

매미나방 개체군 변화의 단계별 특징과 페로몬 트랩에 의한 포획 효과

이 장 훈 · 이 해 품

동국대학교 응용생물학과

적 요: 본 조사는 매미나방 개체군의 전이단계에 따른 질적 그리고 수량적 특성을 구명하기 위하여, 1987~1997까지 중부지방 및 제주도에서 발생 했던 일부 개체군을 대상으로 유충밀도, 난괴 밀도, 산란량, 식물피해 정도 등을 조사 분석하였으며, 합성 페로몬인 (+)disparlure와 우유 용기형 트랩(USDA-Milk carton trap)을 설치하여 수컷의 우화 패턴, 포획량과 난괴 밀도와 상관을 조사하였다. 유충의 밀도는 난괴의 밀도와 식물 피해정도 등과 일치하여 매미나방의 유충의 분산이 주로 산란 지역 내에서 이루어지는 것으로 나타났다. 한국에서 매미나방 발생으로 인한 피해기간은 비교적 짧았으며 개체군 증가 이후 무해기까지의 경과기간은 2~3년으로 나타났다. 산란량은 개체군 단계별 특성을 보였는데 폭발 단계를 경험한 개체군은 평균 산란수가 336.3±161로 폭발 단계를 거치지 않은 개체군의 산란 수(537~601) 보다 상당히 낮았다. 최근 개체군 전이단계를 경험한 개체군에서는 산란량의 변이 폭이 큰 것으로 나타났고 특히 여러 해 동안 개체군의 변화로 인한 피해가 없었던 남산에서의 매미나방 산란량은 537±24로 난괴간의 변이가 작은 것으로 조사되었다. 페로몬 트랩에 의한 포획성적(우화 최성기의 평균 포획 수컷 수/일)은 대부분의 지역에서 다음 세대의 난괴 밀도와 양의 상관관계를 보였다 ($r^2=0.93$).

검색어: 개체군 밀도, 매미나방, 우유 용기형 트랩, 페로몬

서 론

우리나라의 경우 매미 나방(*Lymantria dispar* L.)의 발생은 오래 전부터 있어 온 것으로 추측되며 발생 해충으로 기록은 일제시대의 문헌에서 찾아볼 수 있고(朝鮮總督府林業試驗場刊行會 1940), 그 이전의 발생기록에 대한 정보는 부족한 실정이다. 이와 박(1959)이 1950년대에 전라도에서의 대발생을 보고한 바 있고, 아세아천적연구소(USDA-ARS, Asian Parasite Laboratory, Seoul, 1982~1993)의 조사 연구에서 나타났듯이 발생과 피해 규모가 작고, 피해 발생 기간은 상당히 짧다 (Pemberton *et al.* 1993). 매미나방 개체군환은 무해(innocuous), 증가(release), 폭발(outbreak), 감소기(decline phase)(Elkinton and Liebhold 1990) 등으로 구분하는데, 우리의 경우 개체군의 발생이 나타나면, 증가기에서 부터 무해기 수준으로 다시 밀도가 낮아지기까지의 기간은 2~3년 이내로, 짧기 때문에 그 피해는 심각하지 않다. 이렇듯 피해 규모와 기간은 매미나방의 피해가 심한 미국에서의 경우와 대조적이다. 우리나라의 경우 매미나방의 개체군 밀도에 영향을 주는 생물적, 비생물적 영향이 중요한 역할을 하는 것으로 특히 기생천적의 역할에 대한 정보는 이미 보고된 바 있다 (Pemberton *et al.* 1993, Pemberton and Lee 1996).

매미나방의 성유인 페로몬은 cis-7, 8-epoxy-2methyloctadecane으로 동정 되었고, 광학이성질체인 (+)-enantiomer 또는 (-)-disparlure가 성유인에 관여하는 것으로 밝혔다

(Bicrl *et al.* 1970, Iwaki 1974). 특히 페로몬은 동종간의 통신 수단으로써 숙주특이성이 있으므로 생태친화적인 방법으로써 이를 응용한 방제에 관심이 모아지고 있다. 매미나방의 인공합성 페로몬인 disparlure는 유인 효과가 우수하기 때문에 밀도예찰(Tayler *et al.* 1991, Carter *et al.* 1994), 교미 혼란(Leonhardt *et al.* 1996) 등 방제를 목적으로 사용되고 있다.

본 조사의 목적은 다양한 피해양상을 나타내는 매미나방의 여러 개체군의 양적, 질적 특성을 구명하고, 페로몬 트랩을 이용하여 매미나방 수컷의 우화 패턴, 포획량과 그 다음세대 개체군과의 상관관계를 규명하여 개체군밀도의 예찰 수단으로서의 중요성을 검증하는데 있다.

재료 및 방법

조사지역

시 흥

시흥은 해발고도 100 m, 서울로부터 14 km 떨어진 곳으로 1987년 매미나방의 개체군 발생이 나타난 곳으로 밤나무(*Castanea* spp.), 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zuccarini), 참나무류(*Quercus* spp.), 아까시나무(*Robinia pseudo-acacia* L.) 등이 주요종을 구성하고 있다. 매미나방으로 인한 피해 면적은 약 2.5 ha 정도였다.

광전리

광전리는 해발 50~70 m로 서울로부터 19 km 떨어진 곳으로 매미나방의 개체군 발생 피해가 없는 것으로 조사된 곳으로 900개의 난괴(난괴 당 평균 난수=587.2±119.5)를 방사하여 인위적으로 약 1 ha 정도 규모로 개체군 발생을 조성한 곳인데, 참나무류(*Quercus* spp.), 밤나무류(*Castanea* spp.) 등이 주요 수종으로 조사되었다.

동패리

동패리는 해발 70~90 m 서울 북서쪽으로 35 km 떨어져 있으며, 파주 군에 소재하며 소나무, 참나무류, 아까시나무로 구성된 혼유림으로 주변에 수도 경작지가 위치하고 있다. 1991년에 개체군 발생이 있었고, 다음 세대의 개체군 밀도가 상당히 낮아진 지역으로 피해규모는 3 ha 정도였다.

남 산

남산(표고 265m, 126°56'~127°00 E, 37°32'~37°33 N)은 아까시나무(*R. pseudoacacia* L.), 소나무(*P. densiflora* S. et Z.), 신갈나무(*Quercus mongolica* Fisch.), 산벚나무(*Prunus sargentii* Rehdet.), 당단풍(*Acer pseudo-sieboldianum*) 팔배나무(*Sorbus alnifolia* (S. et Z.) K. Koch) 등이 대부분을 차지하고 있다 (Yim and Yang 1998).

제주도 천왕사

제주도는 한국의 남쪽 해안선으로부터 90 km 정도 떨어진 섬으로 화산 활동에 의하여 이루어진 섬이며 한라산이 중앙에 위치한다. 피해가 심했던 1997년 천왕사 와 성판악에서 조사를 실시하였다. 실험 지역별 식물상은 이미 임 등 (1990)에 의하여 조사된 바 있다.

천왕사는 한라산 북서부 해발고도(650 m)에 위치하며 서어나무(*Carpinus laxiflora* Bl.), 개서어나무(*C. tschonoskii* Max.), 졸참나무(*Quercus serrata* Thunb.), 때죽나무(*Stylox japonica* S. et Z.), 산벚나무(*P. sargentii* Rehder), 산개벚나무(*P. maximowiczii* Rupr.), 당단풍(*A. Pseudo-sieboldianum* Paxton Kom.), 산딸나무(*Cornus kousa* Bueg.), 제주조릿대(*Sasa quelpaertensis* Nakai) 등이 주요 종을 구성하고 있는 지역으로, 600×100 m 조사구를 설정하여 채집을 실시하였다.

제주도 성판악

성판악(해발고도 750~800 m)은 한라산의 동쪽 사면에 위치하며: 서어나무, 개서어나무, 물참나무, 졸참나무, 산철쭉(*Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*(Lev.) Nak.), 털진달래(*R. schlippenbachii* Max.), 제주조릿대(*S. quelpaertensis* Nakai) 등이 주요 종을 구성한다. 750×100 m의 조사구에서 채집을 실시하였다.

개체군 밀도 및 피해 조사

개체군환의 각 단계는 유충의 밀도, 난괴 밀도, 숙주식물

피해 등에 대한정보를 매년 지속적으로 조사하여 개체군 발생의 변화 추세를 무해기(innocuous phase), 증가기(release phase), 폭발기(outbreak phase), 감소기(decline phase)등으로 Elkinton and Liebhold(1990)의 구분 체계를 따랐다.

난괴 밀도는 5분보행 관찰법(Schneeberger 1987)과 직접 조사법을 활용하였다. 직접조사법은 실제로 조사지역내의 난괴 전부를 세는 방법인데, 시흥의 경우처럼 피해 면적이 적고 관목이 거의 없어 이동과 관찰이 용이한 지역에서 이 방법을 사용하였으며, 남산, 천왕사, 성판악의 산책로나 등산로를 따라 5분보행 관찰방법을 활용하였다. 남산의 경우를 제외하고는(n=24) 지역별로 12회의 반복조사를 실시하였고, 밀도산정공식은 다음과 같다. ha 당 난괴 밀도=((5분 동안에 관찰된 평균 난괴 수×20)+15)×2.471.

유충의 밀도 조사

유충의 발생수준을 가름하기 위하여 각각의 발생지역에서 유충발생기간 동안 약 1주일 간격으로 채집을 실시하였고, 한 사람이 1시간 동안 채집한 평균 유충수를 조사하였다. 이러한 조사방법으로 채집한 유충수가 30마리 이하, 31마리 이상 99마리 이하, 100 이상의 경우 등으로 구분하여 밀도 수준을 각각 저, 중, 고밀도 등으로 구분하였다 (Feuester et al. 1983).

숙주식물의 피해조사

숙주식물의 피해정도는 크게 3종류로 구분하였는데, 주간 섭식 활동과 피해 수의 나엽(defoliation)이 나타난 경우, 주간섭식활동이 관찰되며 부분적 나엽이 관찰된 경우, 식물의 피해가 거의 관찰되지 않는 경우로 피해의 질을 가름하였다. 이러한 피해구분은 대개 유충의 밀도수준과 일치하는 경향을 보였다.

페로몬 트랩에 의한 포획량 조사 및 비교

사용된 트랩은 1.9L 용량의 직육면체 모양으로, 내부에 페로몬과 살충제를 매달아 유인되어 용기안으로 들어오는 매미나방 수컷이 트랩안에서 포살되도록 고안된 것이다 (USDA-Milk Carton Trap). 트랩에 사용된 페로몬은 (+) Enantiomer disparlure였고, 살충제는 Dichlorvos를 포함하고 있는 플라스틱 방출제였다.

광전리와 시흥의 경우에는 93ug용량의 페로몬이 25×3 mm 크기의 플라스틱 방출제(laminate dispenser; Hercon lure tape, Hercon Laboratories Corporation, South Plain-field, N.J.)에 들어있는 것을 사용했고, 20 m 간격으로 지역당 5개의 트랩을 설치하였다. 남산과 천왕사, 성판악, 동패리(파주군)에서 사용된 페로몬은 함량이 500 μg 함량의 표준형 방출제(cotton strip)를 사용했으며, 50 m 간격으로 트랩을 설치하였다. 천왕사, 성판악에 사용된 페로몬 포장을 뜯은 후 실온에서 보관되어 온 것이므로 함량은 500 μg 보다 낮은 것이다. 그러나 사용 전 함량이 얼마나 줄었는지는 조사되지 않았다. 남산의 경우 남쪽, 남서쪽 북

쪽에 각각 7, 7, 5개의 트랩을 설치하였으며, 천왕사와 성판악, 동패리에는 각각 5, 15, 10개의 트랩을 설치하여 포획성적을 조사하였다. 트랩은 매미나방의 피해 중심부를 기준으로 포획된 매미나방의 수거가 용이한 접근 도로(등산로, 산책로)를 따라 설치 하였다.

피해 면적은 직접피해지역을 관찰하고 피해중심지역으로부터 유충의 채집 가능 여부를 기준으로 구분하였다. 본 조사에서는 중밀도 이상으로 평가된 피해 지역은 비피해 지역을 따로 구분하기 쉬웠으나 저밀도 지역에서는 피해지역을 주변의 비피해지역과 구분하지 않았다.

지역마다 조사 기간, 설치 트랩의 수, 포획량 조사 간격 또한 5~10일로 달랐기 때문에 포획된 전체 개체 수 또는 포획기간 동안의 결과로서는 비교가 불가능하였다. 그러나 모든 조사에서 트랩은 우화 최성기 전에 설치하였기 때문에 최고 포획성적이 나타났던 시기의 성적을 지역별 또는 발생 단계별 비교에 활용하였다. 지역간 비교를 위해서 트랩에 의한 포획량이 최고 성적을 기록한 시기의 성적을 트랩 당 1일 평균 포획 수(mean number of males caught per trap per day at the highest male catch period)로 계산하여 비교 분석에 이용하였다. 광전리, 시흥의 경우 트랩 설치기간은 6월30~8월 10일, 설치 후 5일 간격으로, 남산(1998)의 경우 7월 7일부터~8월 16일, 동패리(1992)의 경우 7월3일1~8월 10일, 설치 후 7일 간격으로 포획량을 조사 하였고, 제주도(1997)의 성판악 천왕사의 경우 7월 4일~7월 25이었다.

포획성적과 난괴밀도의 상관관계는 Pearson상관계수, 상관분석을 하였고 개체군별 평균산란량의 차이는 t-test을 이용하여 검정하였다 (Sokal and Rohlf, 1981).

결 과

Table 1은 조사지역 별 난괴밀도, 유충밀도, 식물피해, 산란량 등 개체군의 양적 질적 정보를 나타낸다. 난괴의 밀

도는 유충세대의 밀도와 일치하는 경향을 나타내었다. 난괴 밀도가 ha당 2000여개 이상으로 조사된 시흥과 성판악의 유충은 고밀도(≥ 100 개체/1시간/1인)로 나타났으며, 난괴의 밀도가 900/ha인 광전리에서의 유충은 중밀도($31 \leq \text{mean} \leq 99$)를 보였으며, 난괴의 밀도가 241 이하인 곳에서 유충은 저밀도(≤ 30)로 조사되었다.

또한 유충의 밀도는 숙주식물 피해정도와 일치하는 경향을 나타냈다 (Table 1). 고밀도와 중밀도 수준에서는 주간 섭식행동이 관찰되었고 난괴 밀도가 2000이었던 지역에서는 부분적인 나엽현상, 난괴의 밀도가 평균 4178로 조사된 지역에서는 숙주식물의 피해 또한 가장 심한 것으로 상당수 나무에서 나엽현상(defoliation)이 관찰되었다. 저밀도 조건의 개체군에서는 유충섭식으로 인한 피해는 거의 발견되지 않았다.

개체군의 변화를 개체군의 밀도변화와 산란량의 특징을 기준으로 개체군환의 전이 단계로 구분하였고, 우리나라에서 나타나는 개체군변화의 예를 나타낸다 (Table 1). 조사된 개체군 모두에서 다음 세대의 밀도는 감소 추세를 나타내었다. 최다 포획 성적이 조사되었던 천왕사의 경우 다음 세대의 난괴 밀도는 2995에서 949로 감소하여 중밀도 수준으로 낮아진 반면, 그 외의 모든 지역에서는 상당히 낮은 밀도로 개체군이 감소하는 특징을 보였다. 특히 가장 높은 밀도로 나무를 헐벗게 하는 심한 피해를 일으켰던 제주도 성판악의 경우 다음 세대에는 밀도가 급격히 감소하였고 (131 egg masses/ha), ha당 3000여 개의 난괴가 조사되었던 천왕사의 경우 ha당 949로 중간 수준의 밀도로 낮아졌으며, 그보다 밀도가 낮은 경기도 시흥이나 특히 1000여 개의 난괴가 이식되었던 인공 방사지역 광전리에서 다음 세대의 밀도는 각각 242, 74난괴로 상당히 낮아졌다.

산란량도 폭발기와 그 이외의 개체군과 차이를 보이는데 폭발단계를 경험한 개체군은 평균 산란수가 336.3 (161로 폭발단계를 거치지 않은 다른 개체군들의 산란량 > 537 과 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P < 0.01$)(Table 1). 특히

Table 1. Qualitative and quantitative characteristics of Korean gypsy moth populations at different phases

Site ¹	Season				Following season				
	Yr.	HLD ³	EMD ⁴ /ha	Population phase	yr.	HLD	EMD/ha	Mean fecundity ⁶	Population phase
KW ²	87	M	900	-	88	L	74	601 ± 252a	innocuous
SH	87	H	2000 ⁵	release	88	L	242	587 ± 119a	innocuous
DONG	92	L	119	innocuous	93	L	115	550 ± 97a	innocuous
CHON	97	H	2995	release	98	M	951	568 ± 219a	decline
SUNG	97	H	4178	outbreak	98	L	131	336 ± 161b	innocuous
NAM	97	L	33	innocuous	98	L	51	537 ± 24a	innocuous

1. KW=Kwangjun-ri, Kyonggy; SH=Shihung, Kyonggy; DONG=Dongpae-ri, Kyonggy; CHON=Chonwang-sa, Cheju; SUNG=Sungpanak, Cheju; NAM=Namsan, Seoul. 2. Gypsy moth populations at the site were established through the release of eggs 3. Hourly larval density (mean no. larvae collected per person per hour). A H indicated that 100 or more larvae were collected by one person per h; a M, that 31 to 99 larvae were collected in 1 h; and a L that 30 or fewer hosts were collected in 1 h. 4. Estimated egg mass density (per ha) by the 5 min walking method. 5. Direct count. 6. Means within the same column followed by the same letters are not significantly different at the 5% level by t-test.

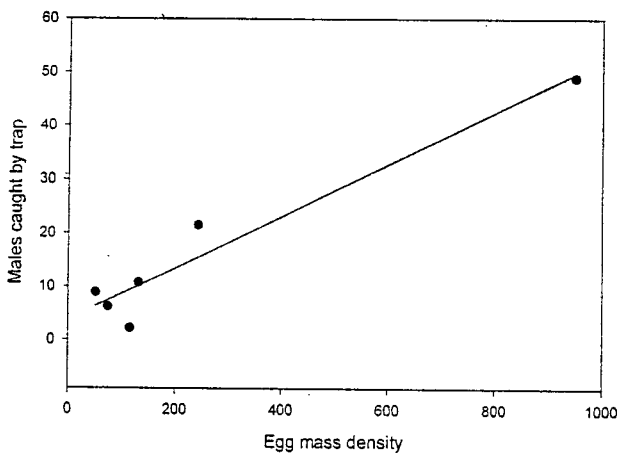


Fig. 1. Regression between egg mass density and peak male catch (mean number of males caught per trap per day at peak male capture period) of gypsy moth by disparlure baited milk carton trap. KW=Kwangjun-ri; SH=Shihung; DONG=Dongpae-ri; CHON=Chongwang-sa; SUNG=Sunghan-ak; NAM=Namsan.

여러 해 동안 피해발생이 없었던 남산에서의 산란량은 평균 537(±24)로 산란량의 변이가 상당히 낮은 특징을 보였다.

Fig. 1은 페로몬 트랩에 사용된 페로몬의 양과 최대포획 성적을 나타낸 기간 동안 1일 평균 트랩 당 포획량을 나타낸다 (트랩 당 최고 일일평균 포획성적). 평균 포획성적과 우화 세대의 난피 밀도는 통계적으로 양의 상관관계를 나타냈다($r^2=0.93$, $T=7.53$, $P<0.05$). 가장 높은 일일 포획성적을 나타낸 97년 천왕사의 경우는 49마리로 가장 높았으며, 이때 피해 지역의 난피의 밀도는 2995/ha에서 949/ha로 낮아진 경우이다. 두 번째 포획량은 평균 21.6으로 ha당 난피 수가 2000에서 242로 전이된 지역에서 나타났으며 그 외의 다른 지역(모두 난피의 밀도가 131이하/ha)에서의 포획 성적은 8.9~2.2로 조사되었다.

고 찰

난피의 밀도가 유충세대의 밀도와 일치하여 난피에서 부화한 유충이 난피 분포지역내에서 주로 분산하고 있음을 보여 주고 있다. 매미나방의 피해 면적이 지역적이고, 피해 확산이 개체군발생지역을 중심으로 이루어지고 있는 현상은 매미나방 부화유충의 분산 행동과 관계를 갖고 있는 것으로 사료된다. 그러나 우리나라의 경우 한 지역에서 여러 해 동안의 지속적 피해는 거의 없었기 때문에 피해 확산 양상에 관한 조사는 없다. 매미나방의 부화유충은 입에서 토해 내는 가는 실에 매달려 바람에 의해서 이동하기 때문에 기상 조건, 식생의 분포, 지형 등이 매미나방의 분산 패턴에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

매미나방 개체군환의 단계를 무해기-증가기-폭발기-감소

기-무해기 등으로 구분하는데(Elkinton and Liebhold 1990, Schonherr 1989) 우리나라의 경우 본 조사에서 보여 주듯이 대체로 무해기-증가기-감소기-무해기의 단계를 거치며, 폭발기가 조사된 경우도 밀도가 급격히 낮아져 바로 무해기 수준으로 밀도가 낮아지는 것으로 나타났으며, 개체군 발생단계별 소요기간이 상당히 짧고(각각 1년) 또한 그 발생규모가 작은 것을 특징으로 한다. 개체군발생 패턴은 피해가 심한 미국의 경우와는 달랐다. 이러한 차이는 기생 천적을 포함한 여러 생물적 요인(Pemberton *et al.* 1993), 앞에서 언급된 매미나방의 분산과 관계된 요인, 비생물적 요인 등에 의한 것으로 생각되나 좀더 정확한 원인이 규명된다면 해충방제에 큰 도움이 될 것이다.

한국산 매미나방 우화 패턴은 7월 초-중순경의 피크 이후 감소하여 8월 초 중순에 거의 우화가 종료된다 (JHL *et al.* unpublished data). 높은 밀도 조건을 보였던 성판악이나, 시흥에서 상대적으로 밀도가 낮았던 천왕사와 광전리에서 보다 1~2주 성충의 우화가 빨리 진행되는 것으로 관찰되었는데 이것은 유충의 행동변화, 일조량 변화 등의 원인 등으로 설명될 수 있다. 성판악에서는 심각한 나엽현상이 관찰되었으며, 시흥의 경우 나엽으로 인한 피해는 심각하지 않았으나 피해지역이 개방지형으로 일조량에 비교적 많이 노출 되어있고 주간 섭식활동이 관찰되었던 개체군이었다. Lance 등(1987)의 조사에서도 개체군의 폭발로 인한 나엽현상으로 매미나방 유충과 번데기가 받는 일조량은 증가하게 되고, 결과적으로 나엽의 피해가 적은 지역에서 보다 유충의 발생속도가 1~3주 빠른 것으로 보고된 바 있다. 매미나방 개체군밀도는 매미나방의 발생속도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 밀도 변화로 인한 유충의 행동변화도 유충의 발생속도에 영향을 준다. 낮은밀도 조건에서는 주로 밤에 섭식활동을 하고, 낮에 은신처에서 휴식을 취하지만 이와는 달리 높은밀도 조건에서는 낮에도 섭식활동을 하기 때문에 낮은밀도 조건 보다 상대적으로 높은 온도조건에 노출되기 때문에 발생속도가 빠르다 (Campbell and Sloan 1976).

최고 포획량과 다음 세대의 난피 수는 양의 상관관계를 보였지만 남산에서 페로몬트랩에 의한 포획량은 난피밀도에 비해서 비교적 높은 것으로 나타났다. 트랩의 포획량에 미치는 요인은 개체군의 밀도 이외에도 입지조건 등 여러 가지 요소가 작용한다. 매미나방 수컷은 온도, 습도, 바람, 지형, 암컷의 밀도, 지형의 개방 정도등에 의해서 영향받는 것으로 알려져 있다 (Schwalbe 1979). 남산의 개방된 입지조건은 페로몬에 의한 수컷 유인 효과에 영향을 주어 다른 개체군에서 보다 높은 포획량을 기록한 것으로 판단된다.

페로몬 함량의 차이는 그 포획효과에도 영향을 미칠 것으로 사료된다. Plimmer *et al.*(1977)은 100 μg 이상으로 disparlure의 농도를 높였을 때 유인 효과는 더 이상 증가하지 않는다고 하였다. 이렇듯 '87년의 경우 트랩에 사용된 페로몬의 양은 93 μg 으로 다른 지역에서 사용된 양(500 μg 보다 낮지만 유사한 효과 함량범위에 있는 것이다. 개체군의 난피밀도에 따른 포획량도 광전리와 시흥에서의 결과도

다른 곳에서의 유사한 경향을 나타내어 이러한 사실을 뒷받침한다.

숲의 가장자리에 분포하는 매미나방의 난괴는 숲 내부에 분포하는 난괴 보다 많은 것으로 보고된 바 있다 (Bellinger 1989). 접근이 용이한 곳에서 본 조사방법을 적용하였기 때문에 산정된 매미나방 밀도는 다소 높게 평가될 수 있다. 한편 5분 보행 관찰법 대한 문제점은 Liebhold 등(1991)에 의하여 조사된 바 있다. 조사자들의 관찰 능력이 사람마다 다르고, 고정방형구법(fixed radius plot)에 비하여 정확도가 떨어지는 단점을 지적하였다.

다음 세대의 개체군밀도를 예측하는데 있어서 페로몬트랩에 의한 포획 성적뿐만 아니라 산란량에 의한 개체군의 질적 평가도 다음 세대의 발생량을 평가하는데 중요한 자료로 활용될 수 있다. 본 조사에서도 보여 주듯이 폭발기 후 붕괴된 개체군의 산란량(336.3 ± 161)은 다른 단계의 개체군들과 뚜렷한 차이를 보여준다 ($P < 0.05$). 한편 무해기, 감소기, 증가기에 있는 개체군들의 평균산란량은 537~601개로 개체군간의 통계적 차이는 나타나지 않았다.

개체군의 대발생으로 인한 나엽 현상은 매미나방 번데기의 무게 감소와 발생기간을 연장시킨다 (Wallner and Walton 1979). Elkinton과 Liebhold(1990)도 미국의 경우 매미나방 개체군의 피해가 심했던 지역에서 개체군이 감소 추세를 보일 때 산란량은 낮다고 보고하였다. 또한 암컷의 산란량이 400이하일 때 매미나방 개체군은 감소하는 경향을 보인다는 조사결과도 보고된 바 있다 (Webb *et al.* 1991). 매미나방 개체군의 피해가 없었던 지역으로 산란량이 400개 이상인 경우는 개체군은 증가 추세를 나타내며 특히 폭발기의 개체군에서는 높은 산란량과 낮은 산란량이 공존하며, 불안정하기 때문에 개체군 발생추이를 예측하기 어렵다고 하였다 (Elkinton and Liebhold 1990).

본 조사에서도 감소기나 증가기에 있는 개체군, 또는 개체군의 변동을 경험한 광전리 개체군의 경우 산란량의 변이가 큰 것으로 불안정한 개체군의 특징을 보였다.

우리나라의 경우 페로몬트랩을 이용한 매미나방의 포획량과 매미나방 개체군 크기와의 관계는 아직 보고된 바 없다. 본 조사는 포획성적으로 다음 세대의 매미나방 발생량을 예측 분석하기 위한 자료로 중요한 의미를 갖는다. 예를 들면 Table 1과 Fig. 1에 나타난 것처럼 수컷 우화 최성기에 1일 평균 10개체 미만의 포획성적은 다음 세대의 낮은 밀도를 예측할 수 있게 한다. 조사에서 나타난 것처럼 페로몬 트랩에 의한 포획성적은 대부분의 지역에서 다음 세대의 난괴밀도와 양의 상관관계를 보였다 (Fig. 1). 이러한 특징은 피해 범위가 크지 않고 국한적이기 때문에 개체군의 양적 변화가 피해 지역에 설치된 페로몬트랩의 포획량에 직접적으로 영향을 미치지 때문인 것으로 생각된다. 그러나 본 연구는 6개체군에서의 결과이므로 앞으로 다양한 개체군에 대한 조사가 부가 된다면 보다 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

인용문헌

- 이덕상·박세욱. 1959. 매미나방의 생태 및 방제시험. 임시연보 8: 118-125.
- 임양재·백광수·이남주. 1990. 한라산의 식생. 중앙대학교 출판부, 291 p.
- 朝鮮總督府林業試驗場刊行會. 1940. 鮮滿實用林業便覽.
- Bierl, B.A., M. Beroza, and C.W. Collier. 1970. Potent sex attractant of the gypsy moth: its isolation, identification and synthesis. *Science* 170: 87-89.
- Bellinger, R.G., F.W. Ravlin, and M.L. McManus. 1989. Forest edge effects and their influence on gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass distribution. *Environ. Entomol.* 18: 840-843.
- Campbell, R.W. and R.J. Sloan. 1976. Influence of behavioral evolution on gypsy moth pupal survival in sparse populations. *Environ. Entomol.* 5: 1211-1217.
- Carter, M.R. F.W. Ravlin, and M.L. McManus. 1994. Estimating gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass density using male moths captured in pheromone-baited, milk-carton traps. *Environ. Entomol.* 23: 556-561.
- Elkinton, J.S. and A.M. Liebhold. 1990. Population dynamics of gypsy moth in North America. *Annu. Rev. Entomol.* 35: 571-596.
- Fuester, R.W., J.J. Drea, F. Gruber, H. Hoyer and G. Mercadier. 1983. Larval parasites and other natural enemies of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) in Burgenland, Austria, and Wurzburg, Germany. *Environ. Entomol.* 12: 724-737.
- Iwaki, S., S. Marumo, T. Saito, M. Yamada, and K. Katagiri. 1974. Synthesis and activity of optically active disparlure. *J. Am. Chem. Soc.* 96: 1842-1844.
- Lance, D.R., J.S. Elkinton, and C.P. Schwalbe. 1987. Microhabitat and temperature effects explain accelerated development during outbreaks of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Environ. Entomol.* 16: 202-205.
- Leonhardt, B.A., V.C. Mastro, D.S. Leonard, W. McLane, R.C. Reardon, and K.W. Thorpe. 1996. Control of low-density gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) populations by mating disruption with pheromone. *J. Chem. Ecol.* 22: 1255-1272.
- Liebhold, A.M., D. Twardus, and J. Buonaccorisi. 1991. Evaluation of the timed-walk method of estimating gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass densities. *J. Econ. Entomol.* 84: 1774-1781.
- Pemberton, R.W., J.H. Lee, D.K. Reed, R.W. Carlson, H.

- Y. Han. 1993. Natural enemies of the Asian gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) in South Korea. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 86: 423-440.
- Pemberton, R.W. and Jang-Hoon Lee. 1996. The influence of extrafloral nectaries on parasitism of an insect herbivore. *Am. J. Bot.* 83: 1187-1194.
- 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 moth in Massachusetts. *Environ. Entomol.* 6: 518-522.
- Schneeberger, N.F. 1987. Monitoring gypsy moth populations. Coping with the gypsy moth in the new frontier. West Virginia University, Morgantown. WV. pp. 81-88.
- Schonherr, J. 1988. Outbreak characteristics of Lymantriids. In W.E. Waller and K.A. McManus, Lymantriidae: a comparison of features of new and old world tussock moths (Proceedings). June 26-July 1, 1988 New Haven, Connecticut. pp. 171-181.
- Schwalbe, C.P. 1979. Using pheromone traps to detect and evaluate populations of the gypsy moth USDA Agric. Handbook #544.
- Sokal, R.R., and F.J. Rohlf. 1981. *Biometry*, 2nd. ed. H. Freeman, San Francisco. CA.
- Taylor, R.A. J., M.L. McManus, and C.W. Pitts. 1991. The absolute efficiency of gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), milk-carton pheromone traps. *Bulletin of Entomological Research* 81: 111-118.
- Wallner, W.E. and G.S. Walton. 1979. Host defoliation: a possible determinant of gypsy moth population quality. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 72: 62-67.
- Webb, R.E., R.L. Ridgway, K.W. Thorpe, K.M. Tatman, A.M. Wieber, and L. Venables. 1991. Development of a specialized gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) management program for suburban parks. *J. Econ. Entomol.* 84: 1320-1328.
- Yim, Y.J. and K.S. Yang. 1998. Vegetational changes of the Namsan park, Seoul. *Korean Ecological Society Proceeding.* pp. 3-19.

(1999년 7월 31일 접수)

Characteristics of Korean Gypsy Moth Populations at Different Phases and Trapping of Males by Disparlure Baited Milk Carton Trap

Lee, Jang-Hoon and Hai-Poong Lee

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

ABSTRACT: Field collections were made from six gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) populations in Kyonggy and Cheju areas during the period 1987~1997. Characteristics of gypsy moth populations at different phases were examined in terms of egg mass density, relative larval density, plant damage, and fecundity. Males captured in pheromone trap were recorded, and we examined if there was a relationship between numbers captured and the population density during the following generation. Egg mass density was closely related with larval density, and furthermore these densities were correlated with the level of plant damage, indicating that larval dispersion was limited in oviposition areas. The gypsy moth population cycle was short in Korea with the period from population development to innocuous level usually lasting 2~3 years. Male caught by pheromone trap (mean number of males caught per trap per day in peak emergence period) was positively correlated with egg mass densities in the following season ($r^2=0.93$). A low fecundity was detected from outbreak populations which accompanied defoliation. Fecundity of gypsy moth ranged from 538 to 601 at other phases.

Key words: Disparlure, Gypsy moth, *Lymantria dispar*, Population phase, Trap catch