

솔껍질깍지벌레 수컷 성충의 비행습성 및 합성페로몬에 대한 반응

Flight of *Matsucoccus thunbergianae* Males and Their Response to the Synthetic Sex Pheromone (Homoptera: Coccoidea: Margarodidae)

박승찬¹ · 위안진² · K. Mori³

Seung Chan Park¹, An Jin Wi² and Kenji Mori³

ABSTRACT Flight behavior of *Matsucoccus thunbergianae* males and their response to the synthetic sex pheromone, (6R,10R)-matsuone, were studied in *Pinus thunbergiana* forests. More males were flying around the tree crown than near the ground. A dispenser loaded with 50 µg of the pheromone appeared to affect the density of male flights less than 10 meters. Sticky traps with 50 µg of the pheromone attracted flying males, but those with 1 µg were not effective. In a forest with high crown closure, more males were trapped at upper crown level than near the ground whereas males appeared to be more responsive to pheromone near the ground in a forest with low crown closure. Monitoring new scale infestations with pheromone traps was much more effective than egg sac surveys, the customary detecting procedures. Mating disruption was not achieved by placing 32 mg of pheromone in a space of 1×1×1 meter.

KEY WORDS *Matsucoccus thunbergianae*, sex pheromone, matsuone, (2E,4E,6R,10R)-4,6,10,12-tetramethyl-2,4-tridecadien-7-one, flight behavior, trapping, mating disruption.

초 록 솔껍질깍지벌레 수컷성충의 비행습성 및 합성페로몬에 대한 반응이 해송 피해림에서 조사되었다. 해송 임분내에서 수컷성충의 자연비행밀도는 수관부위가 지표면 근처보다 높았다. 페로몬 50 µg을 처리한 장소로부터 페로몬이 처리되지 않은 끈끈이 트랩을 거리별로 설치하여 수컷의 부착수를 조사한바 페로몬에 영향 받는 거리는 10 m 이하로 조사되었다. 합성페로몬 50 µg은 높은 유인효과가 있었으나 1 µg처리구는 유인효과가 인정되지 않았다. 수관 율폐도가 높은 지역에서의 지상 높이별 유인 개체수는 자연비행 밀도와 같이 수관상부가 지표면 근처보다 많았으나 율폐도가 낮은 지역에서는 오히려 지표면 근처에서 더 많은 개체가 유인되는 경향이였다. 본해충의 신규발생지 조사에 있어 알주머니 육안조사에 의한 관행 방법 및 페로몬트랩에 의한 방법을 비교한바 페로몬트랩에 의한 조사가 보다 효과적이었다. 1×1×1m의 공간에 합성페로몬 32 mg을 처리한 경우 교미교란 효과는 나타나지 않았다.

검색어 솔껍질깍지벌레, 성유인페로몬, 비행습성, 유인효과, 교미교란

솔껍질깍지벌레는 전라남도 일부 해안지역에서 발생, 해송림의 집단 고사 원인이 본 해충에 의한 것임이 밝혀진 1983년 이후 매년 약 5 km의 속도로 피해가 확대되고 있으며 최근에는 인근 경상남도 및 전라북도의 해송림에도 큰 위협이 되고 있다(박 1991). 깍지벌레류중 최초로 성유인물질의 존재가 밝혀진 것은 1966년 Doane이 미국의 솔껍질깍지벌레류(*Matsucoccus resinosae* Bean and Godwin)

암컷은 수컷을 유인하는 물질을 발산함을 증명한 것이였다. 그 후 깍지벌레류 페로몬 연구는 주로 미국에서 감귤을 가해하는 해충류를 대상으로 수행 되어 왔다. Warthen 등(1970)은 California red scale [*Aonidiella auratii* (Maskell)]의 성유인페로몬을 분리하였으며 Roelofs 등(1978)은 이의 화학구조를 동정하였다. 이어서 그의 몇종의 깍지벌레류에 있어 페로몬의 화학구조가 밝혀졌으며 이들의 이용 연구

¹전남대학교 농과대학 임학과(Dept of Forestry, Chonnam National University)
²전라남도 산림환경연구소(Chonnam Province Forest Environmental Research Station)
³동경대학교 농화학부(Dept of Agricultural Chemistry, University of Tokyo, Japan)

가 진전되고 있으나 그 연구실적은 다른 주요 해충류에 비하여 미약한 형편이다.

솔껍질깍지벌레류의 경우 페로몬의 분리는 Park 등(1986)에 의하여 최초로 수행되었다. 일반적으로 페로몬은 종특이성이 강하여 다른 종들 간에는 유인효과가 없는 반면 우리나라와 미국의 솔껍질깍지벌레류는 상호 유인효과도 있음이 같은 연구에서 밝혀진바 있다. 이어서 Lanier 등(1989)은 한국, 중국, 미국에서 각각 피해를 주는 *Matsucoccus thunbergiana*, *M. matsumurae*, *M. resinosa* 등 3종의 페로몬은 같은 분자구조를 가짐을 밝히고 [화학명: (2E, 4E)-4,6,10,12-tetramethyl-2,4-tridecadien-7-one] 이의 trivial name을 matsuone으로 명명하였다. 그때 당시 matsuone은 합성되지 않았으나 유사한 구조를 가진 3개의 인공합성물질의 유인효과가 증명되었다. 그리고 Hibbard 등(1991)은 matsuone이 Lanier 등(1989)에서 공시되었던 유사합성 물질보다 월등히 유인효과가 높음을 밝혔다. 그러나 matsuone에는 4가지의 이성질체(enantiomer)가 존재하는바 이들 각각에 대한 합성 및 생물검정은 이루어지지 않았다. Cywin 등(1991)은 천연페로몬과 (6R,10R)-matsuone 및 이의 diastereomer인 (6S,10S)-matsuone의 NMR spectrum을 비교한 결과 천연물은 (6R,10R)- 또는 (6S,10S)-matsuone 중의 하나임을 확인하였다. 그 결과에 의하여 Mori와 Harashima (1993)는 본 2종류의 물질을 합성하였으며 이들 합성물중 (6R,10R)-matsuone이 천연물질이 Park 등(1994)의 생물검정 결과 최종적으로 결정되었다. Park 등(1994)은 그외에 (6R,10R)-matsuone의 입내와 입외 공터에서의 페로몬 농도별, 지상높이별, 트랩형태별, 페로몬 방출용기(dispenser)별 수컷 유인효과 및 유효기간(日數), 본 페로몬에 반응하여 끈끈이 트랩에 유인되는 수컷성충의 비행습성, 그리고 monitoring에의 이용으로서 본해충 선단지 조사에의 활용 가능성 등에 대해서도 조사 보고하였다.

페로몬을 이용한 직접적 해충방제 방법으로서 교미교란(mating disruption)에의 이용은 깍지벌레류의 경우 Sternlicht 등(1983) 및 Bar-Zakay 등(1989)에 의하여 California red scale을 대상으로 검토된바 있다.

본 연구는 Park 등(1994)에서 본 해충의 페로몬에 대한 반응과 관련하여 제시되었던 몇가지 문제점을

보다 효율적으로 규명하기 위해 수행되었으며 또한 선단지 조사 이용에의 확대 적용시험, 그리고 교미교란과 관련된 예비시험도 수행되었다.

재료 및 방법

시험재료 및 시험장소 개황

합성페로몬은 (6R,10R)-matsuone[화학명: (2E,4E, 6R,10R)-4,6,10,12-tetramethyl-2,4-tridecadien-7-one]으로서 합성과정은 Mori와 Harashima(1993)에 보고되어 있다. 페로몬 방출용기로는 직경 9.5 mm, 두께 3 mm인 회색의 고무격막(rubber GC septum: Supelco Inc., Bellefonte, Pennsylvania, U.S.A.)을 사용하였으며 hexane에 희석된 페로몬을 처리한 후 태양광선에 의한 분해를 방지하기 위하여 외벽은 백색, 내벽은 흑색인 1.5×1.5×1.5 cm의 종이뚜껑속에 핀으로 고정시켰다. 끈끈이트랩은 비닐코팅한 흰색의 평면종이(12×12 cm)에 Tanglefoot(The Tanglefoot Company, Grand Rapids, Michigan, U.S.A.)를 칠하여 사용하였다.

솔껍질깍지벌레 수컷의 비행습성 및 처리별 유인효과 시험은 수관 울폐도가 다른 2개의 입내에서 수행되었다. 전라남도 나주군 다도면 풍산리의 입내는 Park 등(1994)에서도 시험지로 선정되었던 장소로서 수령 15~30년생의 해송 단순림으로 상층목의 평균 수고가 7 m, 수관폭이 3 m 정도이며 울폐도가 약 40%였으며 전라남도 나주군 남평면 풍림리의 입내는 수령 30~40년생의 해송 단순림으로 상층목의 평균 수고가 11 m, 수관폭이 5 m 정도이며 울폐도가 약 80%이었다. 본 해충의 발생선단지 조사를 위한 페로몬 트랩 이용시험은 전북 고창군, 전남 영광군 및 진도군의 3개 지역으로서 각 지역에 있어 1993년도에 분포가 확인되었던 선단지로부터 외곽 방향으로 2 km, 4 km, 6 km의 거리에서 수행되었다.

수컷의 자연비행 밀도조사

수관 울폐도가 낮은 시험지 및 높은 시험지에 각각 대나무 막대 30개 및 10개를 15 m 간격으로 수직으로 배열하였다. 각 대나무 막대에는 지상 0.5 m, 지상 1 m, 수관하부로부터 0.5 m 아래, 수관상부(초두부로부터 0.5 m 외곽지점)등 4개 높이에 페로몬이 처리되지 않은 끈끈이트랩을 수직으로 설치하여 지

상 높이별 수컷의 자연비행 밀도를 조사하였다. 트랩은 1994년 3월 31일에 설치, 트랩별 수컷 부착수는 4월 4일에 조사하였다.

페로몬 발산체로부터의 거리별 수컷 유인수

페로몬이 수컷의 유인에 영향을 미치는 공간(active space)을 조사하기 위하여 수관 울폐도가 낮은 시험지에서 페로몬 50 µg을 고무격막에 처리, 지상 0.5 m 높이에 설치하였으며 이를 중심으로 하여 방사상 3방향으로 각 방향마다 1, 3, 5, 10, 15 m의 거리에 페로몬이 처리되지 않은 끈끈이 트랩을 같은 지상 높이에 설치하였다. 시험규모는 5반복으로서 반복간의 거리는 10 m 이상이었으며 트랩은 1994년 4월 6일에 설치, 트랩에 부착된 수컷 개체수는 4월 9일에 조사하였다.

페로몬 농도별, 지상 높이별 유인효과 조사

트랩당 페로몬의 농도는 무처리, 1 µg, 10 µg, 50 µg의 4처리로서 지상 0.5 m 및 수관상부등 2개 높이에서 페로몬 농도별, 지상 높이별 수컷 유인 개체수를 조사하였다. 본 시험은 수관울폐도가 낮은 지역 및 높은 지역에서 지역별로 5반복으로 수행되었으며 반복간의 거리는 10 m 이상이었다. 각 반복구에는 대나무막대를 10 m 간격으로 4개씩 세우고 각 막대에는 같은 농도의 페로몬트랩을 양 높이에 설치하였다. 끈끈이 트랩의 중앙에는 한 번이 2 cm인 ㄷ자의 구멍을 뚫고 꺾은 면에 방출용기를 부착시켰으며 트랩은 1994년 4월 10~11일에 설치, 트랩당 유인개체수는 4월 18일에 조사 하였다.

발생 선단지 조사를 위한 페로몬 트랩 이용시험

전북 고창군, 전남 영광군, 진도군 등 3지역에서 1993년 발생 선단지 조사결과 솔껍질까지벌레 분포가 확인된 선단지로부터 2개 방향을 임의로 설정, 방향별로 약 2 km, 4 km, 6 km의 외곽 지역에서 실시하였다. 각 시험 대상지(3지역×2방향×3거리)에는 50 µg의 합성페로몬이 처리된 고무격막을 고정시킨 끈끈이 트랩 5개씩을 각 10 m의 거리로 설치하여 해송 치수(稚樹) 지상 약 1 m 높이에 설치하였다. 트랩 설치일은 1994년 4월 8~9일이었으며 솔껍질까지벌레 산란이 거의 완료되는 시기인 4월 22일에 트랩별 유인 개체수 및 각 시험구 인근 임지에서의

솔껍질까지벌레 알주머니 발견유무를 비교 조사하였다.

교미교란 예비시험

1×1×1 m 정육면체 공간내 8개의 각 모서리에 페로몬 4 mg을 처리한 고무격막을 1개씩 설치하고 정육면체 공간 1개당 암컷 2령약충 및 수컷고치를 넣은 직경 30 cm, 길이 50 cm의 땅대 4개씩을 넣어 페로몬에 의한 교미교란 효과를 조사하였다. 1개의 정육면체는 두께 0.05 mm의 투명한 비닐필름으로 밀봉하고 다른 1개의 정육면체는 밀봉하지 않은 채로 야외에 설치하였으며 대조구도 같은 방법으로 제작, 배열하였다. 처리구와 대조구의 거리는 약 100 m이었다. 비닐필름으로 밀봉한 처리구는 태양열에 의한 온도 상승을 막기 위하여 검은 비닐망으로 비음을 설치하였다. 공시충은 대부분의 성충 우화가 시작되기 전인 1994년 4월 2일 채집한 것을 사용하였으며 설치는 4월 3일, 효과조사 시기는 성충활동 및 산란이 완료된 4월 20일이었다.

자료분석

시험치는 $\log(x+1)$ 로 변환, 분산분석 및 처리간의 유의성을 검정하였다. 수컷의 자연비행 밀도는 난괴법, 페로몬 발산체로부터의 거리별 수컷 유인수는 페로몬 발산체로부터의 거리별로 3방향의 평균치를 구한 다음 난괴법에 의하였다. 페로몬의 농도별, 높이별 유인 개체수는 분할구 배치법에 의하여 분산분석하였으며 각 실험에서 F치가 유의성이 있는 경우 Duncan의 다중검정 또는 대응이 있는 경우의 t검정에 의하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

자연비행 밀도

합성페로몬이 처리되지 않은 조건에서의 솔껍질까지벌레 자연비행 밀도는 해송림 근처의 공터에 있어 유의성은 인정되지 않았으나 지상 0.5 m > 1.5 m > 2.5 m의 경향이 있으며, 수관 울폐도가 낮은 임내에서는 이들 높이에 따른 차이가 없었음이 조사된바 있다(Park 등 1994). 본 시험에서는 수관울폐도가 낮은 지역 및 높은 지역에서의 4개 높이별 자연비행 밀도를 조사한바 낮은 지역의 경우 지상

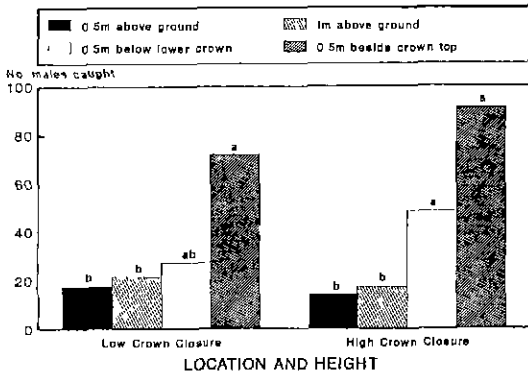


Fig. 1. Natural flight density of *M. thunbergianae* at various heights studied by blank trap catches of the males in two different locations. Significance tests were performed on $\log(x+1)$ -transformed data. In each location, bars topped by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$, Duncan's multiple range test). *In a forest with low crown closure: $F=13.0$; $df=3,87$; $p < 0.01$. In a forest with high crown closure: $F=36.4$; $df=3,27$; $p < 0.01$.

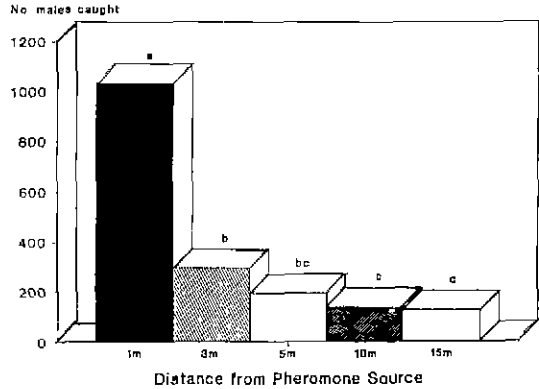


Fig. 2. Number of males caught on traps placed at various distances from the pheromone dispenser, a rubber septum loaded with $50 \mu\text{g}$ (6R,10R)-matsuone. Significance tests were performed on $\log(x+1)$ -transformed data. Bars topped by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$, Duncan's multiple range test). $F=36.0$; $df=4,16$; $p < 0.01$.

근처 보다는 수관상부 근처(지상 약 7 m 높이)에서 많은 수컷이 비행하고 있었다. 수관윽폐도가 높은 지역의 경우 지상근처보다 수관상부, 수관하부 근처에서 많은 수컷이 비행하고 있었다(그림 1).

페로몬 발산체로부터의 거리별 수컷 유인수

Park(1988)과 Park 등(1994)은 솔껍질작벌레 수컷이 정확히 페로몬 발산체를 찾아가는 것이 아니라 페로몬 농도가 높은 장소를 비행하다가 내려앉을 물체가 있으면 착륙을 한 후에 페로몬 발산체를 걸어서 추적하는 것으로 추론하였다. 곤충의 유인효과 측정에 있어 1개 반복구내에 처리간의 거리가 크면 각 처리 장소간의 고유의 곤충 밀도에 큰 차이가 날 수 있으므로 시험의 정확도가 낮아진다. 또한 처리간의 거리가 너무 가까운 경우 대조구 또는 유인효과가 낮은 처리구는 유인효과가 큰 처리구에 영향받아 유인개체수가 적어지거나(poaching) 반대로 우연히 트랩에 부착되어 유인개체수가 많아지는 경우(haphazard trapping)가 있어 시험의 효율성이 낮아지게 된다. 본 시험에서는 합성페로몬이 발산지점으로부터 어느 정도의 거리까지 수컷의 비행 밀도에 영향을 미치는가를 조사한바 10 m 이상은 영향을 받지 않는 것으로 밝혀져(그림 2) 각 처리간의 거리는

10 m가 적당한 것으로 사료된다.

페로몬 농도별, 지상높이별 유인효과

수관윽폐도가 높은 지역과 낮은 지역에서 페로몬 농도별, 지상높이별로 수컷유인수를 조사한바 양 시험구 모두 페로몬 농도와 지상높이에 의한 상호작용이 인정되지 않았으며 수관윽폐도가 낮은 지역에서는 높이별 차이가 인정되지 않았다(표 1, 2).

그러므로 각 시험구에 있어 양 높이의 동일한 페로몬 농도, 그리고 모든 페로몬 농도에 있어 동일한 높이는 각각 같은 처리로 하여 유의성을 검정한 결과는 그림 3, 4와 같다.

양 시험구 모두 $50 \mu\text{g}$ 처리구는 유인효과가 있었으며 수관윽폐도가 높은 시험구에서는 $10 \mu\text{g}$ 처리구의 유인효과도 인정되었다. $1 \mu\text{g}$ 처리구는 양 시험구에서 유인효과가 인정되지 않았다. 지상높이별 유인효과를 보면 수관윽폐도가 높은 지역에서는 수관상부의 트랩에 보다 많은 수컷이 유인되었다. 이는 그림 1의 수컷 자연 비행밀도에 있어 수관상부가 지상 0.5 m보다 높았다는 것과 같은 경향을 나타낸다. 그러나 수관윽폐도가 낮은 지역은 그림 1의 자연 비행밀도에 있어 수관상부가 지상 0.5 m보다 높았음에도 불구하고 지상부위에서 보다 많은 수컷이 유인된 경향이였다. Park 등(1994)의 시험결과에 있

Table 1. ANOVA of male trap catch data from an area with low crown closure*

SV	DF	SS	MS	F
Total	39	17.208		
Block	4	0.705	0.176	
A	3	8.917	2.972	15.529**
Error A	12	2.297	0.191	
B	1	0.582	0.582	2.744 ^{ns}
AB	3	1.315	0.438	2.069 ^{ns}
Error B	16	3.392	0.212	

*Analysis was performed on log(x+1)-transformed data
A and B refer to dosages and heights, respectively.

Table 2. ANOVA of male trap catch data from an area with high crown closure*

SV	DF	SS	MS	F
Total	39	15.134		
Block	4	0.702		
A	3	6.461	2.154	37.243**
Error A	12	0.694	0.058	
B	1	4.733	4.733	38.326**
AB	3	0.568	0.189	1.533 ^{ns}
Error B	16	1.976	0.124	

*See footnote of Table 1.

어서도 수관윽폐도가 낮은 임내, 그리고 임의의 공터에 있어 양 시험구 모두 지상 0.5 m, 1.5 m, 2.5 m의 자연 비행밀도는 차이가 없었던 반면 페로몬 처리구에서는 지상 0.5 m의 트랩이 그 이상의 지상 높이에 설치한 트랩보다 많은 개체를 유인하였다. 이들 결과에서 보면 지표면에서 가까운 곳에 비행하는 수컷은 페로몬에 보다 민감하게 작용하는 것으로 보이며 Park 등(1994)에서 유추된 바와 같이 공터 및 수관윽폐도가 낮은 지역에 있어 지표면으로부터 멀리 떨어진 부위에서 비행하는 개체들은 아직 페로몬에 민감하게 반응하지 않은 상태의 예비비행(preliminary flight)을 하고 있는 것으로 추측될 수 있으며 이러한 현상은 지역개체군(deme)의 근친교배를 억제하는 기작이 될 가능성도 있을 것으로 보인다. 또한 수컷이 우화후 어떠한 일련의 행동과정을 거쳐 암컷에 접근하게 되는가(예를 들자면 몇 퍼센트의 수컷이 우화후 비행을 하는가 또는 비행이 없이 직접 걸어서, 즉 같은 해송 단목에서 우화한 암컷에 접근하는가) 이러한 예비비행과 관련시

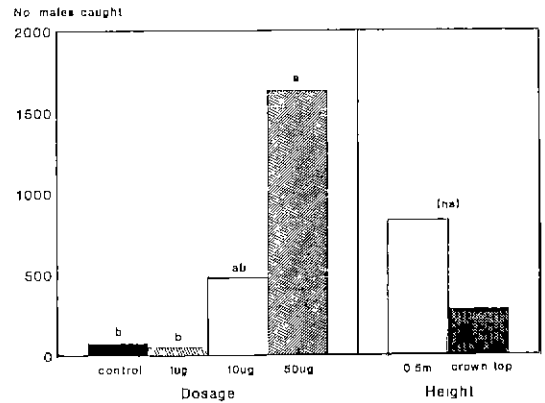


Fig. 3. Number of males caught on traps set in a forest with low crown closure, with various amounts of (6R,10R)-matsuone and heights. Significance tests were performed on log(x+1)-transformed data. Bars topped by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$, Duncan's multiple range test for comparisons between dosages and paired t-test for a comparison between heights). See Table 1

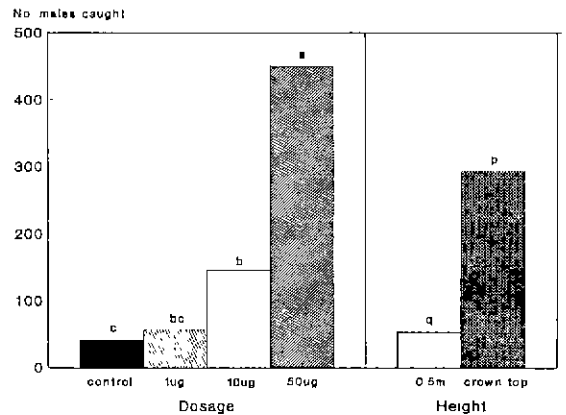
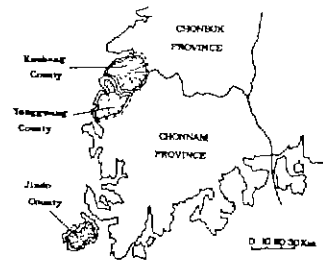


Fig. 4. Number of males caught on traps set in a forest with high crown closure, with various amounts of (6R, 10R)-matsuone and heights. See Table 2 and Fig 3.

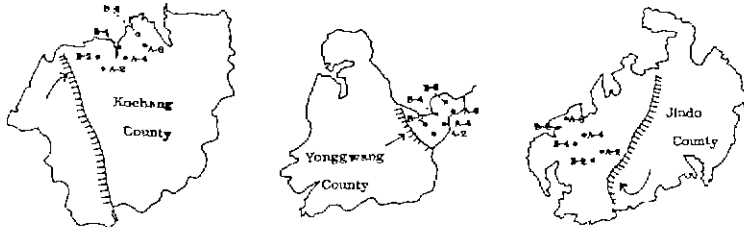
켜 고려해 보는 것도 앞으로 교미교란 등 페로몬을 이용한 직접적 방제법에 적용하기 위하여 필요한 연구분야가 될 것으로 사료된다

발생 선단지 조사를 위한 페로몬트랩 이용시험

각지벌레류에 있어서 monitoring에의 이용은 Shaw 등(1971)에 의하여 거론된 이후 현재까지 Tremblay와 Rotundo(1975), Moreno 등(1985)을 비롯한 많은 연구가들에 의하여 다양한 종을 대상으로 연



Southwestern part of Korean peninsula showing three counties where surveys were conducted (Lower figures are these counties with a larger scale)



A-2. Shimwon-Myon	Yonhwa-Ri	Daema-Myon	Songjuk-Ri	Jisan-Myon	Shimdong-Ri
A-4	Wolsan-Ri		Wolsan-Ri		Gachi-Ri
A-6	Yonggi-Ri		Sungsan-Ri		Gachi-Ri
B-2.	Duo-Ri		Hapyung-Ri		Shimdong-Ri
B-4	Wolsan-Ri		Wolsan-Ri		Gahak-Ri
B-6.	Hajon-Ri		Bokpyung-Ri		Gachi-Ri

Fig. 5. Survey results of the expansion of *M. thunbergianae* infestation. At each county, surveys were conducted with two routes, A and B. Numbers following A or B are approximate distances (km) from known distribution. Arrows denote the direction of the spread of infestation. See Table 3

*In conventional surveys, egg sacs were found from A-2 plot in Jindo County only.

**Males were caught on pheromone traps from plots with black circles No males were caught from a plot with a white circle.

구가 계속되고 있는데 전반적으로 다른 조사방법에 비하여 경제성이 앞서는 것으로 평가되고 있다. 관행 숲껍질짜지벌레 발생선단지 분포조사는 산란 완료 시기(4월 20일경)에 각 조사지역에서 30분 이상의 공시목을 선정, 수피틈에 산란된 알주머니를 조사하는 방법에 의하고 있는데 각 조사구별로 이러한 조사방법과 페로몬 트랩을 이용한 조사방법을 비교한 결과는 그림 5 및 표 3과 같다.

관행 선단지 조사방법으로 조사한 바 진도군 A방향 선단지외곽 2km의 경우를 제외하고는 알주머니를 발견하지 못하였으나 페로몬트랩에 의한 조사의 경우 고창군 B방향 6km 지점을 제외하고 모두 수컷 성충이 유인되어 Park 등(1994)의 결과와 함께 앞으로의 발생선단지 조사는 페로몬트랩이 보다 효과적인 방법으로 판단된다.

교미교란 예비시험

Table 3. Number of males caught on pheromone traps* placed at approximately 2, 4 and 6km out of known *M. thunbergianae* distribution**

Locality	Survey route A			Survey route B		
	2km	4km	6km	2km	4km	6km
Kochang County	4	12	12	122	6	0
Younggwang County	30	14	4	24	4	60
Jindo County	910***	162	24	400	548	420

*Catches on five traps at each survey plot.**See Fig.5.

***In conventional surveys, egg sacs were found from this plot only.

페로몬 처리구와 대조구에서의 암수 교미율은 비닐장 밀봉 여부에 관계없이 차이가 나지 않았다(표 4). 페로몬에 의한 교미교란 효과가 전혀 없었던 이유는 첫째 직경 30cm, 길이 50cm의 좁은 공간에서 페로몬의 도움 없이도 수컷이 임의로 기어다

Table 4. Percentage of females mated* in artificial environments with or without the synthetic pheromone (mean±SD)**

Within plastic cage		In open space	
Treatment***	Control	Treatment	Control
41.4±12.4	36.7±13.6	29.7±11.8	34.8±9.0

*Percentage of females mated was calculated from: number of egg sacs ÷ number of exuviae of second instar female nymphs × 100.

**Four replications. Each replication involved male cocoons and pine branches infested by fully grown second instar female nymphs in a net cage (30 cm diameter, 50 cm long).

***Eight rubber septa, each treated with 4 mg (6R,10R)-matsuone, were placed at corners of an 1×1×1m space.

니다가 암컷에 접근하였을 가능성이 많을 것이라는 점, 둘째 페로몬 방출용기가 적합하지 않았거나 페로몬의 농도가 낮았을 가능성도 있으며, 따라서 실제로 피해립에서 교미교란을 이용한 방제로의 접근은 페로몬의 방출용기 종류 및 적정농도, 그리고 수컷의 제반 행동 등에 대한 보다 구체적인 연구를 토대로 이루어져야 할 것이다.

인용문헌

- Bar-Zakay, I., B. A. Peleg & A. Hefetz. 1989. Mating disruption of the California red scale, *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae). *Hassadeh* **70**: 12-28-1231.
- Cywin, C. L., F. X. Webster & J. Kallmerten. 1991. Synthesis of (-)-(6R,10R)-matsuone. Assignment of relative stereochemistry to a pheromone of *Matsucoccus* pine bast scales. *J. Org. Chem.* **56**: 2953-2955.
- Doane, C. C. 1966. Evidence for a sex attractant in females of the red pine scale. *J. Econ. Entomol.* **59**: 1539-1540.
- Hibbard, B. E., G. N. Lanier, S. C. Park, Y. T. Qi, F. X. Webster & R. M. Silverstein. 1991. Laboratory and field tests with the synthetic sex pheromone of three *Matsucoccus* pine bast scales. *J. Chem. Ecol.* **17**: 89-102.
- Lanier, G. N., Y. Qi, J. R. West, S. C. Park, F. X. Webster & R. M. Silverstein. 1989. Identification of the sex pheromone of three *Matsucoccus* pine bast scales. *J. Chem. Ecol.* **15**: 1645-1659.
- Moreno, D. S., C. E. Kennett, H. S. Forster, R. W. Hoffman & D. L. Flaherty. 1985. Predicting California red scale infestations by trapping males. *Calif. Agr.* **36**: 10-12.
- Mori, K. & S. Harashima. 1993. Synthesis of (2E,4E,6R,10R)-4,6,10,12-tetradecadien-7-one (matsuone) -the primary component of the sex pheromone of three *Matsucoccus* pine bast scales- and its antipode. *Liebigs Ann. Chem.* 993-1001.
- Park, S. C., J. R. West, L. P. Abrahamson, G. N. Lanier & R. M. Silverstein. 1986. Cross-attraction between two species of *Matsucoccus*: Extraction, bioassay, and isolation of the sex pheromone. *J. Chem. Ecol.* **12**: 609-617.
- Park, S. C. 1988. Biology and pheromone-mediated behavior of *Matsucoccus thunbergianae* in Korea with reference to *M. resinosa* in the United States (Homoptera: Coccoidea: Margarodidae). Ph. D. dissertation, State University of New York, Syracuse, New York, U.S.A.
- 박승찬. 1991. 솔껍질각지벌레류의 지리적분포, 생태, 피해 및 방제연구 (총설). *한국임학회지* **80**: 326-349.
- Park, S. C., A. J. Wi & H. S. Kim. 1994. Response of *Matsucoccus thunbergianae* males to synthetic sex pheromone and its utilization for monitoring the spread of infestation. *J. Chem. Ecol.* (in press).
- Roelofs, W., M. Giesemann, A. Carde, H. Tashiro, D. S. Moreno, C. A. Henrick & R. J. Anderson. 1978. Identification of the California red scale sex pheromone. *J. Chem. Ecol.* **4**: 211-224.
- Shaw, J. G., D. S. Moreno, H. L. Heard & R. M. Howie. 1971. Scale detection system for coachella *Citrograph* **57**: 67-69.
- Sternlicht, M., W. L. Roelofs, E. Dunkelblum & M. J. Giesemann. 1983. Management of scale pests through utilization of their pheromone. Bet Dagan, Israel, Bard. 20 pp.
- Tramblay, E. & G. Rotundo. 1975. The pheromones of the Coccoidea and their possible use in integrated control. 8th Int. *Plant Prot. Congr. Sec. 5*: 195-200.
- Warthen, J. D., Jr., M. Rudrum, D. S. Moreno & M. Jacobson. 1970. *Aonidiella aurantii* sex pheromone isolation. *J. Insect Physiol.* **16**: 2207-2209.

(1994년 8월 5일 접수)