 난괴당 알 수를 측정, 조사하였다.

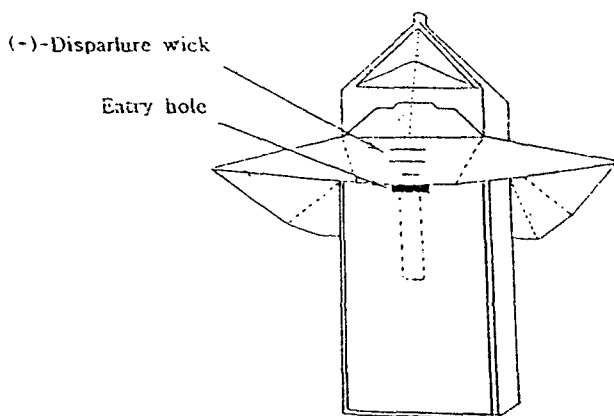


Fig. 2. USDA pheromone-baited milk-carton trap.

결과 및 고찰

매미나방의 수컷 성충은 7월초부터 성페로몬 트랩에 잡히기 시작하여 7월하순에는 매주 트랩당 평균 62.4 (최대 112, 최소 40개체)로 최다개체수가 채집되기까지 계속 증가하였으며 8월초부터 8월 중순까지 급속히 채집수가 감소하였다. 특히 가장 많은 개체수가 확인되었던 7월 19일과 26일 사이에는 다른 시기에 비교하여 월등하게 많은 개체수를 볼 수 있었다 (Fig. 3).

성충의 우화시기가 하루 중 기온변화에 의하여 크게 영향을 받는다는 연구보고 (Odell 1978)와 같이 1997년에도 조사시기 중 7월 19일부터 기온이 급상승하여 27.2℃에 이르렀다. 이 같은 온도상은 성충의 우화를 급속히 상승시켜 최대 발현시기가 된 것 같다.

조사기간 중 매주 수컷 성충의 트랩당 잡힌 개체수는 7월 26일을 정점으로 정규분포곡선을 보여서 1998년 기온이 7월 19일과 26일에 평균기온이 비정상적으로 낮았고 강우량도 7월 19일에는 132 mm로 많았지만 전체적으로는 서울 지역에서 이 기간 수컷 성충 발생 최성기임을 알 수 있었다.

본 조사에서 사용된 페로몬, (+)-disparlure의 유인효과는 미국에서의 연구결과 경향들(Plimmer *et al.* 1982)과 유사한 유인결과를 보여서 우리 나라에서도 같은 목적으로 사용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

수컷 매미나방은 암컷에 비하여 번데기 기간이 2일정도 길으며 번데기가 되는 시기는 암컷보다 빨라서 우화시기는 대략 같은 것으로 보고된 바 있다. 또한 같은 시기에 우화되지만 암컷보다는 일반적으로 1일정도 일찍 우화한다 (Michael *et al.* 1982). 암컷은 우화된 후 몇 시간 이내에 성페로몬을 분비하여 수컷을 유인한다. 수컷들만 비행하며 암컷을 찾게 되는데 일반적으로 암컷은 1회만 교미하나 수컷은 암컷대상을 바꾸며 여러차례 교미를 하고, 일주일정도 생존한다. 암컷 매미나방의 성페로몬 분비는 대부분 우화

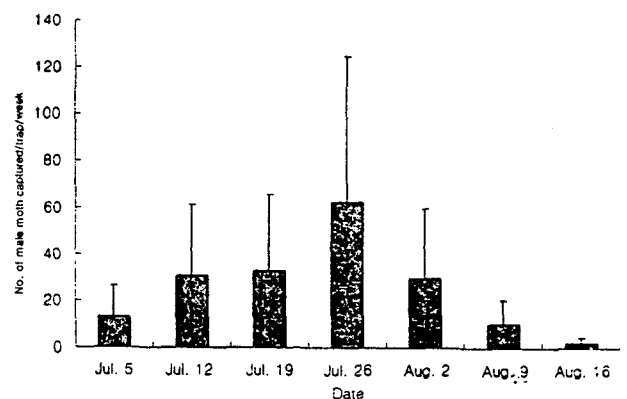


Fig. 3. Seasonal Occurrence of male gypsy moths captured, 1998. USDA pheromone-baited milk-carton traps were used and replicated seven times every week.

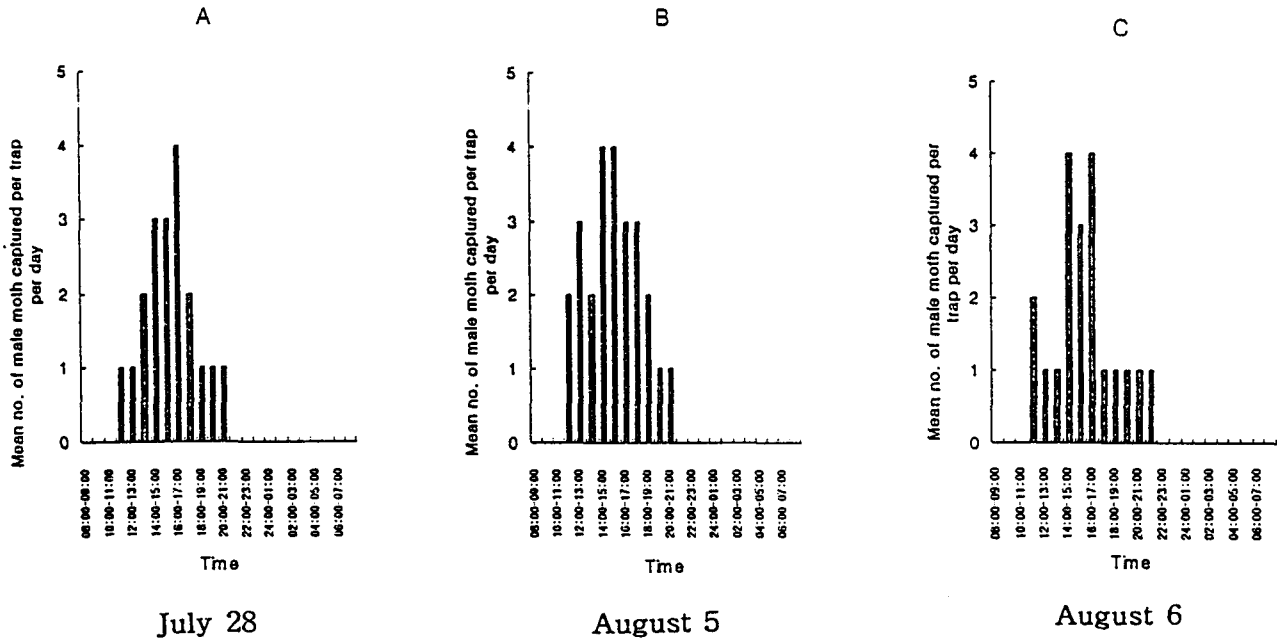


Fig. 4. Male moth flight activity in hourly catch of pheromone traps for a day. A-B-C, July 28 and August 5 and 6, 1998, respectively. The tests were replicated five times, respectively. Pheromone used was disparlure, cis-7,8 -epoxy-2-methyloctadecane(500 µg/trap).

후 3일 정도까지 계속하며 그 이후에는 유인력이 완전히 소멸되는데 이는 페로몬이 완전히 고갈되기 때문으로 알려져 있다 (Leonard 1981). 이러한 연구보고들을 고려할 때 7월 26일 최대개체가 유인된 것은 7월 19일 이후 26일까지 암컷, 수컷 모두 최대 우화시기인 것으로 결론지을 수 있다. 수컷 유인개체수가 가장 많았던 7월 하순과 8월 상순에 하루 중 시간별 수컷들의 유인개체수는 3일간 반복조사에서 모두 유사한 경향을 보였다 (Fig. 4). 즉 수컷들의 활동은 오전 10시부터 오후 9시까지 계속되었고 가장 많은 개체가 확인된 것은 14:00~17:00시인 것으로 확인되었다. 매미나방의 우화시기는 햇빛이나 인공조명 조건에 민감하게 영향을 받으며 수컷은 햇빛이나 조명이 시작된 후 3시간이 가장 높은 우화율을 보였고 암컷은 5시간 후인 것으로 차이가 있음을 보고한 바 있다 (Michael *et al.* 1982). 또한 대부분 수컷들은 햇빛이 있는 낮 동안에 활동하는 것으로 알려져 있으며, 대부분 곤충들과 마찬가지로 매미나방의 경우도 광주기는 이들의 활동에 결정적으로 영향을 준다 (Michael *et al.* 1982). 따라서 조사시기에 해뜨는 시각인 06:00시경부터 5~6시간 후에 활동을 시작하고 해지는 시각인 20:00시 이후부터 21:00시까지 활동하여 기온이 가장 높은 14:00~16:00시 사이에 가장 활발히 활동하여 기온이 광주기와 함께 중요하게 영향을 미쳤다.

1997년과 1998년 같은 시기에 각각 트랩당 유인된 개체수는 1997년의 경우 1998년에 비하여 3배정도 많았다 (Fig. 5).

이와 같은 결과는 조사지역에서 매미나방 개체군이 절대적으로 감소한 때문으로 볼 수 있으나 그 원인은 다양하게

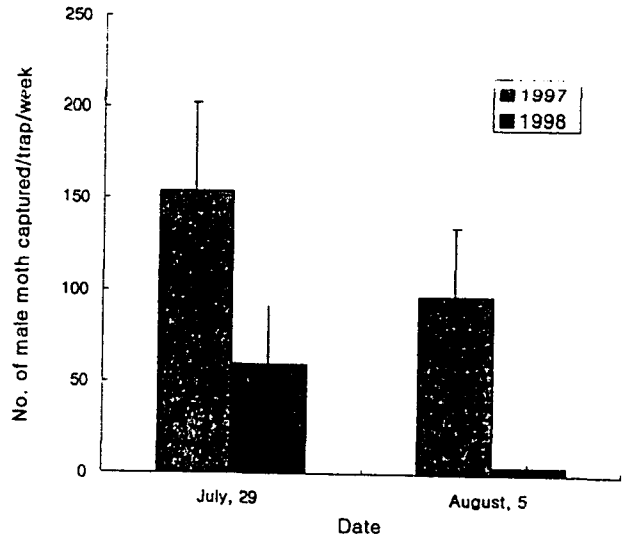


Fig. 5. Comparison of mean numbers of male gypsy moth captured in the pheromone traps during the period from July 29 to August 5 in Mt. Namsan, 1997 and 1998.

검토해 볼 필요가 있다.

1997년에 산란한 난괴의 밀도, 난괴의 크기와 난괴당 알수, 그리고 난괴로부터 우화 후 유충, 번데기 및 성충의 우화 그리고 성충의 사망원인 중 기후조건이 고려될 수 있었다.

조사지역내의 난괴 밀도는 대단히 낮았으며 1997년도 채

Table 1. Measurements of *Lymantria dispar* egg masses in Mt. Namsan, 1997 and 1998

Year	Size of egg mass			Mean number of eggs per egg mass (X ± SD)
	Width (cm)	Length (cm)	Depth (cm)	
1997	2.29 ± 0.26	2.65 ± 0.73	0.24 ± 0.02	494.5 ± 77.65
1998	2.00	3.15 ± 0.35	0.21 ± 0.01	537 ± 24.04

Table 2. Wing Length of male gypsy moth at Mt. Namsan, in 1997 and 1998

Year	Numbers of Sample	Length of wing (♂) (X ± SD)
1997	30	5.01 ± 0.49 ^a
1998	30	4.97 ± 0.29 ^a

^a mean values within same column followed by the same letter are not significantly different (P>0.05).

집한 것과 1998년에 것을 대상으로 난괴의 폭, 길이, 두께 그리고 난괴당 알의 개체수를 비교했을 때 1998년도의 것과 1997년에 것은 모두 큰 차이를 발견할 수 없었다 (Table 1).

난괴의 크기는 전년도 세대의 밀도에 반비례하며(Williams *et al.* 1990) 개체군의 크기가 낮을 경우는(10~100 난괴/헥타) 난괴당 알 수가 600~700개정도이지만 개체군의 크기가 증가하고 난괴의 밀도가 헥타당 500개 이상 될 때는 난괴당 알 수가 300~500개로 감소하는 것으로 알려져 있다 (Campbell 1967).

이와 같은 연구결과들을 고려할 때 1997년과 1998년 모두 난괴의 밀도가 대단히 낮고 난괴당 알 수가 500개 내외인 것으로 보아서 매미나방 개체군에는 큰 변화가 없으며 밀도가 낮은 안정된 개체군으로 판단되었다.

그러나, 1998년 조사기간 중에는 예외적으로 7월 중순부터 8월초까지 집중적인 폭우가 계속되었으며 이러한 환경요인은 매미나방 유충기말과 번데기 그리고 우화에 상당한 영향을 주었을 것으로 충분히 이해할 수 있었다.

또한 페로몬 트랩에 포획된 수컷 날개의 크기는 다음세대에 성충밀도, 난괴밀도 그리고 난괴당 알의 수와 관계 있다는 연구결과가 알려져 있다 (Bellinger *et al.* 1990). 1997년과 1998년 같은 조사기간 중 포획된 수컷 매미나방의 크기(Table 2)나 난괴의 크기 모두가 뚜렷한 차이를 보이지 않은 것도 각각 전년도에 개체군의 크기나 밀도 차이가 크지 않았다는 것을 의미하며 같은 시기에 포획 개체수의 차이는 1998년도 조사시기에 계속된 집중적 폭우의 결과로 판단되었다.

인용문헌

Bellinger, R.G., F.W. Ravlin and M.L. Mcmanus. 1990. Predicting egg mass density and fecundity in

field populations of gypsy moth (Lepidoptera : Lymentriidae) using wing length of male moths. Environ. Entomol. 19: 1024-1028.

Beroza, M.L., J. Stevens., B.A. Bierl., F. M. Philips and J. G. R. Tardif. 1973. Pre-and postseasonal field tests with disparlure, the sex pheromone of the gypsy moth, to prevent mating. Environ. Entomol. 2: 1051-1057.

Bierl, B., A. Beroza and C.W. Collier. 1970. Potent sex attractant of the gypsy moth: isolation, identification and synthesis. Science 170: 87-89.

Campbell, R.W. 1967. The analysis of numerical change in gypsy moth populations. Forest Science Monograph 15, Soc. Am. Foresters. Washington. D.C.

Cardé, R.T., C.C. Doane and W.L. Roelofs. 1974. Diel periodicity of male pheromone response and female attractiveness in the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) Canad. Entomol. 106: 479-484.

Cardé, R.T., C.C. Doane., T.C. Baker, S. Iwaki and S. Marumo. 1977. Attractancy of optically active pheromone for male gypsy moths. Environ. Entomol. 6: 768-772.

Iwaki, S., S. Marumo, T. Saito, M. Yamada and K. Katagiri. 1974. Synthesis and activity of optically active disparlure. J. Am. Chem. Soc. 96: 7842-7844.

Leonard, E. David. 1981. Gypsy moth: Research toward integrated pest management. USDA For. Ser., Sci. and Edu. Agency, Tech. Bull. 1584 p.9-30.

Michael, M.A., E.M. Schnee, H.J. Gremdenwalt and R. E. Webb. 1982. Circadian rhythm of gypsy moth (Lepidoptera: Lymentriidae) adult eclosion. Ann. Entomol. Soc. Am. 75: 411-417.

ODell, T.M. 1978. Periodicity of eclosion and pre-mating behavior of gypsy moth. Ann. Entomol. Soc. Am. 71: 748-751.

Pemberton, R.W., J.H. Lee., D.K. Reed., R.W. Carlson and H.Y. Han. 1993. Natural enemies of the Asian gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) in south Korea. Ann. Entomol. Soc. Am. 86: 423-440.

Plimmer, J.R., C.P. Schwalbe., E.C. Paszek., B.A. Bierl., R.E. Webb., S. Marumo and S. Iwaki. 1977. Contrasting effectiveness of (+) and (-) enantiomers of disparlure for trapping native populations of gypsy moths in Massachusetts. Environ. Entomol. 6: 518-522.

Plimmer, J.R., B.A. Leonhardt and R.E. Webb. 1982. Management of the gypsy moth with its sex attractant pheromone. In B. A. Leonhardt and M. Beroza (eds.), Insect Pheromone Technology: Chemistry and Application. ACS Symp. Series, No. 190. American

- Chemical Society, Washington, D.C. pp. 231-242.
- Williams D.W., R.W. Fuester., W.W. Metterhouse., R.J. Balaam., R.H. Bullock., R.J. Chianese and R.C. Reardon. 1990. Density, size, and motality of egg masses in New Jersey populations of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Environ. Entomol.* 19(4): 943-948.
- Yamada. M., T. Saito, K. Katagiri, S. Iwaki and S. Marumo. 1976. Electroantennogram and behavioral responses of the gypsy moth to enantiomers of disparlure and its trans analogues. *J. Insect Physiol.* 22: 755-761.

(1999년 5월 18일 접수)

**Seasonal Occurrence and Monitoring of Gypsy Moth,
Lymantria dispar L. (Lepidoptera: Lymantriidae)
by Sex Pheromone Trap in Mt. Namsan, Seoul.**

Lee, Hai-Poong and Hyun-Min Lee

Department of Applied Biology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

ABSTRACT: Studies were conducted in Mt. Namsan, Seoul, during the summer of 1997 and 1998 using racemic disparlure to determine seasonal occurrence and circadian activity in male gypsy moth, and size of egg mass and wing length of male moth. Male gypsy moths occurred from middle part of July until middle part of August and peaked in late part of July. Circadian activity of male moths initiated from 12: 00h and continued until 21: 00h, and the peak time was between 14: 00h and 17: 00h. Mean number of moths captured per trap in 1997 was larger than that in 1998, however, eggs per mass, egg size and wing length were not significantly different between the two years, 1997 and 1998.

Key words: Circadian activity, *Lymantria dispar*, Sex pheromone
