

## 합성페로몬에 대한 솔껍질깍지벌레 수컷의 反應에 관여하는 生物的, 氣象的 要因<sup>1\*</sup>

魏安珍<sup>2</sup> · 朴承瓚<sup>3\*</sup>

## Biological and Meteorological Factors Affecting the Responsiveness of *Matsucoccus thunbergianae* Males to Synthetic Pheromone<sup>1\*</sup>

An-Jin Wi<sup>2</sup> and Seung-Chan Park<sup>3\*</sup>

### 요 약

솔껍질깍지벌레 수컷의 고치탈출후의 행동습성, 그리고 합성페로몬에 대한 수컷의 반응에 관여하는 기상적 요인에 관한 시험결과는 다음과 같다. 해송치수에 고치탈출 직후의 수컷과 갓 탈피한 암컷성충을 올려 놓았을 때 수컷은 기어다니며 암컷을 찾아 1회내지 수회 교미후 이륙하였다. 암컷이 없는 경우 수컷은 5분 이내에 모두 이륙하였으나, 근처에 암컷이 있는데 인위적으로 교미를 못하게 한 경우는 2시간이 넘도록 수컷이 이륙하지 않았다. Wind tunnel에서의 시험에 있어 합성페로몬의 존재는 수컷의 이륙을 억제하는 효과를 나타냈다. 비행중의 수컷은 그늘보다는 양지에서 더 많은 개체가 자유비행을 하지만 광량은 페로몬에의 감응정도에는 영향을 미치지 않았고 풍속이 페로몬의 감응에 영향을 미치는 주요인이었다. 대부분의 수컷은 다양한 자세로 페로몬 발산체와 가까운 물체에 부딪친후 바로 일어나 페로몬 발산체로 걸어서 접근하였다.

### ABSTRACT

Behavior of *Matsucoccus thunbergianae* Miller and Park males immediately after emergence from their cocooning site, and meteorological factors affecting the responsiveness of the flying males to synthetic pheromone were studied. On *Pinus thunbergii* saplings, newly emerged males walked around to locate females. The males launched themselves into flight after up to three times of copulation. Without the presence of females, the males took off within five minutes whereas when the females were placed nearby but copulation was artificially prohibited the males did not take off. In a wind tunnel, the presence of female pheromone discouraged male take off. More males were flying in sunny area than in shade, but light intensity had no effect on the responsiveness of males toward the pheromone source. Wind speed was the main meteorological factor that affected the male responsiveness. Most males, after hitting the substrate near pheromone source with various posture, stood on their feet and approached the source.

*Key words* : *Matsucoccus thunbergianae*, *Pinus thunbergii*, pheromone, matsuone, male flight, trap, mating behavior

<sup>1</sup> 接受 2000年 12月 15日 Received on December 15, 2000.

審査完了 2001年 1月 5日 Accepted on January 5, 2001.

<sup>2</sup> 전라남도 산림환경연구소 Chonnam Province Forest Environmental Research Station, Naju, Chollanam-do 520-833, Korea.

<sup>3</sup> 전남대학교 농과대학 임학과 Dept of Forestry, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea.

\* 이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

\* 연락처자 E-mail : seung307@hotmail.com

## 서 언

솔껍질각지벌레는 1980년대 초부터 우리나라 남부 해송림에 극심한 피해를 주며 매년 5km의 속도로 피해가 확대되고 있는 주요 산림해충이다(박승찬, 1991). 본 해충류의 암컷에서 발산되어 수컷을 유인하는 성유인페로몬에 관한 최초의 연구는 미국의 솔껍질각지벌레류(*Matsucoccus resinosa*)를 대상으로 수행되었으며(Doane, 1966) 그후 Park 등(1986), Lanier 등(1989), Hibbard 등(1991), Park 등(1994), 박승찬 등(1994), 박승찬 등(2000)에 의하여 연구가 진행되어 오고 있다.

그간의 솔껍질각지벌레 페로몬 연구과정에서 제시되었던 연구방향은 수컷이 고치 탈출후 이륙할 때 까지의 행동습성, 이륙여부를 결정하는 요인, 비행중에 페로몬의 감응정도에 영향을 미치는 제반 기상적 요인, 착륙후 암컷을 수정시키는 과정, 그리고 방제에의 이용 가능성 등이었다. 본 연구는 이러한 제반 의문점을 시험관찰을 통하여 입증하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험시험

#### 1) 시험재료

우화후 고치로부터 새로 탈출(emergence)한 수컷과 교미경험이 없는 암컷, 그리고 합성페로몬을 사용하였으며 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.

## 2) 시험방법

### (1) 교미경험이 수컷의 이륙에 미치는 영향

해송치수를 식재한 가로×세로×높이가 21×21×21cm인 포트 3개를 준비 하였다. 포트 1개의 해송에는 갓 탈피한 암컷 성충 1마리와 고치탈출 직후의 수컷 성충 1마리를 놓고 교미가 가능하도록 인위적인 간섭없이 자유롭게 놓아두면서 수컷의 이륙 시간을 조사하였다. 다른 포트 1개의 해송에서는 암컷을 핀셋을 이용하여 해송치수 이곳저곳으로 옮기면서 인위적으로 교미를 못하게 방해하면서 수컷 이륙시간을 조사하였으며 나머지 포트에 식재된 해송에는 암컷을 준비하지 않고 수컷 1마리만을 놓아둔 다음 수컷 이륙시간을 조사하였다. 시험은 야외에서 솔껍질각지벌레 성충의 우화 및 생식활동 시기인 4월 5일, 4월 6일, 4월 7일, 오전 6시부터 11사이에 실시하였으며 이때 시험조건으로 실내 온도는  $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , 상대습도는  $60 \pm 10\%$ 였다.

### (2) 페로몬 유무가 수컷의 이륙에 미치는 영향

Wind tunnel은 길이 1m, 폭 28cm, 높이 15cm로서 fan방향의 끝에는 80mesh의 망사를 10cm 간격으로 2개 설치하여 wind tunnel내의 풍속이 균등하게 하도록 하였다. 망사근처에는 터널 밑면으로부터 5cm의 높이에 합성페로몬  $50\mu\text{g}$ 을 처리한 직경 9.5mm, 두께 3mm의 고무격막(rubber GC septum: Supelco Inc., Bellefonte, Pennsylvania, U.S.A.)을 놓거나 제거하여 페로몬의 유무가 수컷의 이륙에 미치는 영향을 조사하였다. Wind tunnel의 내부끝에는 탈출 직전의 수컷을  $25 \times 25\text{cm}$ 판자의 중앙에 올려놓고 판자 가장자리는 1cm폭으로 끈 끈이를 발라 기어서 판자밖으로 나가려는 수컷은

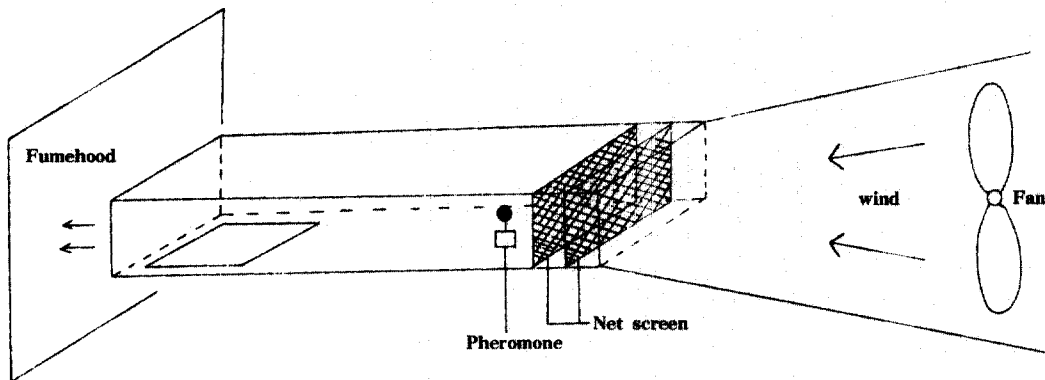


Figure 1. A wind tunnel for evaluating the effect of pheromone on take-off by males.

이에 부착되도록 하였다. Wind tunnel내의 풍속은 0.5~1m/sec으로 유지하였다. 시험은 4월 4일부터 8일까지 수행되었으며 실험실 내 온도는 20±5°C, 상대습도는 60±10%이었다(Figure 1).

**2. 야외시험**

**1) 시험재료 및 시험장소 개황**

합성 페로몬이 처리된 고무격막은 태양 광선에 분해되지 않도록 외벽은 백색, 내벽은 흑색을 칠하여 만든 1.5×1.5×1.5cm의 정육면체 종이 뚜껑 속에 넣고 빈으로 고정시켰다. 끈끈이 트랩은 비닐 코팅한 흰색의 평면 종이(12×12cm)에 Tanglefoot (The Tanglefoot Company, Grand Rapids, Michigan, U. S. A.)를 칠하여 사용하였다. 시험은 수관올폐도가 소한 전라남도 나주시 다도면 풍산리 솔껍질까치벌레 피해 해송림 및 근처의 공터, 그리고 공터에 인접한 수관올폐도가 밀한 리기다 임지등 3개소에서 수행되었다.

전라남도 나주시 다도면 풍산리 임지는 Park 등(1994), 박승찬 등(1994), 박승찬 등(2000)에서도 시험지로 선정되었던 장소로서 수령 18~33년생의 해송 단순림으로 상층목의 평균 수고가 9m, 수관폭이 3m 정도이며 올폐도가 약 40% 정도로 소하였으며 이곳에서 양지, 그늘 트랩별 수컷의 비행밀도 및 페로몬에 대한 반응 시험과 수컷 성충이 정확히 페로몬 부위에 착륙하는지, 아니면 부딪친후 자세를 바로 잡아 기어서 페로몬 부위로 다가가는지등 착륙행동과 관련된 비행생태를 조사하였다. 또한 해송, 리기다, 공터등 장소별 수컷성충의 비행 시험은 상기 수관올폐도가 소한 피해 해송림 근처의 공터와 공터에 인접해 있는 리기다 임지에서 수행하였는데 리기다 임지의 수령은 20~30년, 평균수고는 9m, 수관폭은 4m 정도이며 올폐도가 약 90% 정도였다.

**2) 양지, 그늘 트랩별 수컷의 비행 및 페로몬에 대한 반응**

본 시험은 솔껍질까치벌레 성충우화기인 4월 상순에 수관올폐도가 소한 해송피해임지의 인근 공터에서 햇볕을 잘 받을 수 있는 양지쪽과 두께 1cm, 가로×세로가 1.5×1.5m인 판자를 이용하여 인위적으로 만든 그늘쪽등 2개의 서로 다른 환경하에서 수컷이 페로몬에 반응하는 양상을 비교 조사하였다. 양지트랩은 그늘이 지지않고 항상 햇볕을 잘 받을 수 있도록 시각에 따라 트랩

위치를 조절하였으며 그늘 트랩은 양지 트랩과 달리 트랩이 항상 판자 그늘 정가운데 위치하도록 시각에 따라 지면에 대하여 60°로 비스듬히 기울어진 판자의 방향을 조절하였다. 수컷이 트랩에 가장 많이 붙는 시각인 오전 11시경의 광도는 양지가 약 95,000 lux, 그늘이 약 2,300 lux 이었다.

양지쪽과 그늘쪽의 무처리 트랩에서의 자연 비행밀도는  $\log(x+1)$ 로 변환 후 비교하였으며 유의성 검정은 paired t-test에 의하였고 무처리트랩에의 수컷부착수에 대한 페로몬 bait를 처리한 끈끈이 트랩에의 수컷부착수의 비는  $\sqrt{x+0.5}$ 로 변환하여 비교한 후 paired t-test로 유의성을 검정하였다. 시험규모는 8반복이었으며 트랩 및 반복간 거리는 5m이상을 유지하였고 bait트랩의 페로몬 농도는 50µg으로 지상 10cm부위에 설치하였다. 무처리트랩 및 bait트랩은 솔껍질까치벌레 수컷비행이 완료된 4월 2일과 4월 5일 오후 3~5시 사이에 설치 하였으며 트랩별 부착수 또한 4월 6일 및 4월 9일 오후 3~6시 사이에 조사하였다.

**3) 해송, 리기다, 공터에서의 수컷의 비행**

해송피해 임지 인근에 위치한 공터의 지상 8m 높이와 리기다소나무 및 해송의 수관중부로부터 20cm정도 떨어진 햇볕이 잘드는 방향의 지점에 수직으로 세운 대나무 막대위에 무처리트랩 및 bait트랩을 설치하여 수컷의 자연비행 밀도 및 페로몬 트랩에의 수컷 부착수를 조사하였다.

공터, 해송 및 리기다등 3부위의 무처리트랩에서의 자연비행밀도는  $\log(x+1)$ 변환 후 완전 임의 배치법에 의한 Duncan의 다중 검정으로 유의성을 검정하였으며 무처리 트랩에의 수컷 부착수에 대한 페로몬 bait를 처리한 끈끈이 트랩에의 수컷부착수의 비는  $\sqrt{x+0.5}$ 로 변환하여 비교한 후 paired t-test로 유의성을 검정하였다. 시험규모는 6반복이었으며 트랩 및 반복간 거리는 10m 이상이었고 bait트랩의 페로몬 농도는 50µg이었다. 무처리 트랩 및 bait트랩은 솔껍질까치벌레의 하루중 수컷비행이 완료된 오후 3~6시 사이에 설치하였으며 트랩별 부착수는 처리 3일후의 오후 3~6시 사이에 조사 하였다.

**4) 솔껍질까치벌레 수컷의 착륙행동**

끈끈이를 바르지 않은 트랩 중앙에 한번이

2cm인 ㄷ자의 구멍을 뚫고 꺾은면에 페로몬을 50 $\mu$ g농도로 처리한 고무격막을 부착하여 지면과 수평으로 놓고 솔껍질각지벌레 수컷이 암컷을 찾아 정확히 착륙하는지, 아니면 비행중에 페로몬 근처의 착륙이 가능한 물체에 부딪치게 되면 기어서 페로몬을 찾아가는 것인지를 규명하기 위하여 트랩에 상륙하는 최초 500마리의 수컷을 오전 9~11시 사이에 관찰하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 실내시험

#### 1) 교미경험이 수컷의 이륙에 미치는 영향

솔껍질각지벌레의 암컷은 노숙약충시 이미 성적으로 성숙되어 있고(neotony), 수컷은 성충으로 우화한지 0.5내지 2일 경과후 고치에서 탈출하는데 그 기간동안 근육이 강화되고 성적으로 성숙하여 탈출 직후부터 비행 및 교미가 가능하다(Park과 Abrahamson, 1991).

또한 본 해충은 암수성충 모두 입들이 퇴화되어 있어 성충기에는 식이활동이 없다(Park, 1988). 방금 탈피한 암컷성충 1마리와 고치로부터 바로 탈출한 수컷 1마리의 교미가 가능한 조건에서 수컷은 1~3회의 교미를 마치고 6분~20분 사이에 모든 수컷이 이륙하였으며 암컷 성충 없이 수컷 성충만 가지고 실시한 시험에서도 5분이내에 모든 수컷이 이륙하였다. 이때 교미시간은 횟수가 더해질수록 짧아지는 경향을 보였다. 반면 교미를 못하도록 암컷성충을 해송가지 이곳저곳으로 이동시켰을때는 2시간이 지나도 모든 수컷이 이륙하지 않았다(Table 1).

본 시험에서 암컷성충이 없는 경우 5분이내에 모든 수컷이 이륙한 것을 보면 암컷성충은 우화후 소나무 가지위를 기어다니며 페로몬의 궤적을 남겨놓아 수컷이 그 흔적을 따라다니며 암컷에 접근하는데(Park, 1988), 암컷의 페로몬 궤적이

없으면 이륙하여 근처 수목의 암컷을 찾는 것으로 판단된다. 반면 암컷이 있는 경우는 일단 1회 내지 수회의 교미후 이륙하여 일단 페로몬에 반응없이 자유비행을 한 후(preliminary flight period: Doane, 1966) 근처의 다른 수목에 있는 암컷을 수정시키는 것으로 추측된다. 이는 수컷들이 우선 같은 나무의 암컷 일부분을 수정시켜 개체군 번식에 필요한 최소한의 행동을 완료한 다음 다른 수목의 암컷을 수정시킴으로써 지역개체군의 근친교배를 억제하는 방법을 갖게 진화된 것으로 풀이된다.

#### 2) 합성페로몬 유무가 수컷의 이륙에 미치는 영향

페로몬을 처리하지 않았을 때 판자위를 기어다니다가 가장자리에 칠해진 끈끈이에 부착된 수컷이 50마리중 32마리였고 이륙한 수컷이 18마리였으며, 페로몬이 혼합된 공기를 불어넣었을 경우 50마리중 기어다니다 판자끝 가장자리의 끈끈이에 부착된 수는 47마리였고 이륙한 개체는 3마리로서 페로몬의 존재가 이륙을 억제하는 것으로 나타났다.

Miller와 Roelofs(1978)에 의한 wind tunnel에서의 일말이나방류 redbanded leaf roller수컷의 페로몬에 대한 반응에서와 같이 대부분의 나방류에 있어 페로몬의 감지는 날개의 운동(wing fanning) 및 이륙을 촉진시키지만 솔껍질각지벌레에 있어서는 오히려 공기중 페로몬의 존재가 수컷의 이륙을 억제시킨 반대의 현상이 나타났다. 각지벌레류는 나방류보다 충체가 현저히 작아 단일 개체의 기주식물위에 월등히 많은 개체수가 서식할 수 있으므로 솔껍질각지벌레 수컷은 고치탈출 후 같은 개체의 소나무에서 암컷을 발견할 수 있는 가능성이 높아 페로몬의 존재가 이륙을 촉진하기보다는 오히려 기어다니며 근처의 암컷을 찾아다니도록 유도하는 역할을 하는 것으로 판단된다.

Table 1. Number of males took off in various conditions.

Condition	A male and a female (copulated)	A male and a female (copulation prohibited)	A male and no female
Number of males took off among six test individuals	6	0	6
Last takeoff after the initiation of experiment	20 minutes	-	5 minutes

2. 야외시험

1) 양지, 그늘 트랩에서 수컷의 비행 및 페로몬에 대한 반응

박승찬 등(1994)은 수관윽폐도가 높은 장소와 낮은 장소에서 합성페로몬을 처리하지 않은 트랩을 이용하여 수컷의 자연 비행밀도를 조사한 결과, 수관윽폐도에 관계없이 지면에 가까운 부위보다는 수관근처에서 많은 수컷이 유인되었다. 반면 페로몬 트랩을 설치한 경우 수관윽폐도가 높은 장소에서는 자연 비행밀도와 같이 지면 부위보다 수관 근처에 보다 많은 수컷이 유인되었으나 수관윽폐도가 낮은 장소에서는 (햇볕을 수관윽폐도가 밀한 경우보다 더 많이 받을수 있는) 지면 부위에 더 많은 수컷이 유인되었던 것으로 보아 페로몬을 감지한 수컷은 양지바르고 지면에 가까운 부위에서 많이 비행하는 것으로 보인다고 하였다. 또한 박승찬 등(2000)은 지표면 근처, 수관근처, 지표면이나 수관에서 20cm이상 떨어진 공터에서의 미기상(광량, 자외선량, 온도, 풍속등)을 조사한 바 풍속을 제외한 다른 기상요인은 부위별로 차이가 없으므로 솔껍질깍지벌레 페로몬을 감지한 수컷은 풍속이 낮은 공간에서 많이 비행함으로 이러한 비행습성이 지면 또는 수관 부위에서 비행밀도가 높은 이유라 하였다.

이상과 같이 지표면이나 수관 부위에 많은 수컷이 비행하는 원인이 낮은 풍속의에도 햇볕이 잘 드는 밝은 곳에서 비행하는 것이 바로 암컷의 근처에 착륙하는 행동이 될 수 있을 것이라 추측되어 무처리트랩에서 양지쪽과 그늘쪽의 서로 다른 두 개의 다른 환경에서의 자연비행밀도를 비교한 결과 양지쪽과 그늘쪽에서 페로몬을 처리하지 않은 끈끈이 트랩에의 수컷부착수는 고도의 유의성을 나타냈다( $t=3.49 > t_{0.01, df=2.365}$ ). 이에서 보면 기온 및 풍속이 같은 경우 솔껍질깍지벌레 수컷은 그늘쪽 보다는 햇볕이 잘 드는 밝은 양지쪽에서 비행함을 선호하는 것으로 판단된다 (Table 2).

한편, 각 반복의 양지트랩 및 그늘트랩에서 무처리 트랩 수컷부착수에 대한 페로몬 트랩 수컷부착수의  $\sqrt{x+0.5}$  변환후 비율평균치는 각각 7.3, 7.0으로서 유의성은 나타나지 않았는데 이에서 보면 햇볕의 유무는 자연비행밀도와는 깊은 관계가 있으나 페로몬에 대한 반응정도에는 영향을 미치지 않았다. 본 데이터를 과거의 시험결과들과 종합하여 보면 수컷의 페로몬에 대한 반응정도는 주로 풍속에 영향을 받을수 있다.

2) 해송, 리기다, 공터에서 수컷의 비행

해송림 및 리기다소나무림의 수관중부 근처, 그리고 공터 지상 약 8m위치에 설치한 무처리트랩에 있어서 해송수관 근처의 트랩에 가장 많은 수컷이 부착되었고 리기다소나무 수관 근처와 공터의 트랩에는 수컷 부착수의 차이가 없었다. 한편 페로몬 트랩의 경우 해송 근처와 리기다소나무 근처의 트랩에 있어 유인 개체수의 차이가 없었다(Figure 2).

이에서 보면 합성페로몬을 설치하지 않은 상태에서의 수컷의 자연 비행밀도는 역시 암컷들이 많이 있는 해송수관 근처에서 높았으나 기주식물이 아닌 리기다소나무 근처에서는 공터에서의 자연비행 밀도보다 높지 않았음을 알 수 있다. 반면, 합성페로몬을 처리한 경우 리기다소나무 근처의 트랩에 많은 수컷이 유인되었는데 이러한 결과는 풍속이 낮은 공간에서 페로몬에 더욱 민감하게 반응함을 뒷받침한다고 볼 수 있다. 한편 수컷이 시각적 능력을 이용하여 착륙이 가능한 대상(substrate for landing)이 있는 공간에서 더욱 페로몬에 민감하게 작용할 수 있는 가능성도 생각해 볼 수 있으므로 이에 대한 연구도 필요할 것으로 보인다.

3) 솔껍질깍지벌레 수컷의 착륙행동

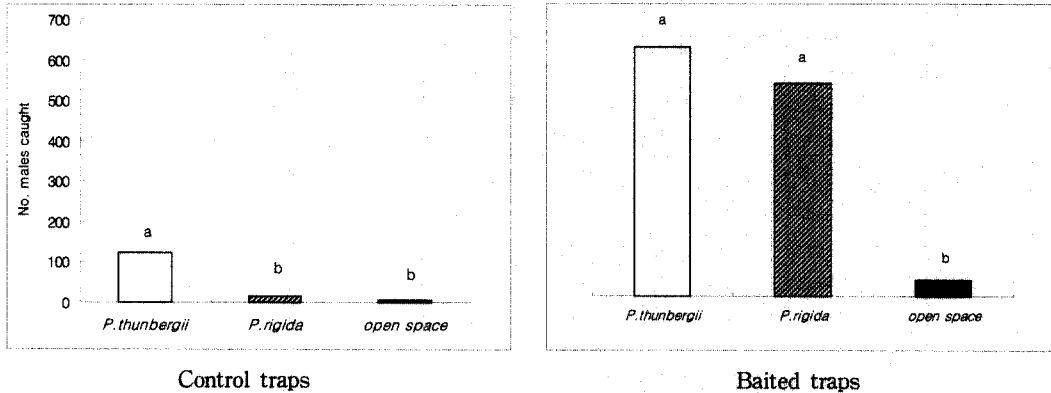
Miller와 Roelofs(1978)에 의한 wind tunnel에서의 redbanded leaf roller 수컷의 페로몬에

Table 2. Trap catches of *Matsucoccus thunbergianae* males on control and baited traps located in sunny and shaded spots\*.

Traps	Trap location	
	Sunny spot	Shaded spot
Control	10.75(1.05**)	2.63(0.34)
Baited	537.50	53.63

\* Mean numbers of males caught per trap, 8 replications.

\*\* Numbers in parentheses are mean numbers of male catches after  $\log(x+1)$  transformation.



**Figure 2.** Trap catches of *M. thunbergianae* males on control and baited traps located in different spaces. Six replications. Significance tests were performed on  $\log(\chi + 1)$ -transformed data. Within each treatment, bars topped by the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's multiple range test).

대한 반응에서와 같이 대부분의 나방류에 있어 페로몬의 감지는 날개의 운동(wing fanning) 및 이륙을 촉진시키고, 이륙한 수컷은 페로몬을 추적하여 페로몬 bait 근처에 착륙한다.

그러나 솔집질각지벌레의 경우 페로몬 bait로부터 반경 5cm 이내, 5~10cm, 10~20cm 거리의 끈끈이 트랩에 부착된 수컷은 페로몬 source를 추적하여 근처에 착륙하는 것이 아니고 페로몬의 농도가 높은 공간을 비행하며 착륙이 가능한 물체에 점점 다가 가다가 부딪치게 되면 그 상황이 착륙하는 행동이 되어 그후 암컷을 발견 교미를 하는 것으로 추정하였는데(Park 등, 1994) 본 시험에서는 500마리의 수컷중 469마리가 나방류의 착륙 행동과는 달리 정확히 페로몬 부위에 착륙하는 것이 아니라 페로몬 주위 공간을 비행하다 다양한 자세로 트랩에 부딪치게 된 후 일어나서 기어다니다가 페로몬을 발견, 교미행동을 취하는 것으로 조사되어 Park 등(1994)의 시험에서 추정하였던 가설을 뒷받침 한다고 볼 수 있다.

### 3. 방제에의 활용방법에 관한 고찰

해충의 페로몬을 방제에 활용하는 방법은 다음의 3가지로 크게 구분된다. 즉, 해당 해충의 개체군동태 조사(monitoring populations)에 이용하여 효율적인 방제 방법을 도출함으로써 해충종합관리(IPM)의 체계수립에 이용하는 간접적 방법, 그리고 해충의 대량유살(mass trapping) 및 교미교란(mating disruption)으로써 해충개체군의 밀도

를 감소시키는 직접적 방법등이 있다.

각지벌레류에 있어서 페로몬을 이용한 직접적 방제법은 Peleg 등(1982), Sternlicht 등(1983)에 의하여 수컷의 대량유살 가능성이 검토된 바 있고 Sternlicht(1986), Hefetz 등(1988)에 의하여 교미교란이 언급되었던 바 있다. 그러나 최근의 각지벌레류 페로몬을 이용한 방제 연구는 Jactel 등(1996), Grafton-Cardwell 등(2000)의 연구에서와 같이 개체군 동태조사에 국한된다. 현재까지의 연구결과 저자들은 솔집질각지벌레 페로몬의 이용가능성이 개체군동태 조사에만 국한될 것으로 검토하고 있다. 피해면에서 솔집질각지벌레 수컷은 대단히 밀도가 높아 다량을 유살한다 하여도 이는 비행중 수컷의 극히 일부에 지나지 않으며, 또한 유살되지 않은 수컷 개체 1마리당 여러마리의 암컷을 수정시킬 수 있으므로 mass trapping은 전혀 가능성이 없을 것이다. 또한 박 등(1994)에서도 시도된바 있는데 합성페로몬이 흩어지지 않도록 밀폐된 공간에서 다량의 페로몬을 투여, mating disruption 가능성을 검토해 보았으나 전혀 방제효과가 나타나지 않았다. 이는 본 시험에서 밝혀진 바와 같이 수컷은 고치 탈출직후 가지위를 기어다니며 우선 근처의 암컷을 수정시키기 때문에 근처에 고농도의 페로몬이 대기중에 존재하여도 암컷을 찾는데 방해요인이 될 수 없을 것이라 생각된다. 다만, 합성페로몬을 이용하여 새로이 확대된 피해선단지를 찾는 것은 해충에서 직접 해충의 개체를 조사하는 것보다 훨씬 용이하

로(Park 등, 1994) 피해선단지의 효율적인 조사 방법으로 이용하는 것은 피해확산 초기에 극심한 산림피해를 초래하는 본 해충의 방제에 이용가치가 있을 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

1. 박승찬. 1991. 솔껍질깍지벌레의 지리적 분포, 생태, 피해 및 방제연구 (총설). 한국임학회지 80 : 326-349.
2. 박승찬·위안진, K. Mori. 1994. 솔껍질깍지벌레 수컷 성충의 비행습성 및 합성페로몬에 대한 반응. 한국응용곤충학회지 33(4) : 250~256.
3. 박승찬·위안진, 김형선. 2000. 합성페로몬의 지상높이별 위치 및 풍속에 따른 솔껍질깍지벌레 수컷의 비행. 한국임학회지 89(1) : 135~140.
4. Doane, C.C. 1966. Evidence for a sex attractant in females of the red pine scale. Journal of Economic Entomology 59 : 1539~1540.
5. Grafton-Cardwell, E.E., J.G. Millar, N.V. O'Connell and L.M. Hanks. 2000. Sex pheromone of yellow scale, *Aonidiella citrina* (Homoptera : Diaspididae) : Evaluation as an IPM tactic. Journal of Agricultural and Urban Entomology 17(2) : 75-88.
6. Hefetz, A., S. Kronenberg, B. Peleg and I. Bar-Zakay. 1988. Mating disruption of the California red scale, *Aonidiella aurantii* (Homoptera : Diaspididae). Proceedings of the 6th International Citrus Congress 1121-1127.
7. Hibbard, B.E., G.N.Lanier, S.C. Park, Y. T.Qi, F.X. Webster and R.M.Silverstein. 1991. Laboratory and field tests with the synthetic sex pheromone of three *Matsucoccus* pine bast scales. Journal of Chemical Ecology 17 : 89~102.
8. Jactel, H., N. Perthuisot, P. Menassieu, G. Raise and C. Burban. 1996. A sampling design for within-tree larval populations of the maritime pine scale, *Matsucoccus feytaudi* Duc (Homoptera : Margarodidae), and the relationship between larval population estimates and male catch in pheromone traps. Canadian Entomologist 128(6) : 1143-1156.
9. Lanier, G.N., Y. Qi, J.R. West, S.C. Park, F.X. Webster and R.M. Silverstein. 1989. Identification of the sex pheromone of three *Matsucoccus* pine bast scales. Journal of Chemical Ecology 15 : 1645~1659.
10. Miller, J.R. and W.L.Roelofs. 1978. Sustained-flight tunnel for measuring responses to wind-borne sex pheromones. Journal of Chemical Ecology 4 : 187~198.
11. Mori, K. and S. Harashima. 1993. Synthesis of (2E,4E,6R,10R)-4,6,10,12-tridecadien-7-one (matsuone)-the primary component of the sex pheromone of three *Matsucoccus* pine bast scales and its antipode. Liebigs Annals of Chemistry 993~1001.
12. Park, S.C., J.R. West, L.P. Abrahamson, G.N. Lanier and R.M. Silverstein. 1986. Cross-attraction between two species of *Matsucoccus* : Extraction, bioassay, and isolation of the sex pheromone. Journal of Chemical Ecology 12 : 609~617.
13. Park, S.C. 1988. Biology and pheromone-mediated behavior of *Matsucoccus thunbergianae* in Korea with reference to *M.resinosae* in the United States(Homoptera : Coccoidea : Margarodidae). Ph. D. dissertation, State University of New York, Syracuse, New York, U.S.A.
14. Park, S.C. and L.P.Abrahamson. 1991. Adult eclosion and emergence of the black pine bast scale, *Matsucoccus thunbergianae*. Korean Journal of Applied Entomology 30(1) : 86~93.
15. Park, S.C., A.J. Wi and H.S. Kim. 1994. Response of *Matsucoccus thunbergianae* males to synthetic sex pheromone and its utilization for monitoring the spread of infestation. Journal of Chemical Ecology 20 : 2185~2196.
16. Peleg, B., M. Sternlicht, I. Bar-Zakay and A. Rochel. 1982. Mass trapping of *Aonidiella aurantii* males to enhance parasitic wasp activity. Phytoparasitica 10 : 139.
17. Sternlicht, M., E. Dunkelblum, W.L. Roelofs and M.J. Gieselmann. 1983. Management of scale pests through utilization of their pheromone. Bet Dagan, Israel. 20pp.
18. Sternlicht, M. 1986. Reassessment of pest control with pheromones in Israel and abroad. Phytoparasitica 14 : 63-71.